



Yıl/Year: 2017

Cilt/Volume: 6

Sayı/Issue: 1

TÜRK DOĞA VE FEN DERGİSİ

Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
tarafından yayımlanmaktadır

Published by Institute of Science of Bingöl
University

*TURKISH JOURNAL
OF NATURE AND
SCIENCE*

ISSN: 2149-6366

<http://bingol.dergipark.gov.tr/tdfd>



TÜRK DOĞA VE FEN

DERGİSİ

Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından yayımlanmaktadır

Published by Institute of Science of Bingol University

Turkish Journal of Nature and Science

Yıl/Year: 2017

Cilt/Volume: 6

Sayı/Issue: 1

<http://bingol.dergipark.gov.tr/tdfd>



Türk Doğa ve Fen Dergisi
Turkish Journal of Nature and Science

<http://bingol.dergipark.gov.tr/tdfd>



Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Adına Sahibi
Owner on behalf of Institute of Science of Bingöl University

Doç. Dr. İbrahim Yasin ERDOĞAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
Director of Institute of Science

Editör/Editor

Yrd. Doç. Dr. Özgür ÖZGÜN

Yazışma Adresi/Correspondence Adress

Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü
12000 Bingöl
Tel/Phone: +90 (426) 216 00 34
Faks/Fax : +90 (426) 216 00 34

Yayın Türü/Publication Type

Bilimsel Dergi
Scientific Journal

DANIŞMA KURULU/ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Abdurrahman GÜL
Prof. Dr. Alaaddin YÜKSEL
Prof. Dr. Erkan BOYDAK
Prof. Dr. Fahrettin YAKUPHANOĞLU
Prof. Dr. Fehim FINDIK
Prof. Dr. Hamit Özkan GÜLSOY
Prof. Dr. İbrahim TÜRKOĞLU
Prof. Dr. İbrahim Y. ERDOĞAN
Prof. Dr. İskender DEMİRKOL
Prof. Dr. Kağan KÖKTEN
Prof. Dr. Latif KELEBEKLİ
Prof. Dr. Lütfi BEHÇET
Prof. Dr. Mehmet ÇİFTÇİ
Prof. Dr. Nezir YILDIRIM
Prof. Dr. Nurullah SARAÇOĞLU
Prof. Dr. Ramazan MERAL
Prof. Dr. Ramazan SOLMAZ
Doç. Dr. Ali Rıza DEMİRKIRAN
Doç. Dr. Asım KAYGUSUZ
Doç. Dr. Hasan KILIÇ
Doç. Dr. Hüseyin VAPUR
Doç. Dr. İlkey ŞİŞMAN
Doç. Dr. Murat SOYLU
Doç. Dr. Mustafa KOYUN
Yrd. Doç. Dr. Ahmet BENLİ

Bingöl Üniversitesi
Bingöl Üniversitesi
Bingöl Üniversitesi
Fırat Üniversitesi
Sakarya Üniversitesi
Marmara Üniversitesi
Fırat Üniversitesi
Bingöl Üniversitesi
Bingöl Üniversitesi
Bingöl Üniversitesi
Ordu Üniversitesi
Bingöl Üniversitesi
Bingöl Üniversitesi
Atatürk Üniversitesi
Bingöl Üniversitesi
Bingöl Üniversitesi
Bingöl Üniversitesi
İnönü Üniversitesi
Bingöl Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Sakarya Üniversitesi
Bingöl Üniversitesi
Bingöl Üniversitesi
Bingöl Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Aydın Şükür BENGÜ

Bingöl Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Atilla ÇAKIR

Bingöl Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Bayram YURT

Bingöl Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Dursun ÖZTÜRK

Bingöl Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Halil ŞİMŞEK

Bingöl Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Kazım HANBAY

Bingöl Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Özgür ÖZGÜN

Bingöl Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Tahir AKGÜL

Sakarya Üniversitesi

TEŞEKKÜR/ACKNOWLEDGEMENT

Bu sayıda yer alan çalışmaların yazarlarına ve değerli zamanlarını ayırarak görüş ve önerileri ile katkıda bulunan hakemlerimize teşekkür eder, saygılar sunarız.



Türk Doğa ve Fen Dergisi
Turkish Journal of Nature and Science

<http://bingol.dergipark.gov.tr/tdfd>



İÇİNDEKİLER/CONTENTS

Ag/Azure A /n-Si Schottky Diyodun elektriksel ve fotovoltaik özelliklerinin araştırılması Nezir YILDIRIM, Enes DURUMLU	1
Morphological diagnosis of Sunn pest, <i>Eurygaster integriceps</i> (Heteroptera: Scutelleridae) parasitized by <i>Hexamermis eurygasteri</i> (Nematoda: Mermithidae) Gülcan TARLA, Şener TARLA, Mahmut İSLAMOĞLU	7
Bir dizel motorda dışı plazma sprey yöntemiyle Cr3C2 kaplanmış egzoz borusunun incelenmesi Hanbey HAZAR, Serhat ŞAP, Emine ŞAP	11
Bingöl koşullarında yaygın fiğ ve koca fiğ çeşitleri için uygun ekim zamanının belirlenmesi Erdal ÇAÇAN, Kağan KÖKTEN	19
Bazı metal iyonlarının tavuk böbreğinden saflaştırılan glutatyon redüktaz enzimi üzerine in vitro etkilerinin araştırılması Yusuf Karagözoğlu, Mehmet Çiftci	24
Aşılı ve aşısız patlıcan bitkilerinin tuzlu koşullardaki bazı fizyolojik ve verime yönelik parametreleri üzerinde incelemeler Sevinç KIRAN, Çağla ATEŞ, Şebnem KUŞVURAN, Şeküre Şebnem ELLİALTIOĞLU	31
Production of WCu electrical contact material via conventional powder metallurgy method: Characterization, mechanical and electrical properties Ali Erçetin, Kubilay Aslantaş	37
Bazı kışlık ekmeklik buğday genotiplerinin tane verimi ve bazı kalite özellikleri bakımından GGE biplot analiz yöntemi ile değerlendirilmesi Hüsnü AKTAŞ, İrfan ERDEMCI, Mehmet KARAMAN, Enver KENDAL, Sertaç TEKDAL	43
Piston ve supapları ZrO₂ kaplanmış bir dizel motorunda soya yağının kullanılması Hanbey HAZAR, Özkan GÜRBÜZ, Emine ŞAP	52
Son metodlara göre yemlerin kuru madde analizleri Hüseyin NURSOY, Emre ŞAHİN	61



Türk Doğa ve Fen Dergisi Turkish Journal of Nature and Science

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



Ag/Azure A /n-Si Schottky Diyodun elektriksel ve fotovoltaik özelliklerinin araştırılması

Nezir YILDIRIM*¹, Enes DURUMLU ²

Özet

Bu çalışmada; Ag/Azure A/n-Si/Al Schottky diyodların oda sıcaklığında karanlıkta ve solar simülatörde elektriksel ve fotovoltaik özellikleri araştırıldı. Hesaplamaların sonucunda karanlıkta idealite faktörü ve engel yüksekliği I-V ölçümlerinden 1,79, 0,79 eV olarak elde edildi. Fotovoltaik parametreler 100 mW/cm² ışınım altında $V_{oc} = 162$ mV, $I_{sc} = 1,47 \cdot 10^{-6}$ μ A, fill faktörü (FF) % 30 ve verim (η) % 4,09 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlardan görüleceği üzere imal edilen diyodun fotovoltaik özelliği olmakla beraber verimleri düşük çıkmıştır. Ayrıca I-V ölçümlerinden elde edilen sonuçlara bakıldığında diyodun iyi bir doğrultma özelliğine sahip olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: n-tipi Si; organik arayüzey maddeleri; Azure A; Schottky diyot

Electrical and photovoltaic properties of Ag/Azure A /n-Si Schottky Diode

Abstract

In this study; we fabricated Ag / Azure A / n-Si / Al Schottky diodes were investigated electrical and photovoltaic parameters in the dark and solar simulator. The current voltage measurements, the ideality factor and barrier height at room temperature and in the dark were obtained 1.79, 0.79 eV respectively. The photovoltaic parameters were calculated as $V_{oc} = 162$ mV, $I_{sc} = 1,47 \cdot 10^{-6}$ μ A, fill factor (FF) 30% and yield (η) 4,09% under 100 mW / cm² radiation. The results obtained from electrical and photovoltaic properties show that the device can be used as photodiode and in opto-electronic circuit applications. In addition, it can be said that the diode rectifying ability is good when the results obtained from I-V measurements are taken into consideration.

Keywords: n-type Si; Organic interface substances; Azure A; Schottky diode

1. Giriş

Metal-yarıiletken (MY) kontaktların elektriksel karakteristikleri metal ile yarıiletken arasında kullanılan ara yüzey malzemesinin cinsine bağlı olarak değişmektedir. Metal-yarıiletken kontaktların ara yüzey durumları engel yüksekliği, idealite faktörü gibi diyota ait birçok özelliği değiştireceğinden kullanılan malzemenin özellikleri önemlidir. Organik yarıiletkenlere geleceğin malzemesi gözüyle bakılmaktadır. Günümüzde birçok araştırmacı MY yapıların elektriksel özelliklerini değiştirmek için ara yüzey malzemesi olarak organik yarıiletken malzeme kullanımı üzerine çalışmalar yapmaktadır. Fotodiyotlar, ışığı akıma dönüştüren yarıiletken optoelektronik aygıtlardır. Fotodiyodların temeli Schottky diyot veya p-n eklemi gibi yarıiletken malzemelerdir. Elektronik ve optoelektronik cihazlar üzerine yapılan son çalışmalarda, organometalik bileşikler üzerinde daha çok durulmaktadır. Bu uygulamalardan, boya duyarlılaştırılmış güneş pilleri (dye-sensitized solar cells DSCs) geleneksel silisyum fotovoltaik

cihazlara alternatif olarak dikkat çekmektedir. Pek çok güneş pilleri ve Schottky diyotları, ftalosiyanın kompleksleri kullanılarak imal edilmiştir [1-9]. Ocak ve ark., [10], yeni, sentezlenmiş Mn heksamid (MnHA) organometalik kompleksi ile Schottky diyot oluşum ihtimalini göstermiştir. Organik yarıiletken ince filmler, elektronik ve optoelektronik cihazları aktive etmek için yararlı ve hatta gerekli malzemeler olabilir. MY yapıların elektriksel ve fotovoltaik özellikleri inorganik yarıiletken ile metal arasında bir organik katman eklendiğinde değiştirilebilir. Schottky diyotların elektriksel karakteristiklerinden elde edilen engel yüksekliği (Φ_b) ve idealite faktörü (n) gibi diyot parametrelerinin belirlenmesinde arayüzey durumlarının yoğunluğu önemli rol oynar. Literatürde bulunan çalışmalar, inorganik bir yarı iletken üzerinde organik ince filmin büyütülmesiyle engel yüksekliğinin artırılabilceğini veya azaltılacağı gösterilmiştir [6-9]. Çaldıran ve ark., [11], Au/ Antrasene/n-Si/Al Schottky diyodunun iyi bir doğrultucu özelliği sergilediğini gösterdiler. Ayrıca Antrasene organik tabakanın Au ve n-Si arasındaki fiziksel engel oluşturarak Au / n-Si / Al diyotun etkin engel yüksekliğini arttırdığını da göstermişlerdir. Orak ve ark., [12], organik-inorganik heteroeklemler üreterek organik tabaka kalınlığının

¹ Bingöl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 12000, Bingöl, Türkiye

² Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, 12000, Bingöl, Türkiye

*Sorumlu yazar E-posta: nilyildirim@bingol.edu.tr

elektriksel ve fotovoltaik performans üzerindeki etkisini araştırdılar. Aydoğan ve ark., [13], Si üzerinde elektrokimyasal polimerizasyon tekniği ile bir polianilin tabakası oluşturularak bir polianilin / p-Si / Al MIS yapısını elde ettiler. Kapasitans-voltaj-frekans (C-V-f) ölçümlerini sıcaklığın bir fonksiyonu olarak gerçekleştirdiler.

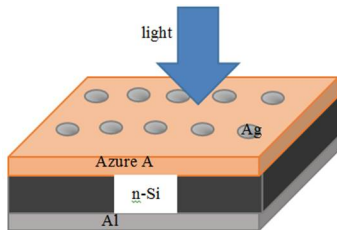
Yakuphanoglu ve ark., [14], organik boya ile n-tipi Si / metal yapısını elde ettiler. Au/Metilen mavisi /n-Si diyotlarının elektronik parametrelerini ve fotovoltaik özelliklerini akım voltaj (I-V) ve kapasitans-iletkenlik frekans (C-G-f) teknikleri ile ölçmüşlerdir. Diyodun organik tabaka ve seri direnç varlığından dolayı ideal olmayan davranış gösterdiğini ispatladılar. Yine; diyodun solar simülátörde (100 mW cm⁻²) 230 mV'luk maksimum açık devre voltajı ve 20,8 µA'luk kısa devre akımı ile fotovoltaik davranışa sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışmada, literatürde hakkında az çalışma yapılan Ag/Azure A/n-Si/Al yapısının elektriksel ve fotovoltaik özelliklerini araştırmaktır. Metal/organik/yarıiletken/metal yapısı elde edildikten sonra karanlıkta ve solar simülátörde 100 mW/cm² aydınlatma koşullarında elektiksel karakteristiklerinden fotovoltaik parametreleri elde edilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

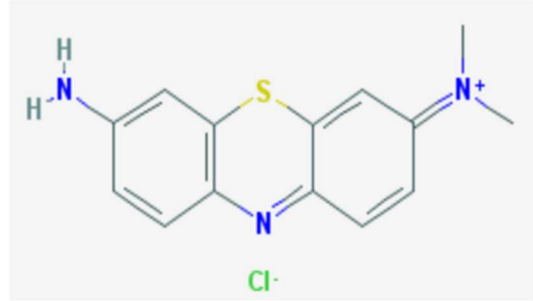
2.1. Numunenin Temizlenmesi ve Elde Edilmesi

400µm kalınlıkta, [100] doğrultusunda büyütülmüş, donör konsantrasyonu 2,5x10¹⁵ cm⁻³ olan ve iki yüzü parlatılmış n-Si kristali kullanıldı. Numunenin her iki yüzünün parlatılmış olmasından dolayı, yüzeylerde herhangi bir mekanik temizlemeye ihtiyaç duyulmadı. Kristal üzerindeki organik ve anorganik kirlilikleri temizlemek ve yüzeyde olması muhtemel pürüzleri gidermek için Aseton ve Metanolde ultrasonik olarak 10'ar dakika yıkandıktan sonra RCA1 ve RCA2 çözeltilerinde 10 dak. 50-60 °C'de yıkandı. Akan 18 MΩ deiyonize su içinde 15-20 dakika bekletildikten sonra Azot gazı ile kurutuldu [15-17]. Omik kontak için kullanılacak Al önceden temizlendi. Daha sonra vakum ünitesine yerleştirilen wafer üzerine 10⁻⁵ torr basınçta bir yüzeyine termal olarak Al buharlaştırıldı. Vakum ortamından alınan numune kontakın homojen olması ve yarıiletkenin içine nüfuz etmesi için buharlaştırma işleminden sonra numune N₂ ortamında 420 °C'de 3 dakika tavlama fırınında tavlanaarak omik kontak elde edildi. Bir tarafına omik kontak yapılmış wafer'dan 1 cm x 1 cm lik parça kesildi. n-tipi Si waferin diğer yüzeyine 3 µL'lik Azure A organik boyar maddeye 0,001 M alkol eklenerek oluşturulan çözelti damlatıldı. Oda sıcaklığında 60 dakika N₂ atmosferi altında kurumması beklendi. Daha sonra Schottky kontak yapmak için DC magnetron sputter sistemine Ag hedef plaka yerleştirildi. DC Sputter tekniği ile Si waferin diğer yüzeyine yaklaşık 1,5 mm çapında Schottky kontaklar yapıldı. Sonuç olarak Ag/Azure A/n-Si/Al (Metal/aryüzey/yarıiletken/metal) numuneler elde edildi.



Şekil 1. Ag/Azure A/n-Si/Al Schottky diyodun şematik gösterimi

Elde edilen Schottky diyodun (SD) karanlıkta ve solar simülátörde 100mW/cm² ışık altında elektriksel ve fotovoltaik özellikleri araştırıldı. Organik ara yüzey malzemesi kullanılarak elde edilen Al/Azure A/n-Si/Ag yarıiletken Schottky diyodun şematik gösterimi Şekil 1'de verilmektedir. Azure A organik boya maddesinin moleküler yapısı 2 boyutlu olarak Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Azure A (C₁₄H₁₄ClN₃S) moleküler yapısı

2.2. Akım-Voltaj Karakteristikleri

Diyodun idealite faktörünün hesaplanmasında deneysel I-V ölçümleri termiyonik emisyon teorisi ile analiz edilebilir [2].

$$I = I_0 \left[\exp\left(\frac{eV_d}{nkT}\right) - 1 \right] \quad (1)$$

(1) eşitliğinde her iki tarafın ln'i alındıktan sonra V'ye göre diferansiyel alınıp düzenlenirse;

$$n = \frac{q}{kT} \left(\frac{dV}{d \ln I} \right) \quad (2)$$

elde edilir. İdealite faktörü (n), diyodun ideal özelliklerden sapmasını gösteren boyutsuz bir parametredir. İdeal bir diyot için bu faktör yaklaşık olarak 1'e eşit olmalı. Grafiklerin doğru beslem bölgesindeki lineer kısmına fit edilmesiyle elde edilen doğrunun eğimi ve düşey eksenini kestiği noktadan doyma akımı yardımıyla termiyonik emisyon teorisinden idealite faktörleri ve engel yükseklikleri elde edilir.

lnI-V grafiğinin doğrusal kısmına fit edilen doğrunun V=0'da düşey eksenini kestiği nokta I₀ doyma akımını verir. (1) ifadesindeki I₀ doyma akımı;

$$I_0 = AA^*T^2 \exp\left(-\frac{q\Phi_B}{kT}\right) \quad (3)$$

şeklinde tanımlanır. Burada A diyot alanı, A*Richardson sabiti, T Kelvin olarak sıcaklık, k Boltzmann sabiti, q elektronun yükü ve Φ_B sıfır gerilimde engel yüksekliği olarak tanımlanmıştır. (3) eşitliğinin her iki tarafının tabii logaritması alınarak, Φ_B'ye göre çözümlürse;

$$e\Phi_B = kT \ln\left(\frac{AA^*T^2}{I_0}\right) \quad (4)$$

şeklinde engel yüksekliği ifadesi elde edilir.

2.3. Norde Modeli Yardımı ile Engel Yüksekliği ve Seri Direncin Hesaplanması

Norde, engel yüksekliği hesabı ve seri direncin hesaplanmasında yeni bir metot ileri sürmüştür [18]. Modifiye edilmiş Norde fonksiyonu şöyle yazılabilir.

$$F(V) = \frac{V_0}{\gamma} - \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{I(V)}{AA^*T^2}\right) \quad (5)$$

fonksiyonu kullanılarak Schottky diyotların akım-gerilim karakteristikleri gösterildi [18-19]. Burada A diyodun alanı, A* modifiye edilmiş Richardson sabiti, q elektronik yüküdür. F(V) fonksiyonunun minimum noktası düşünüldüğünde, minimum V₀ voltajına karşılık gelen F(V₀) değeri kullanılarak engel yüksekliği değeri;

$$\Phi_B = F(V_0) + \frac{V_0}{\gamma} - \frac{q}{kT} \quad (6)$$

şeklinde elde edilir. Seri direnç değeri V₀'a karşılık gelen I₀ değeri kullanılarak;

$$R_s = kT \frac{(\gamma - n)}{qI_0} \quad (7)$$

şeklinde elde edilir. Burada γ ifadesi n değerinden büyük olan ilk tam sayıdır. I₀ ise V potansiyelinin minimum olduğu akım değeridir. Norde'nin kullandığı bu model, ideal durumlar ve seri direncin küçük olduğu durumlar için geçerli olup, ideal olmayan durumlar için genelleştirilmiş Norde modeli kullanılarak seri direnç ve engel yüksekliği değerlerinde hesaplanabileceği gösterilmiştir [19-20].

2.4. Fotovoltaik Özelliklerin İncelenmesi

Dünyanın farklı yerlerindeki laboratuvarlarda üretilen ve karakterize edilen güneş pillerinin karşılaştırılabilmesi için, ölçümlerin tamamı standart test şartlarında yapılmalıdır. Bu şartlara göre ölçümü yapılan güneş pilinin sıcaklığı 25 °C, ölçüm alınan ışınımın şiddeti 100 mW/cm² ve spektral dağılımı 1,5 AM olmalıdır. Hava Kütlesi (air mass AM), güneş ışınlarının, güneş Zenith noktasına θ ° konumunda iken atmosferde aldığı yolu, ışınların güneş Zenith konumunda iken atmosferde aldığı yola oranıdır. 1,5 AM hava kütlesi spektral dağılımı, standart test şartı olarak belirlenmiştir ve güneş ışınları θ=48° açıyla gelirken sahip oldukları spektral güç dağılımıdır. Fotovoltaik sistemler genellikle, karanlık da dahil olmak üzere farklı ışınım şiddetlerinde uygulanan gerilime göre değişen akım yoğunluğunun ölçülmesi ile karakterize edilirler [21].

Kısa Devre Akımı (I_{sc}), Pil üzerine uygulanan gerilim V_a=0 Volt iken ölçülen akım, kısa devre akımıdır (Şekil 3). Bu durumda

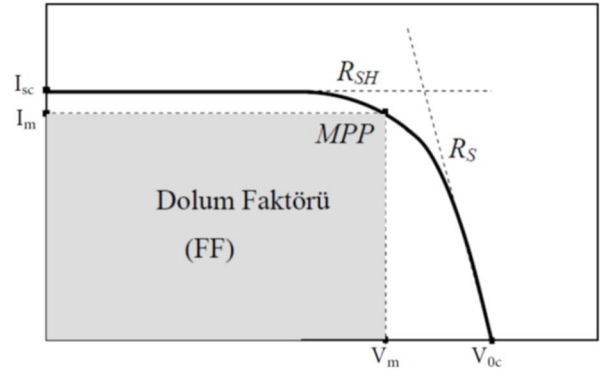
$$I_{sc} = \text{Iaydınlık} \quad (8)$$

şeklinde basitleşmektedir. Kısa devre akımı, ışınımın bir fonksiyonudur. Kısa devre akımı yoğunlu ise (J_{0c}), kısa devre akımının, fotoaktif yüzey alanına bölümüdür. Açık Devre Gerilimi (V_{0c}): devre üzerinden hiç akım geçmiyor iken (I=0), ölçülen gerilim değeridir. Şekil 4'de görüldüğü üzere

$$V_a = V_{0c} \quad (9)$$

Bu durumda,

$$I_{ayd} = I_0 \left[\exp\left(\frac{V_{0c}}{V_{th}}\right) - 1 \right] \text{ mA} \quad (10)$$



Şekil 3. Güneş pilinin akım-gerilim (I-V) grafiği

$$V_{0c} = V_{th} \ln\left(\frac{I_{ayd}}{I_0} - 1\right) \cong V_{th} \ln\left(\frac{I_{ayd}}{I_0}\right) \text{ (Volt)} \quad (11)$$

Eşitliği V_{0c}'nin ışınım şiddetine bağımlılığını göstermektedir. Maksimum Güç Noktası (MPP) güneş piline V_a gerilimi uygulanırken elde edilen güç, uygulanan potansiyelde oluşan akım ile potansiyelin (V_a) çarpımı olarak tanımlanmaktadır. Elde edilen gücün en yüksek olduğu noktaya Maksimum Güç Noktası (MPP) denir. Bu noktadaki akım ve gerilim güneş pilinin maksimum akımı (I_m) ve maksimum gerilimi (V_m) şeklinde ifade edilir.

$$MPP = V_m \times J_m \text{ (mW/cm}^2\text{)} \quad (12)$$

Dolum Faktörü (FF), pilin bir güç kaynağı olarak kalitesinin bir ölçüsüdür ve maksimum gücün, açık devre gerilimi ile kısa devre akımı çarpımına oranıdır [18-19].

$$FF = \frac{V_m \cdot J_m}{V_{0c} \cdot J_{0c}} = \frac{MPP}{V_{0c} \cdot J_{0c}} \quad (13)$$

Güneş pilinin "iyi" olarak nitelendirilmesi için, dolum faktörünün (FF) = 0,75-0,80 aralığında olması gerekmektedir. Verim (η), güneş pilinin performansının ifadesidir ve elde edilen maksimum gücün (MPP), güneş pili yüzeyine gelen ışık şiddetine (P_{ışık}) oranıdır [21-24].

$$\eta = \frac{MPP}{P_{ışık}} = \frac{V_m \cdot J_m}{P_{ışık}} \quad (14)$$

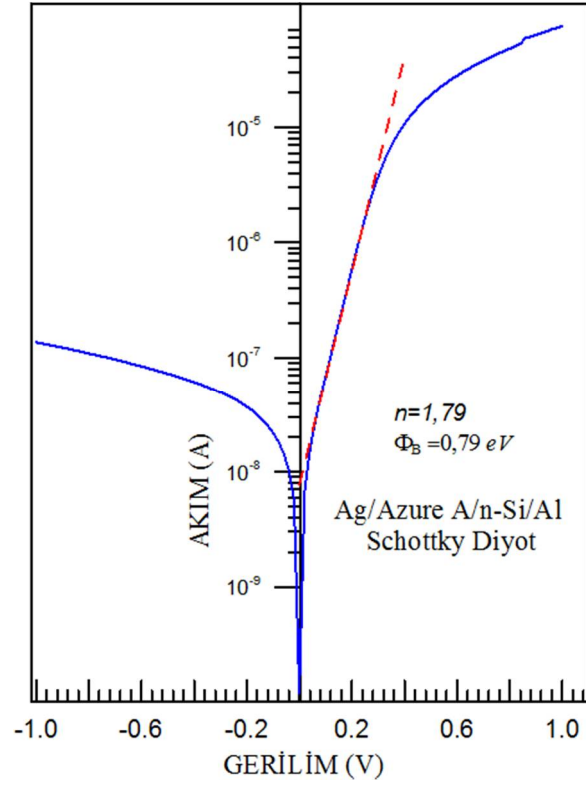
3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Akım-Voltaj Karakteristikleri

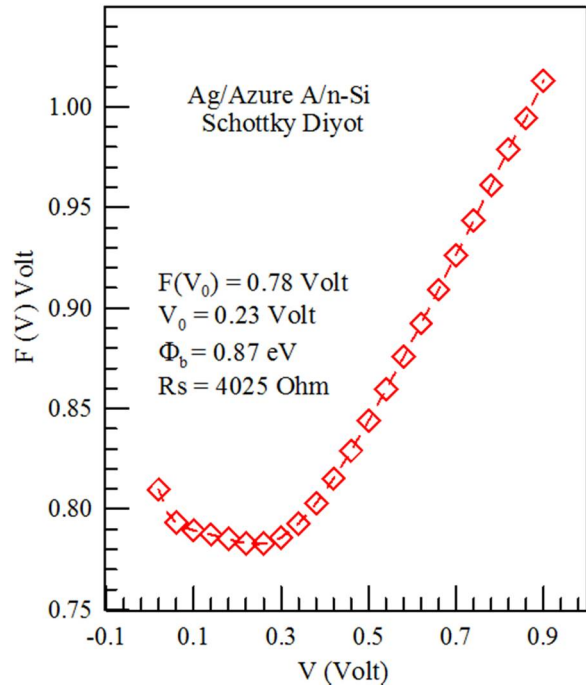
Akım- Voltaj (I-V) ölçümlerinden elde edilen değerler ve diğer sabit veriler (2) ve (4) ifadelerinde yerlerine yazılarak idealite faktörleri ve engel yüksekliği hesaplanır. Şekil 4'de Akım-Voltaj ölçümlerinden oda sıcaklığında ve karanlıkta yarı logaritmik akım-gerilim grafiği ile fit doğrusu birlikte verilmiştir. Ag/Azure A/n-Si diyodu için idealite faktörü ve engel yüksekliği (2) ve (4) eşitliklerinden 1,79 ve 0,79 eV olarak hesaplanmıştır.

Metal-yarıiletken doğrultucu kontakların seri dirençleri ne kadar düşük olursa akım-gerilim karakteristikleri o kadar lineer olur ve diyot kalitesi de aynı oranda artar. Ag/Azure A/n-Si Schottky diyodun oda sıcaklığında seri direnç ve engel yüksekliği değerleri Norde Fonksiyonları kullanılarak hesaplandı. I-V ölçümlerinden idealite faktörü 1,79 bulunduğu için γ değeri 2 alınmalıdır. Yapılan hesaplamalar sonucunda Şekil 5'deki F(V)-V grafiğinden V₀ değeri ve (7) ifadesi kullanılarak seri direnç yaklaşık 4 kΩ

olarak hesaplanmıştır. Norde fonksiyonlarından (6) denkleminde hareketle engel yüksekliği oda sıcaklığında 0,87 eV, olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4. Oda sıcaklığında ve karanlıkta yarı logaritmik akım-gerilim grafiği ile fit doğrusu

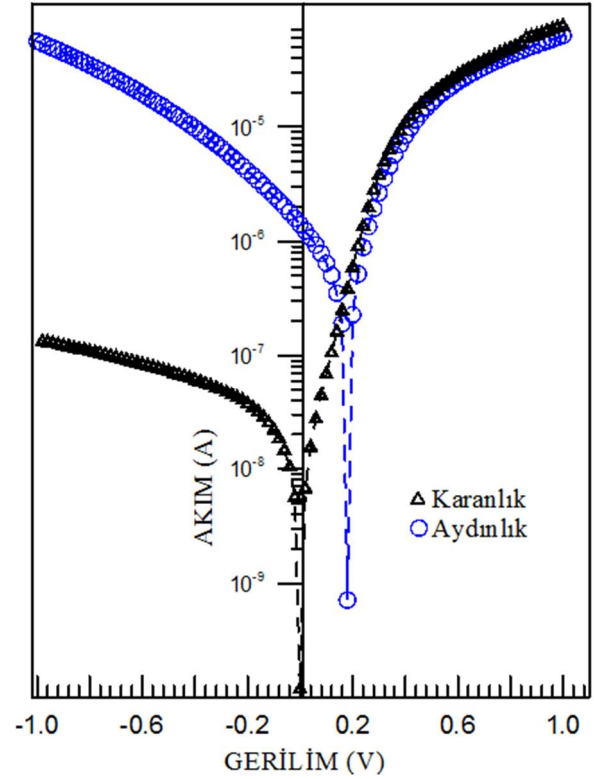


Şekil 5. Oda sıcaklığında Ag/Azure A/n-Si diyodunun $F(V)$ - V grafiği

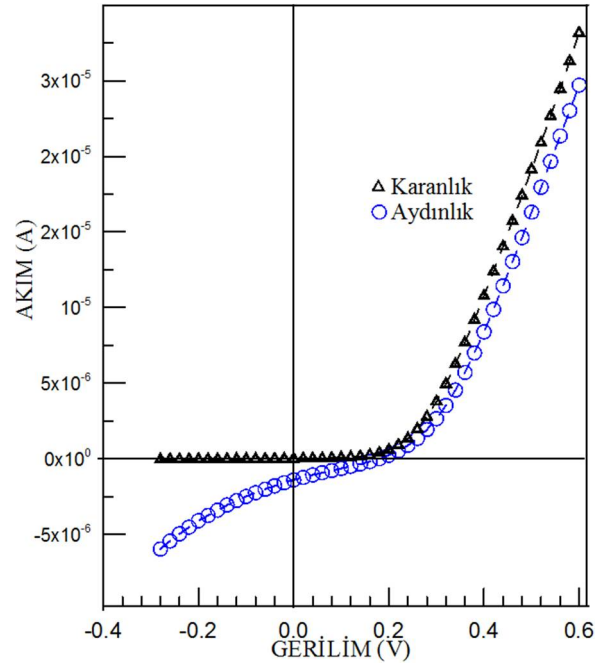
3.2. Fotovoltaik Ölçümler

Fotovoltaik ölçümler AM1.5 değerinde air mass filtreye sahip solar simülörde 100 mW/cm² ışık altında alınmıştır. Şekil 6 ve 7'de karanlık ve ışık altında I-V grafikleri

görülmektedir. Diyota ışık uygulandığında ters beslem bölgesindeki akım değeri, karanlık akımın yaklaşık 3 mertebe kadar artmıştır. Bu ölçümler doğrultusunda Ag/Azure A/n-Si /Al diyot yapısının, fotodiyot özellik sergilediği bulundu. Diyotun fotovoltaik parametreleri $V_{oc}=0,16$ V ve $I_{sc}= 1,47$ μ A olarak hesaplanmıştır.



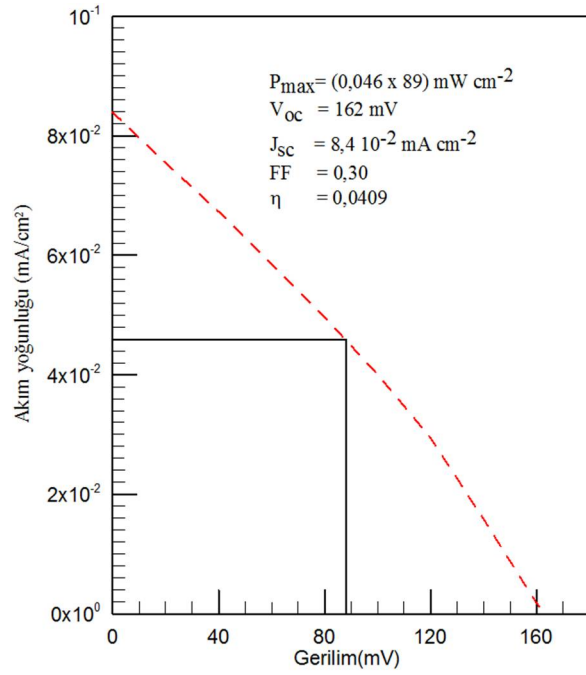
Şekil 6. Ag/Azure A/n-Si diyodun karanlıkta ve 100 mW/cm² ışık altında yarı logaritmik I - V grafiği



Şekil 7. Ag/Azure A/n-Si/Al diyodun karanlıkta ve 100 mW/cm² ışık yoğunluğu altında akım-gerilim grafiği

Diyot alanı 0,0176 cm² alındığında (çapı 1,5 mm) maksimum güç; (12) eşitliği ve Şekil 8'deki veriler kullanılarak 0,072 mW olarak hesaplanır. Dolum faktörü

(13) ifadesinden %30, verim ise (14) ifadesinden % 4,09 olarak elde edilmiştir.



Şekil 8. Ag/Azure A/n-Si/Al diyodun 100 mW/cm² ışık yoğunluğu altında fotovoltaik parametreleri

4. Sonuçlar

Ag/Azure A/n-Si/Al Schottky diyodulde edildikten sonra oda sıcaklığında (25 °C) karanlıkta ve solar simulatörde 100 mW/cm² ışık altında elektriksel ve fotovoltaik özellikleri araştırıldı. Hesaplanan idealite faktörü ve engel yüksekliği değerleri Özaydın ve ark. [6] Cu(II) complex/n-Si heteroeklem yapılarında hesapladıkları parametrelere göre bizim imal ettiğimiz diyod daha iyi doğrultma özelliğine sahiptir. Işık altında fotovoltaik parametreler incelendiğinde açık devre voltajı 162 mV ve kısa devre akımı 1,47 10⁻⁶ µA değerlerinin güneş pili verimi noktasında düşük değerlerdir. Sonuç olarak imal edilen diyodun fotovoltaik özelliği olmakla beraber verimleri düşük çıkmıştır. Verimi arttırmak için arayüze farklı kalınlıklarda organik malzemeler büyütürken yeniden incelenebilir.

Teşekkür

Bu çalışma Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimi tarafından BAP-42-307-2015 nolu proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Sze S.M., Physics of semiconductor devices, 2nd ed. New York Wiley. 1981.
- [2] Rhoderick E.H. and William, R.H., Metal-Semiconductor Contacts, 2nd ed. Clarendon, Oxford. 1988.
- [3] Yakuphanoglu F., Interface control and photovoltaic properties of n-type silicon/metal junction by organic dye, J. Alloys Comp. 494 (2), 451–455, 2010.
- [4] Gokcen M., Alli A., Investigation of electrical and photovoltaic properties of Au/poly(propylene glycol)-b-polystyrene/n-Si diode at various

illumination intensities, Philosophical Magazine, 94 (9), 925-932, 2014.

- [5] Orak I., Turut A. And Toprak M., The comparison of electrical characterizations and photovoltaic performance of Al/p-Si and Al/azure C/p-Si junctions devices, Synthetic Metals, 200, 66-73, 2015.
- [6] Ozaydin C., Akkilic K., Ilhan S., Ruzgar S., Gullu O., Temel H., Characterization of an Au/n-Si photovoltaic structure with an organic thin film, Materials Science in Semiconductor Processing, 16 (4), 1125-1130, 2013.
- [7] Çetinkaya H.G., Tecimer H., Uslu H., Altindal S., Photovoltaic characteristics of Au/PVA (Bi-doped)/n-Si Schottky barrier diodes (SBDs) at various temperatures, Curr. Appl. Phys., 13, 1150-1156, 2013.
- [8] Kılıcoğlu T., Aydın M. E. and Ocak Y. S., The determination of the interface state density distribution of the Al/methyl red/p-Si Schottky barrier diode by using a capacitance method, Phy. B. Cond. Matter 388 (1), 244–248, 2007.
- [9] Oyama N., Takanashi Y., Kaneko S., Momiyama K., Suzuki K. and Hirose F., Pentacene/n–Si heterojunction diodes and photovoltaic devices investigated by I–V and C–V measurements, Micro. Eng., 88 (9), 2959–2963, 2011.
- [10] Ocak Y.S., Ebeoglu M. A., Topal G. and Kılıcoğlu T., Temperature dependent electrical characteristics of an organic–inorganic heterojunction obtained from a novel organometal Mn complex, Physica B, 405, 2329-2333, 2010.
- [11] Çaldıran Z., Deniz A. R., Aydoğan Ş., Yesildag A. and İkinci D., The barrier height enhancement of the Au/n-Si/Al Schottky barrier diode by electrochemically formed an organic Anthracene layer on n-Si, Superlattices and Microstructures. 56 45–54, 2013.
- [12] Orak İ., Toprak M. and Turut A., Illumination impact on the electrical characterizations of an Al/Azure A/p-Si heterojunction, Physica Scripta 89, 115810-5, 2014.
- [13] Aydoğan Ş., Sağlam M. and Türüt A., On the barrier inhomogeneities of polyaniline/p-Si/Al structure at low temperature, Appl. Surf. Sci., 250 (1), 43-49, 2005.
- [14] Yakuphanoglu F., Ocak Y. S., Kılıcoğlu T. and Farooq W. A., Interface control and photovoltaic properties of n-type silicon/metal junction by organic dye, Micro. Eng. 88, 2951–2944, 2011.
- [15] Kern W., Overview and evolution of silicon wafer cleaning technology Handbook of Silicon Wafer Cleaning Technology), 2, 2008
- [16] Altindal S., Tunc T., Tecimer H., Yucedag I., Electrical and photovoltaic properties of Au/(Ni, Zn)-doped PVA/n-Si structures in dark and under 250 W illumination level, Materials Science in Semiconductor Processing, 28, 48-53, 2014.
- [17] Tatar B., Demiroglu D., Urgen M., Structure and photovoltaic properties of Ag/p-CuPc/a-Si/c-Si/Ag organic-inorganic hybrid heterojunction fabricated by chemical spray pyrolysis technique, Microelectronic Engineering, 108, 150-157, 2013.

- [18] Norde H., A modified forward I-V plot for Schottky diodes with high series resistance, *Journal of Applied Physics*, 50, 5052, 1979.
- [19] Bohlin K. E., Generalized Norde plot including determination of the ideality factor, *Journal of Applied Physics*, 60 (3), 1223, 1986.
- [20] McLeon A.B., Limitations to the Norde I-V plot, *Semicond. Sci. Tech.*, 1,177-179, 1986.
- [21] ZAFER C., Organik Boya Esaslı Nanokristal Yapılı İnce Film Güneş Pili Üretimi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. 2006.
- [22] Orak I., Kocyigit A., Turut A., The surface morphology properties and respond illumination impact of ZnO/n-Si photodiode by prepared atomic layer deposition technique, *Journal of Alloys and Compounds*, 691, 873-879, 2017.
- [23] Gokcen, M., Illumination Effects on Electrical Characteristics of Au/Bi₄Ti₃O₁₂/n-Si Structures, *Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics*, 10 (3), 309-313, 2015.
- [24] Gullu O. and Turut A., Photovoltaic and electronic properties of quercetin/p-InP solar cells, *Sol. Ener. Mater. Sol. Cell*, 92 (10), 1205–1210, 2008.



Türk Doğa ve Fen Dergisi
Turkish Journal of Nature and Science

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



Morphological diagnosis of Sunn pest, *Eurygaster integriceps* (Heteroptera: Scutelleridae) parasitized by *Hexameris eurygasteri* (Nematoda: Mermithidae)

Gülcan TARLA^{*1}, Şener TARLA¹, Mahmut İSLAMOĞLU¹

Abstract

Hexameris eurygasteri Tarla, Poinar and Tarla (Nematoda: Mermithidae) is an important natural enemy of Sunn pest (SP), *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera: Scutelleridae) in overwintering areas. Adults of this pest become inactive during hibernation and aestivation about nine months in overwintering areas. These areas are very important for biological control of this pest. Because the overwintering adults with entomoparasitic nematodes can be easily collected from there and they can be sent to uninfected overwintering areas for inoculation. The success of this method depends on the morphological diagnosis of individuals infected with mermithids. It is necessary recognizing the individuals that infected with nematodes collected from overwintering areas to be used as biological control agent for the pest management. As a result of the studies carried out for this purpose, it was determined that the bodies of parasitized SP individuals have a wet and greasy appearance. The movement of infected SP is slowed when near nematodes leaving from the host body. Insect head extends forward, the neck is prolonged and nematodes are usually left the body from the cervix. Before leaving from the hosts, the mean distance between the head at eye level and the thorax was measured as $419.4 \pm 117.30 \mu\text{m}$ ($n = 11$).

Keywords: Eurygaster; Hexameris; Mermithidae; entomoparasitic nematode; Sunn pest

Hexameris eurygasteri (Nematoda: Mermithidae) tarafından parazitlenmiş *Eurygaster integriceps* (Heteroptera: Scutelleridae)'in morfolojik teşhisi

Özet

Hexameris eurygasteri Tarla, Poinar and Tarla (Nematoda: Mermithidae) kışlak alanlarda süne, *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera: Scutelleridae)'in önemli bir doğal düşmanıdır. Bu zararlının erginleri kışlak alanlarda yaklaşık 9 ay süre ile kışlama ve yazlama olarak aktif olmayan dönemde bulunurlar. Bu kışlak alanlar zararlının biyolojik mücadelesinde oldukça önemlidir. Çünkü entomoparazitik nematodlar ile bulaşık kışlamakta olan ergin bireyler buralardan kolaylıkla toplanabilir ve bunlar bulaşık olmayan kışlak alanları bulaştırmak için gönderilebilir. Bu yöntemin başarısı mermithidlerle bulaşık bireylerin doğru morfolojik teşhisinin yapılmasına bağlıdır. Zararlı yönetimi için biyolojik kontrol etmeni olarak nematodlar ile bulaşık kışlak alanlarda toplanmış bireylerin tanınması gereklidir. Bu amaçla yürütülen çalışmalar sonucunda, nematod tarafından bulaşık süne bireylerinin vücutlarının ıslak ve yağlı bir görünüme sahip olduğu belirlenmiştir. Bulaşık sünenin hareketi konukçunun vücudundan nematodların çıkmasına yakın zamanda yavaşlar. Nematod ile bulaşık böceğin boynu ileri doğru uzamakta ve nematodlar genellikle konukçu vücudunu boyun kısmından terk etmektedir. Nematod konukçuyu terk etmeden önce başın göz seviyesi ile göğüs arasındaki ortalama mesafe $419.4 \pm 117.30 \mu\text{m}$ ($n = 11$) olarak ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Eurygaster; Hexameris; Mermithidae; entomoparazitik nematod; süne

1. Introduction

Wheat, *Triticum aestivum* L. (Poales: Poaceae), is the most important crop as a strategic product with the total harvested weight and used in both human and animal nutrition in the world. One of the factors affecting quality and cost in wheat production areas is harmful insects. Among them, Sunn pest (SP), *Eurygaster integriceps* Put.

(Heteroptera: Scutelleridae) is the most important pest in Turkey and in some other countries. Both nymphs and adults of the SP cause damage plants by feeding on leaves, stems, and grains of cereals [1]. The economic loss can reach up to 100% if control measures are not applied [2]. *Eurygaster integriceps* has a single generation per year. The adults spend at least nine months of their life in the soil (at about 0 - 5 cm depth) and usually under dead leaves of plants on mountains around wheat fields during hibernation and aestivation. When the soil surface temperature reaches 15

¹ Uşak University, Faculty of Agriculture and Natural Sciences, Department of Plant Protection, 64200, Uşak, Turkey

*Corresponding author E-mail: gulcan.tarla@usak.edu.tr

°C, overwintering adults begin to migrate towards the fields of wheat. Then, the SP passes through a further inactive period at overwintering areas from mid-October until late March or April [3]. During this period, various natural enemies and entomopathogenic diseases could play an important role in reducing populations of SP. The Mermithidae is a family of nematodes that parasitizes several species of insects, spiders, leeches, crustaceans, nematodes, and other invertebrates throughout the world [4]. This family has the potential to reduce populations of many agricultural insect pests. Species of the genera *Agamermis*, *Geomermis*, *Hexamermis*, *Limnomermis*, *Mermis*, *Ovamermis*, *Pentatomermis*, and *Romanomermis* have been found parasitizing a wide range of economically important insects [5]. There are many studies about the nematodes parasitizing some insect species in literature. Earlier reports of mermithids attacking SP were made by Memişoğlu and Özer [6] in Turkey; however, the determined mermithids were not identified at that time. Entomoparasitic nematodes have a great potential to be used as biological control agents against agricultural insect pests [7, 8, 4, 9, 10].

There are many studies dealt with the mermithids and SP relationship in overwintering areas. Many mermithids have been reported from species of the closely related hemipteran. Examples of these were included *Mermis* sp. (Nematoda: Mermithidae) and *Hexamermis* sp. (Nematoda: Mermithidae) parasitizing *Aelia rostrata* Boh. (Heteroptera: Pentatomidae) and *Eurygaster maura* (L.) (Heteroptera: Scutelleridae) in Turkey [11, 6, 12, 13, 14, 15] and *Hexamermis* sp. parasitizing *Rhaphigaster nebulosa* Poda (Heteroptera: Pentatomidae) in Italy [16]. And also *Pentatomimermis pentatomiae* (Rubtzov) (Nematoda: Mermithidae) was reported from *Elasmostethus interstinctus* (L.) (Acanthosomatidae) in Novosibirsk, Russia [17]. In recent past, one species was obtained from *E. integriceps* in Turkey and named as *Hexamermis eurygasteri* Tarla, Poinar and Tarla [13]. In addition, some mermithid species were reported on other some insects' species in Turkey [18, 19, 20].

The *Hexamermis* is a significant factor in the death of SP and has an important role to reduce their populations in natural conditions. Adults of SP become inactive during hibernation and aestivation about nine months in overwintering areas. These areas are very important for biological control of this pest by using *Hexamermis* because infected adults can be easily collected from there and they can be sent to uninfected overwintering areas for inoculation. The success of this method depends on the morphological diagnosis of individuals infected with mermithids. It is necessary recognizing the individuals that infected with nematodes collected from overwintering areas to be used as biological control agent for the pest management.

The purpose of this study is to determine the morphological diagnosis of *E. integriceps* parasitized by nematodes.

2. Material and Method

Before *E. integriceps* migration to cereal fields, overwintering adults were collected by hand under dead leaves of *Quercus* from overwintering areas in Gaziantep Province on March 01, 2016. The insects were brought to the laboratory in transparent plastic bags where they were sexed. After then, a pair of them was released onto wheat plants in plastic petri - dishes (90 mm diameter) lined with blotting paper. The dishes were placed in a chamber maintained at 29 ± 2 °C, $65 \pm 10\%$ relative humidity (RH), and under a light: dark (L: D) cycle of 16: 8 hours (hrs). Once every 2 - 3 days, wheat plants were replaced by fresh

ones. The blotting paper was moistened with distilled water to provide humidity once every two days. Thus, morphological differences were observed on adult individuals to determine the diagnosis of *E. integriceps* parasitized by *H. eurygasteri* species until all males and females died.

The experiments were carried out in laboratory of Department of Organic Agriculture Program (Uşak University, Vocational High School, Uşak, Turkey). Taxonomic distinction of *E. integriceps* species was completed according to characteristics reported by [21]. *Eurygaster integriceps* and *E. maura* are very difficult to separate taxonomically without dissection or examination of genitalia [3-1]. Therefore, taxonomic distinction of *E. integriceps* species was completed according to characteristics of the male aedeagus, which has 4 internal spines (Figure 1). The nematode species identification was made by the first author. The photographs were acquired by using Olympus SZX10 microscope with an integrated Olympus SC30 camera. The specimen materials for this record were deposited in the collection of the Insect Museum of the Plant Protection Department, Faculty of Agriculture and Natural Sciences, Uşak University, Uşak, Turkey.

3. Results

Some important differences were recognized as a result of morphological observations on adult individuals of *E. integriceps* which parasitized by mermithids. The movement of the parasitized SP is slowed when near nematodes leaving from the host body. Their bodies have wet and greasy appearance. The head of infected SP extends forward. The neck is prolonged and nematodes are usually left the body from the cervix of *E. integriceps* (Figure 2). Similar symptoms on the *E. maura* parasitized with *Agamermis* sp. were reported by Memişoğlu and Özer [6].

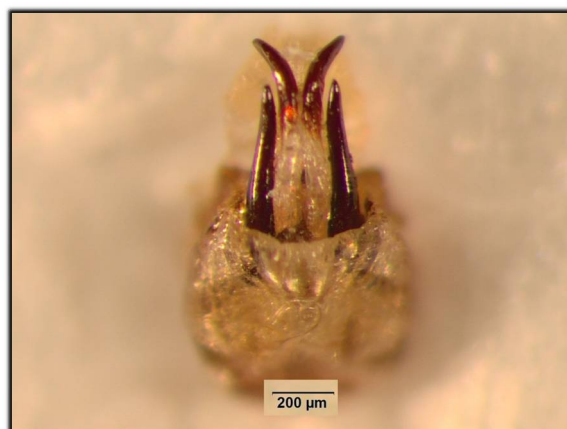


Figure 1. Male aedeagus of *Eurygaster integriceps* with 4 internal spines

The mean distance between the head to begin at eye level and the thorax (Figure 3 B) was measured as 419.4 ± 117.30 µm ($n = 11$) just before the mermithids left the hosts. There is no distance of not parasitized insect (Figure 3 A). Sometimes nematode can also be seen in the abdomen of infected individuals.

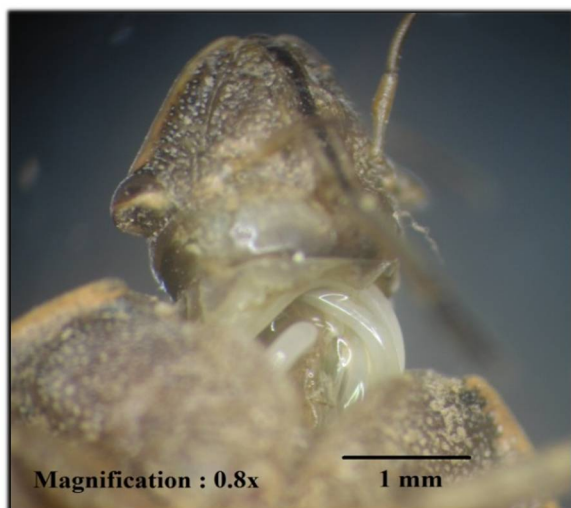


Figure 2. Prolonged head and cervix of infected *Eurygaster integriceps*

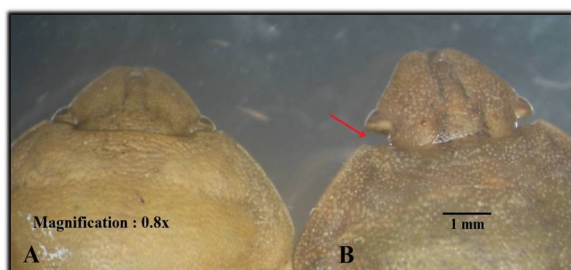


Figure 3. Distance between eye level and the thorax of uninfected (A) and infected (B)

4. Discussion and Conclusion

Adults of SP become inactive in summer and enter a diapause for about nine months in overwintering areas. These areas are very important because overwintering adults can be easily collected from there and nematodes can be sent to uninfected overwintering areas for inoculation. The success of this method depends on the morphological diagnosis of individuals parasitized with mermithids. Overwintering adults collected in the field is important to be used as biological control agent and it is necessary to know which of the individuals were infected.

In conclusion, *Hexameris* is one of the most important parasites of SP. The parasitism rate of the mermithids attacking female of *E. integriceps* was reached to 16.0% in overwintering areas in Gaziantep Province of Turkey [14]. The levels of parasitism of *E. maura* were recorded as 20.0% for females and 31.6% for males in the overwintering areas in Ankara Province in 2014 [15]. It was needed detailed studies on the biology of this nematode. Understanding the ecological and biological behavioral relationships between the nematode and SP could result the proper use of biological control agents in providing an integrated approach to SP management. This mermithid may be a candidate to use in biological control program of SP in the future.

Acknowledgement

This research was funded by Uşak University Scientific Research Coordination Agency (BAP), (Project Number: 2013/MF005).

Kaynaklar

- [1] Critchley, B.R., Literature Review of Sunn Pest *Eurygaster integriceps* Put. (Hem.:Scutelleridae). Crop Protection Vol. 17(4), 271-287, 1998.
- [2] Kivan, M., Kiliç, N., Age-specific Fecundity and Life Table of *Trissolcus semistriatus*, an Egg Parasitoid of the Sunn Pest, *Eurygaster integriceps*. Entomological Science 9, 39-46, 2006.
- [3] Brown, E.S., Notes on the migration and direction of flight of *Eurygaster* and *Aelia* species (Hemiptera: Pentatomoidea) and their possible bearing on invasions of cereal crops. Journal of Animal Ecology, 34, 93-107, 1965.
- [4] Nickle, W.R., A contribution to our knowledge of the Mermithidae (Nematoda). J. Nematol. (4), 113-146, 1972.
- [5] Rahaman, P., Sharma, S.B., Wightman, J.A., A review of insect-parasitic nematodes research in India: 1927-1997. International Journal of Pest Management, 46(1), 109-28, 2000.
- [6] Memişoğlu, H., Özer, M., Natural enemies and their activities of sunn pest (*Eurygaster maura* L., Hemiptera: Scutelleridae) in Ankara. Türkiye 3. Biyolojik Mücadele Kongresi, 25-28 Ocak 1994, İzmir: 175-186, 1994.
- [7] Welch H.E., Entomophilic Nematodes. A. Rev. Ent. 10, 275-302, 1965.
- [8] Poinar, G.O. Jr., Use of Nematodes for Microbial Control of Insects. In, Microbial Control of Insects and Mites. ed. by H.D. Burges and N.W. Hussey. Academic Press, New York. pp. 183-203, 1971.
- [9] Petersen, J.J., Willis, D.R., Procedure for the Mass Rearing of a Mermithid Parasite of Mosquitoes. Mosquito News, 32, 226-230, 1972.
- [10] Grewal, P.S., Ehlers, R.U., Shapiro, D.J., 2006. Nematodes as Biocontrol Agents, Wallingford, UK: CABI Publishing.
- [11] Dikyar, R., Biology and control of *Aelia rostrata* in central Anatolia. Bulletin, Organisation-Europe'enne et Mediterrane'enne pour la Protection des Plants, 2, 39-41, 1981.
- [12] Memişoğlu, H., Melan, K., Özkan, M., Kılıç, A.U., Investigations on the crop losses the wheat caused by cereal bug (*Aelia rostrata* Boh.) in the region of central Anatolia. Bitki Koruma Bülteni, 34 (3-4), 111-121, 1994.
- [13] Tarla, G., Poinar, G.O. Jr, Tarla, Ş., *Hexameris eurygasteri* sp. n. (Mermithidae: Nematoda) Parasitizing the Sunn Pest, *Eurygaster integriceps* Putton (Hemiptera: Scutelleridae) in Turkey. Syst. Parasitol. 79, 195-200, 2011.
- [14] Tarla G., Tarla, Ş., İslamoğlu, M., Gün, G., Parasitism of the Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Putton (Heteroptera: Scutelleridae) with *Hexameris eurygasteri* Tarla, Poinar and Tarla (Nematoda: Mermithidae). Egyptian J. Biolo. Pests Control. 22 (1), 1-3, 2012.
- [15] Tarla, G., Tarla, Ş., İslamoğlu, M., First report of *Hexameris* sp. (Nematoda: Mermithidae) parasitizing *Eurygaster maura* (Heteroptera: Scutelleridae) in an overwintering area. Florida Entomologist, 98 (3), 974-978, 2015.
- [16] Manachini, B. and Landi, S., New record of *Hexameris* sp. (Nematoda: Mermithidae) parasitizing *Rhaphigaster nebulosa* Poda (Hemiptera: Pentatomidae). Bollettino di Zoologia Agraria e Bachicoltura, Ser. II, 35, 91-94, 2003.
- [17] Rubstov, I.A., Mermithidae: classification, importance and utilization. Leningrad: Nauka, pp. 208, 1978.

- [18] Yaman, M., Demirbag, Z., Lipa, J., A mermithid parasitic in *Euproctis chrysorrhoea* (Lepidoptera, Lymantriidae) in Turkey. In: Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Biological Sciences, 50 (3), Poland: 195-198, 2002.
- [19] Mennan, S. Erturk, O., First Record of Parasitism of a Mermithidae (Nematoda) on *Leptinotera decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) in Turkey. Pak J. Nematol. 24, 39-43, 2006.
- [20] Yaman, M., Tosun, O., Aydin, C., Occurrence of the pathogens and parasites of *Phyllotreta undulata* (Coleoptera: Chrysomelidae) in Turkey. Turk J. Zool., 33, 139-146, 2009.
- [21] Lodos, N., Notes on the problems of *Eurygaster integriceps* Put. In Turkey, Iraq, Persia and Syria. Ege Üniv. Zir. Fak. Yay. No: 51, pp. 115, 1961.
- [22] Brown, E.S., Eralp, M., The distribution of the species of *Eurygaster* Lap. (Hemiptera, Scutelleridae) in Middle East countries. Ann. Mag. Nat. Hist., 13 (5), 65-81, 1962.



Türk Doğa ve Fen Dergisi
Turkish Journal of Nature and Science

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



Bir dizel motorda dışı plazma sprej yöntemiyle Cr_3C_2 kaplanmış egzoz borusunun incelenmesi

Hanbey HAZAR¹, Serhat ŞAP^{*2}, Emine ŞAP²

Özet

Bu çalışmada, içten yanmalı, tek silindri dizel bir motorun manifold çıkışından susturucuya kadar olan egzoz borusunun dış kısımları plazma sprej yöntemiyle krom karbür (Cr_3C_2) malzeme ile 100 mikron kalınlığında kaplanmıştır. Kaplanmış ve kaplanmamış egzoz borularının emisyon değerleri kayıt altına alınmıştır. Dışı kaplanmış egzoz borusu, standart egzoz borusu ile karşılaştırılmıştır. Dizel motorun egzoz borusunun dış kısmı kaplanmıştır. Egzoz borusunun dış kısmının kaplanmasıyla dışarıya olan ısı transferi azaltılarak zararlı egzoz emisyonları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneyler sonucunda; uygulanan kaplamanın egzoz gazlarının soğumasını geciktirmesinin bir sonucu olarak, karbon monoksit (CO), hidrokarbon (HC), karbondioksit (CO_2) emisyonlarının azaldığı, egzoz gaz sıcaklığının (EGS) ve NOx emisyonunun ise arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Plazma sprej kaplama; krom karbür; dizel motor; egzoz emisyon

Investigation of Cr_3C_2 coated exhaust pipe using a diesel engine exposed plasma spray method

Abstract

In this study, the outer parts of the exhaust pipe from the manifold outlet to the muffler of an internal combustion single-cylinder diesel engine were coated with chromium carbide (Cr_3C_2) material in a thickness of 100 microns by plasma spray method. Emission values of coated and uncoated exhaust pipes are recorded. The exterior coated exhaust pipe is compared to the standard exhaust pipe. The exhaust pipe of the diesel engine is covered on the outside. By covering the outside of the exhaust pipe, the heat transfer to the outside is reduced and the effects on the harmful exhaust emissions are investigated. As a result of experiments; (CO), hydrocarbon (HC), carbon dioxide (CO_2) emissions, exhaust gas temperature (EGS) and NOx emissions have increased as a result of the applied coating delaying the cooling of the exhaust gases.

Keywords: Plasma spray coating; chromium carbide; diesel engines; exhaust emissions

1. Giriş

Son yıllarda, içten yanmalı motorlarda, motor performansını artırma ve emisyon değerlerini düşürme amaçlı çalışmalar hız kazanmıştır. İçten yanmalı motorlarda sırasıyla yüzey kalitesi, performans ve emisyon gibi parametreler birbirleriyle direkt olarak bağlantılı unsurlardır. Yüzey özelliklerinin iyileştirilmesi motor performansını, dolayısıyla emisyon değerlerini pozitif yönde etkilemektedir [1].

Motorun çalışması esnasında sürekli devinim halinde bulunan motor parçaları elemanları, gerek çalışma ortamı (yüksek sıcaklık, basınç, korozif gazlar vb.) ve gerekse alçaktan yükseğe devir aralıklarında tekrarlı zorlamalar altında tribolojik deformasyonlara maruz kalmaktadır. Bu deformasyonlar malzemenin yüzeyinden başlayarak, iç yapısına kadar ilerlemekte ve hasarlara sebep olmaktadır.

Motor parçalarında meydana gelen bu deformasyonlar motorun bir süre sonra verimli çalışmasını engellemekte, yakıt tüketiminde artışa ve zararlı gaz emisyonlarına neden olabilmektedir. İçten yanmalı motorları oluşturan sistemlerden bir tanesi de egzoz sistemidir. Egzoz sisteminin kaplanmasıyla; hem açık alanda çeşitli çözümlere maruz kalmasından dolayı oluşan dış deformasyonların önüne geçilecek hem de egzoz gazı içerisindeki kimyasal çözümlerin olumsuz etkisi karşılanacaktır.

Kaplama yöntemi olarak çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada Plazma sprej yöntemi kullanılmıştır. Plazma kaplama yöntemi bir tabakanın kuvvetlendirilmiş yüzey özellikleri ile bir ana metalin farklı nitelikli bir tabaka ile kombinasyonuna imkân sağlar. Plazma sprej yardımıyla aşınma, ısınma veya korozyon ile bozulmuş bölgelerin kaplanmasıyla bu parçaların tamaratı da mümkündür. Plazma kaplama aynı zamanda işlem esnasında ana metal sıcaklıklarını düşük tutarak hassas parçaların ısı deformasyonlarına uğrama riskini ortadan kaldırır [2].

¹ Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elazığ, Türkiye

² Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 12000, Bingöl, Türkiye

³ Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 12000, Bingöl, Türkiye

*Sorumlu yazar E-posta: ssap@bingol.edu.tr

Termal bariyer kaplamalar altlık malzemesinin sıcaklığını düşürür; malzemeyi yanmış gazların olumsuz etkilerinden (sıcaklık, korozyon, oksitlenme) ve aşınmadan korur [3].

2. Materyal ve Metot

Deney motoru olarak 4 zamanlı, tek silindri, direkt enjeksiyonlu, hava soğutmalı 6LD 400 model Lombardini marka dizel motor kullanılmıştır. Bu çalışmada iki tip egzoz borusu kullanılmıştır. Bu egzoz borularından birincisi standart egzoz borusu (SB), ikincisi ise dış kaplanmış egzoz borusudur (DKB). Kullanılan motorun teknik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan dizel motorun teknik özellikleri

Motorun markası ve tipi	6LD 400 Lombardini Dizel motor
Strok Sayısı	4
Silindir Sayısı	1
Silindir Çapı	86 mm
Silindir Hacmi	395 cm ³
Strok	68 mm
Motor Gücü	6.25 / 8.5 (kW / HP)
Maksimum Tork	19.6 – 2000
Ağırlık	45 Kg
Yağlama	Tam basınçlı
Püskürtme Şekli	Direkt enjeksiyonlu tam dizel
Püskürtme Basıncı	200 kg/cm ²
Soğutma Şekli	Hava soğutmalı
Devir	3600 dev/dk
Sıkıştırma Oranı	18:01
Boyutları	382 x 427 x 491 mm

Egzoz borusunun dış kısımları plazma spreyle yöntemi kullanılarak krom karbür ile kaplanmıştır. Kaplama işlemi İstanbul’da özel bir firmaya yaptırılmıştır. Plazma spreyle kaplama yönteminin seçilmesinin başlıca nedenlerinden bir tanesi de ana malzemenin özelliklerinde herhangi bir değişiklik yapmamasıdır. Kaplama malzemesi olarak krom esaslı sert kaplama malzemesi olan krom karbür kullanılmıştır. Kaplama, yaklaşık 100 mikron kalınlıkta yapılmış olup, egzoz borusunda termal bir bariyer oluşturarak emisyon değerlerinin azaltılması hedeflenmiştir.

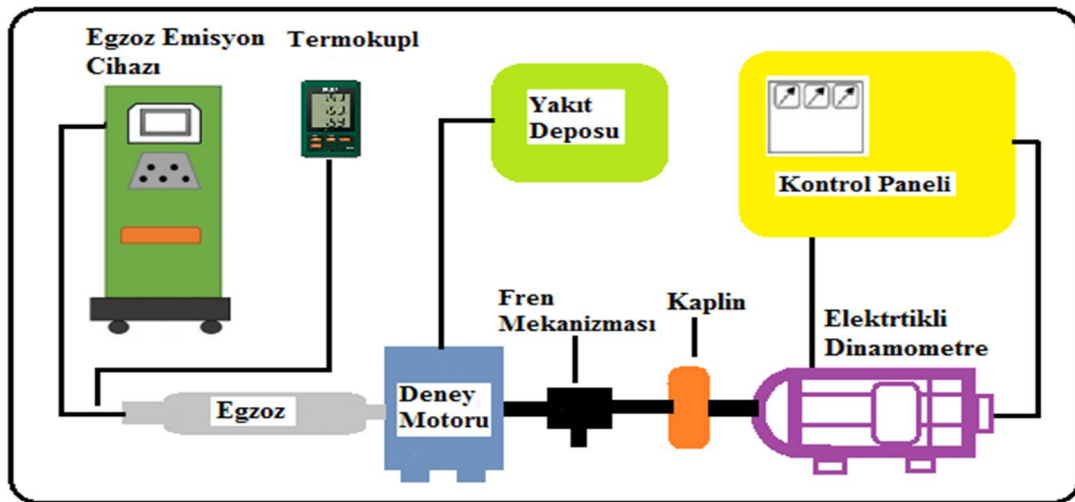
Kaplama yöntemi olan plazma spreyle kaplama yöntemi, metallerin çeşitli tozlarla kaplanarak aşınmaya, oksitlenmeye, korozyona ve ısıya dayanıklı hale getirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir termal spreyle kaplama yöntemidir. Bu yöntemle gerçekleştirilen kaplama sayesinde belirtilen özellikler elde edildiği gibi, ana malzemenin üstün özelliklerinden tokluk ve kolay şekillendirilebilirlik özellikleri de korunmaktadır. Böylece plazma spreyle kaplama, metal ve seramiklerin üstün özelliklerinin yeni bir malzemede toplanmasına imkan sağlamaktadır. Kaplama üretim parametreleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Plazma spreyle kaplamanın üretim parametreleri [4].

Parametreler	
Plazma Tabancasının Adı	Sulzer Metco 9 MB 80 KW
Kaplama Kalınlığı (Mikron)	100 Mikron
Bağlayıcı Toz Adı	80/20, Ni/Cr
Bağlayıcı Toz Katman Kalınlığı (Mikron)	20-30 Mikron
Argon Basıncı (Psig), Akışı (l/dk.)	75 psig,l/dk
Hidrojen Basıncı (Psig), Akışı (l/dk.)	50 psig,l/dk
Toz Besleme Miktarı (gr/dk.)	45-60-g/dk
Püskürtme Mesafesi (mm)	8.5-9.0 cm
Taşıyıcı Gaz (N2) Basıncı (bar), Akışı (l/dk.)	26 (SCFH),l/dk

Motor deneyleri Cussons P8160 Model elektrikli dinamometre düzeneğinde yapılmıştır. Deney düzeneği; test motoru, egzoz emisyon cihazı, termometre, dinamometre, fren mekanizması, yakıt deposu ve kontrol ünitesinden oluşmaktadır. Şekil 1’de deney düzeneği görülmektedir.

Deney motoru olarak sadece dizel motor kullanılmıştır ve egzoz emisyon deneyleri için, gerçek çalışma şartlarında yaklaşık 150 saat çalıştırılmıştır. Dizel motor dinamometreye (bremze) bağlanmıştır. Daha sonra kaplanmamış standart egzoz borusu(SB), dış kaplanmış egzoz borusu (DKB) sırasıyla dizel motora montaj yapılmıştır. Deney motoru 1800, 2100, 2400, 2700 ve 3000 devirlerde 1/2 yükte çalıştırılmış olup her bir devir için 10 farklı emisyon değeri kayıt altına alınmıştır. 1800, 2100, 2400, 2700 ve 3000 devir için 200 cm boyundaki



Şekil 1. Motor test düzeneği şematik görünümü

egzoz borusu üzerinde 40'ar cm aralıklarla 6 farklı bölgeden egzoz gaz sıcaklıkları (EGS) kayıt altına alınmıştır. Aynı işlemler dışı kaplanmış egzoz borusu (DKB) içinde tekrarlanmıştır. Sonuçlar karşılaştırmalı olarak birbiri ile mukayese edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

SB ve DKB' ların dizel motordaki emisyon değerleri tespit edilmiştir. EGS ölçümü, egzoz manifolduna bağlanan kaplanmış ve kaplanmamış 200 cm uzunluğundaki egzoz borularından alınmıştır. Egzoz borularının EGS'leri, egzoz manifoldundan itibaren aralarında 40 cm mesafe bulunan 6 farklı bölgeden ölçülmüştür. 1800, 2100, 2400, 2700 ve 3000 devirdeki EGS değerleri kayıt altına alınmıştır.

3.1.Egzoz Emisyon Değerlerinin Mukayesesi

3.1.1. NO_x Emisyonu

Dizel motorlarda basınç, reaksiyon sıcaklığı, bir önceki yanmadan kalan karışım, fazla oksijen, ateşleme gecikme süresi ve tutuşma hızı da NO_x oluşumunu etkileyen faktörlerdir [5]. Dizel motorun NO_x emisyonu oluşumunda; adyabatik alev sıcaklığı, ısı salınım oranı ve stokiometrik yanma da önemli etkiler görmektedir. NO_x genellikle 1400 °C üzerindeki sıcaklıklarda oluşur. Özellikle O₂'nin bulunduğu bölgelerdeki sıcaklığın yüksekliği ve bu sıcaklıkta kalma süresi oldukça etkilidir. NO_x oluşumu üzerinde; ortamda bulunan N₂ ve O₂ miktarları da etkili bir faktördür [6].

Dizel motorlarda ulaşılan maksimum sıcaklıklar NO oluşumunu kontrol eder. Yanma prosesinin başlarında yanan karışımın miktarı önemli bir etkiye sahiptir. Çünkü yanma sonucu oluşan basınç, yanmamış karışımı sıkıştırarak sıcaklıkların daha da artmasına neden olur ve böylece NO oluşumu da artar [7]. Bu gazlar daha sonra güç stroğunda genişletilir ve havayla ya da daha soğuk yanmış gazlarla karıştırılarak oluşan NO miktarının korunumu neden olur. NO_x miktarı yanma odası sıcaklığı ile doğru orantılı olarak değişir. Kaplanmış ve kaplanmamış egzoz borularının NO_x emisyonu grafikleri Şekil 2'de görülmektedir.

Motor devri yükseldikçe yanma şartları iyileşmekte ve yanma sonu sıcaklığı artmaktadır. Dolayısıyla NO_x emisyonları 2500-3000 d/dak motor devri aralığında yüksek çıkmaktadır. Motor devri daha da artırılırsa maksimum motor devrine yakın olan bölgede yanma şartlarının

kötüleşmesi ortalama efektif basıncın azalmasına, yanmaya ayrılan zamanın kısalmasına ve NO_x emisyonlarının düşük çıkmasına neden olmaktadır.

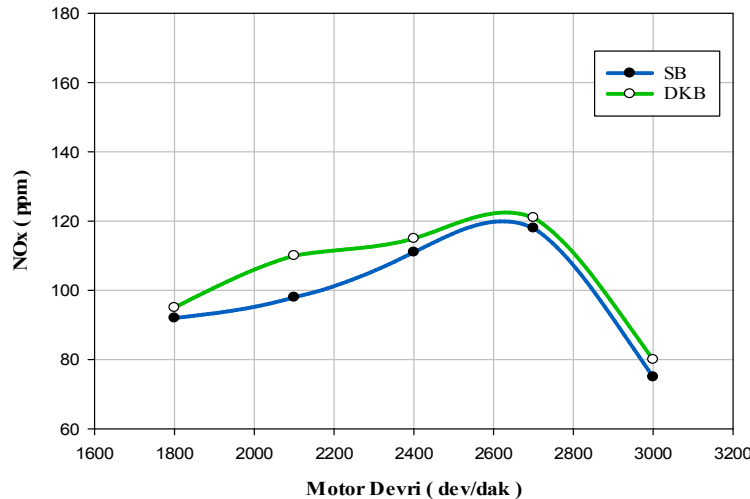
Şekil 1'de görüldüğü gibi 1800 devirde dizel motor 1/2 oranında yükte iken NO_x emisyonunun standart egzoz borusundaki (SB) değeri kaplanmış egzoz borusundaki (DKB) değerden daha düşük çıkmıştır. 1800 ve 2700 devirler arasında lineer bir artış olduğu görülmektedir. 2700 devirde kaplanmış ve kaplanmamış egzoz borularındaki NO_x miktarı en üst seviyeye çıkmıştır. 2700-3000 devir arasında ise kaplanmış ve kaplanmamış egzoz borularındaki NO_x miktarında en düşük seviyeler tespit edilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda DKB' daki NO_x emisyon değeri SB' daki NO_x emisyon değerine göre ortalama % 6 daha yüksek olduğu görülmektedir. SB'ya göre DKB' nun NO_x emisyonunun yüksek çıkmasının uygulanan termal bariyerden olduğu düşünülmektedir. Egzoz hattının kaplanması bu hat boyunca soğumayı geciktirerek dolayısıyla ortamdaki Azot ve Oksijen moleküllerinin birleşerek NO_x emisyonu oluşumunu devam ettirmektedir.

3.1.2. CO Emisyonu

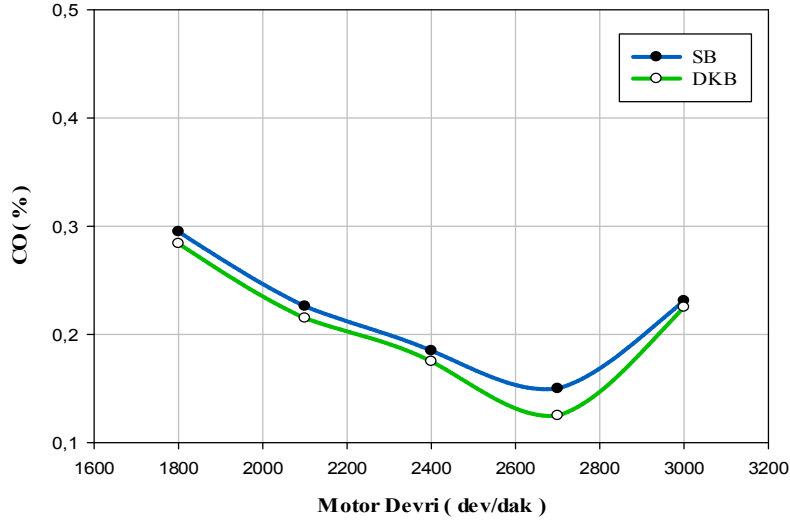
Yaklaşık olarak havanın kütlece %21'i O₂ ve %79'u ise N₂ den oluşmaktadır. Yanma olayı ise yakıt içerisinde C ve H'nin içeri alınan havadaki O₂ ile girmiş olduğu reaksiyon sonucu H₂O ve CO ve NO_x gibi ürünleri verdiği bir egzotermik reaksiyondur. Bu olay yakıtın oksidasyonu olarak ifade edilmektedir. Yanma olayının gerçekleşebilmesi için yanma odasına alınan hava ve yakıt belli bir oranda karışması gerekmekte olup bu oran kütleli bir orandır. Bu ifade Stokiometrik oran olarak kullanılmakta olup yakıtın tam olarak yanması için gerekli minimum hava miktarı olarak kullanılmaktadır [8].

Yanma reaksiyonunda yeterli O₂ olmadığı takdirde ise CO₂'nin yerine CO meydana gelir [9]. Dizel motorlarda oluşan egzoz gaz emisyonlarından karbon monoksit (CO) emisyonu, hava yakıt karışım oranı, oksijen miktarı ve motor sıcaklığı gibi parametrelere bağlı bir emisyon çeşididir. CO, moleküler yapısında oksijen içermeyen petrol kökenli yakıtların eksik yanması sonucunda meydana gelir [10].

Şekil 3'teki grafikten de anlaşılacağı gibi dizel motorun düşük devirlerdeki CO değeri daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni düşük motor hızlarında silindirlerdeki düşük gaz sıcaklığı nedeniyle CO'nun, CO₂'ye tam olarak dönüşmemesidir [11].



Şekil 2. NO_x emisyonunun SB ve DKB' daki değişimi



Şekil 3. CO emisyonunun SB ve DKB 'daki değişimi

Kaplanmış ve kaplanmamış egzoz borularındaki en düşük CO değerleri 2400 dev/dak ile 3000 dev/dak arasında ölçülmüştür. 2700 dev/dak'dan sonraki devirlerde yanma için yeterli tutuşma zamanının bulunmaması, CO ve O₂'nin tepkimeye girmesine engel olmaktadır. Buna bağlı olarak CO miktarı artabilmektedir. CO emisyonunun ortalama 2700 devirde yanma veriminin artmasından dolayı düştüğü, yüksek hızlarda ise yeterli yanma zamanı bulunmadığı için arttığı söylenebilir.

CO emisyonu eksik yanma ürünü olduğu için eksik yanma şartlarının iyileştirilmesi CO emisyonunun azalmasına katkıda bulunacaktır. Bu açıdan değerlendirildiğinde seramik kaplanmış DKB 'daki eksik yanma şartları iyileşecektir. Yanma için ayrılan sürenin DKB'nun kaplanmış bölümü 200 cm olduğu düşünüldüğünde bu hat boyunca SB'ya göre daha fazla sıcaklık muhafaza edilmektedir. SB'ya göre DKB'da egzoz hattı boyunca sıcaklığın yüksek olması daha fazla CO emisyonunun CO₂ ve H₂O'ya dönüştüğü düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlar bu görüşü desteklemektedir. Ayrıca CO emisyonu oluşumunda en önemli faktör olan yanma tepkimesi için ayrılan sürenin kısa olması DKB'da tersi bir yönde etki yaptığı düşünülmektedir.

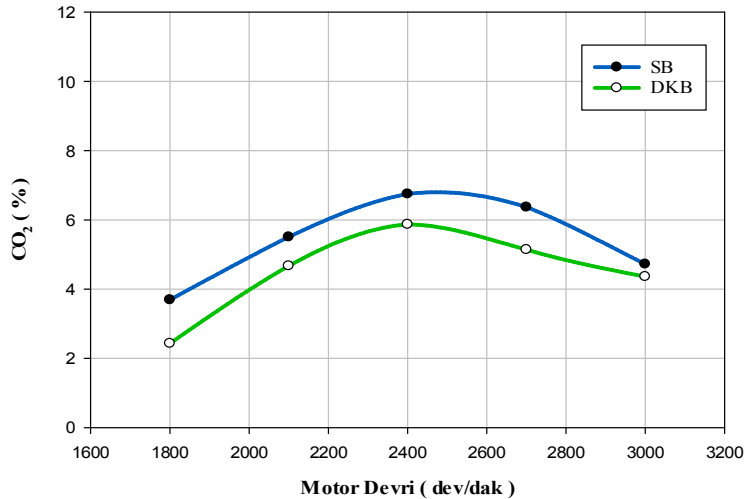
Yapılan deneyler sonucunda DKB' nun SB' ya göre CO emisyon değeri ortalama % 5 daha düşük çıkmıştır. Fakir ve

stokiyometrik karışımlarda egzoz gazları içerisindeki CO miktarı daha az olurken, zengin karışımlarda soğuk egzoz gazları içerisinde bile oksijen yetersizliği nedeniyle yüksek miktarda CO bulunmaktadır. Egzoz borularının krom karbür (Cr₃C₂) kaplanmasıyla bir termal bariyer sağlanıp egzoz boruları içerisindeki sıcaklığın artmasına paralel olarak CO miktarının azaldığı düşünülmektedir.

3.1.3. CO₂ Emisyonu

CO₂ emisyonu, normal yanma süreçlerinin tamamında ortaya çıkan renksiz, kokusuz zarsız bir gazdır. Ancak sınır değerleri aşması halinde ozon oluşumuna ve sera etkisine neden olabilmektedir. Petrol esaslı bir yakıt yanma reaksiyonuna uğradığında yani yapısındaki C elementi oksidasyona uğradığında yanma ürünü olarak CO₂ oluşmaktadır. Aynı zamanda dizel bir motorun CO₂ emisyonu yakıtın yanma odası içerisinde ne kadar verimli yandığının da bir göstergesidir.CO₂ emisyonu doğrudan yanma ile ilgilidir. Dizel bir motor düşük devirde çalışıyorsa, yanma performansı da düşüktür. Çünkü düşük devirlerde silindir içi sıcaklık değeri optimum şartlarda olmadığı için kötü bir yanma gerçekleşmektedir [12].

Şekil 4'te CO₂ emisyonunun SB ve DKB 'daki değişimi görülmektedir.



Şekil 4. CO₂ emisyonunun SB ve DKB 'daki değişimi

Şekil 4'te görüldüğü gibi CO₂ emisyonu, 2400 dev/dak'da en yüksek değerdedir. Bunun nedeni motorlarda maksimum moment devrinde silindir içine alınan oksijen miktarının en yüksek seviyeye çıkması olarak söylenebilir. Maksimum moment devrinden sonra yakıt karışımı zenginleşmekte ve CO₂ oranı düşmektedir. Ortaya çıkan emisyon değerleri de bunu desteklemektedir. CO₂'nin SB'da, DKB'ya göre yüksek çıkması normal olarak değerlendirilmektedir.

CO₂'nin SB'da, DKB'ya göre yüksek çıkması normal olarak değerlendirilmektedir. SB'nun yüzey sıcaklığı DKB'ya göre daha yüksek çıktığından dolayı CO₂'nin DKB'ya göre yüksek çıkması CO₂'nin emisyon değeriyle ilişkilendirilmektedir ve ayrıca 200 cm'lik egzoz hattı boyunca kimyasal reaksiyonların bir sonucu olarak değerlendirilmektedir.

Yapılan deneyler sonucunda DKB' nun SB' ya göre CO₂ emisyon değerinde ortalama % 11'lik bir azalma tespit edilmiştir. Burada termal yalıtımın CO₂ emisyonunu azalttığı düşünülmektedir. Egzoz borularının seramik kaplanması ortam sıcaklığını artırarak egzoz emisyonu içerisindeki serbest O₂ moleküllerinin C atomuyla birleşimini sağladığı düşünülmektedir. Dolayısıyla SB'ya göre DKB'nun CO₂ emisyon değeri daha düşük çıkmıştır.

3.1.4. HC Emisyonu

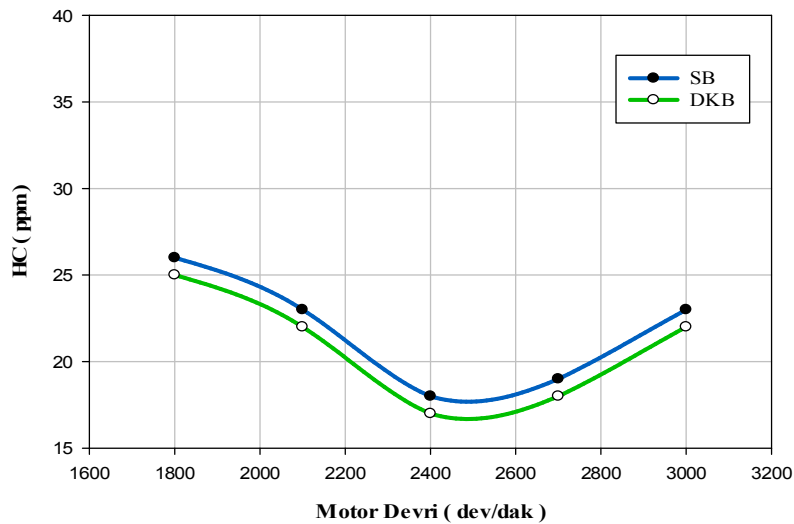
Egzoz gazları içerisinde HC'nin bulunması yakıtın kısmen veya tamamının yanmamasıdır. HC emisyonları, silindir içerisindeki bazı bölgelerde, hava/yakıt karışım oranının çok fakir veya çok zengin olması sonucu eksik yanmanın ortaya çıkmasıyla meydana gelen yakıt moleküllerinden oluşur ve sıcaklık ile oksijen (O₂) yetersizliğinin bir fonksiyonudur. Dizel motorlarda HC emisyonlarının artmasının nedeni fakir karışımda hava oranının çok artması ile yakıtın kısmi bölgelerde sönmesidir. Hava oranının azalması ile yeterli O₂ olmamasıyla yakıt tam olarak yanamamakta ve HC oranı da artmaktadır. Ayrıca yakıtın püskürtülmesi sırasında enjektörün uç kısmında kalan yakıtın damlama yapması ile yakıtın molekül çekirdeklerinde HC yanmaması da, HC oranını arttırmaktadır [13]. Şekil 5'te HC emisyonunun SB ve DKB'daki değişimi görülmektedir.

Dizel motorlarda HC emisyonları, genellikle yanma tamamlanmadığı için oluşmaktadır. Yapıları büyük olan HC molekülleri sıcaklığın etkisi ile daha küçük HC moleküllerine dönüşmektedirler. HC moleküllerinin oksijen ile tepkimeye girmesi sonucunda yanma gerçekleşmektedir. Yanma reaksiyonunun çok hızlı bir şekilde gerçekleşmesi ve yetersiz oksijen, bazı küçük yapıları HC bileşiklerinin yanma reaksiyonunun gecikmesine neden olmaktadır. Bu hidrokarbonlar yanma odasını terk ederek yanmamış yakıt halinde atmosfere karışmaktadır. Tutuşma gecikmesi süresinde yakıt ile hava karıştıktan sonra bazı bölgelerde fakir veya zengin karışım görülmektedir [14].

Şekil 5'e bakıldığında kaplama yapılmış egzoz borularının bütün devirler için HC emisyonunun kaplanmamış egzoz borusuna göre daha düşük çıktığı anlaşılmaktadır. HC emisyonu üzerinde etkili olan faktörlerden bir tanesi de yanma reaksiyon sıcaklığıdır. Düşük devirlerde kaplanmış ve kaplanmamış egzoz boruları için HC emisyonunun yüksek çıkması üzerinde yanma reaksiyon sıcaklığının düşük olmasının etkili olduğu söylenebilir. Artan devirle birlikte sıcaklığın artması, HC emisyonunun kaplamalı ve kaplamasız egzoz boruları için azalmasına neden olmuştur. Ayrıca motor devrinin artmasıyla beraber, düşük alev yayılma hızından dolayı yakıtın tamamı yanmadan dışarı atılmakta ve böylelikle HC emisyonları artmaktadır [15].

Yapılan deneyler sonucunda DKB'nun SB'ya göre HC emisyon değerinde ortalama % 5'lik bir azalma tespit edilmiştir. Yanma fazı süresince ana yanma prosesine katılmayan hidrokarbonlar egzozda olduğu gibi görülmezler. Alev sönmesi sonrası yüksek sıcaklıktaki yanmış gazlarla karışarak yeterli oksijenin bulunduğu durumlarda hızla oksitlenirler. Böylece HC' lar yanmamış yakıt karışımı ve kısmen yanmış ürünler oluştururlar.

Uygulanan seramik kaplamanın DKB'da bu etkiyi azalttığı düşünülmektedir. HC' lar egzoz sisteminde de oksitlenirler. Isı iletim katsayısı düşük bir seramik kaplama yüksek egzoz sıcaklığı oluşturabilir. HC' ların yeterli süre bu ortamda kalması HC emisyonunun önemli ölçüde azalmasını sağlar. Egzoz sisteminin mümkün mertebe sıcak tutabilmek için ısı kayıplarını engelleyecek şekilde sistemi düşük ısı iletkenlik katsayısına sahip bir madde ile kaplamak HC emisyonlarını azalttığı düşünülmektedir.



Şekil 5. HC emisyonunun SB ve DKB'daki değişimi

3.1.5. Duman (İs) Yoğunluğu

Dizel motorlarda yanma sonunda meydana gelen partiküllerin büyük bir bölümünü is oluşturmaktadır. İs yanmamış karbon parçacıkları (partikül) olarak oluşmaktadır. Bu partiküller, esas olarak yoğunlaşmış HC, kurum ve inorganik maddelerden oluşmaktadır [16].

Dizel motorlarda oluşan difüzyon alevinde, genel olarak hidrojenin oksijenle tepkimeye girmesi, karbonla tepkimeye girmesinden daha karardır. Bu durumda silindir içerisinde sıvı halde bulunan yakıt damlasının içerisindeki hidrojen molekülleri hızlı bir şekilde oksijenle tepkimeye girmekte ve geriye kalan karbonlar yeterli oksijen bulamadıklarından yanamamakta is partikülleri şeklinde atmosfere atılmaktadır. İs bu tepkimelerin sonucunda meydana gelen katı karbon tanecikleridir. Motorun yük durumuna göre değişen Hava fazlalık katsayısının bir fonksiyonu olarak is miktarı değiştiğinden motorun gücünü de sınırlayan bir etkidir [17]. İs oluşumu genelde dizel yanmasının bir safhasıdır. Bu nedenle başlangıçta oluşan karbonun büyük bir kısmı tekrar yanmaktadır. Fakat gücü artırmak amacıyla yanma odasına fazla miktarda yakıt püskürtüldüğünde, yeterli oksijen bulunmadığı için egzoz gazları içerisinde bir miktar is bulunmaktadır. Şekil 6'da İs emisyonunun SB ve DKB'daki değişimi görülmektedir.

Şekil 6. incelendiğinde kaplanmış ve kaplanmamış egzoz boruları için düşük devirlerde duman yoğunluğunun

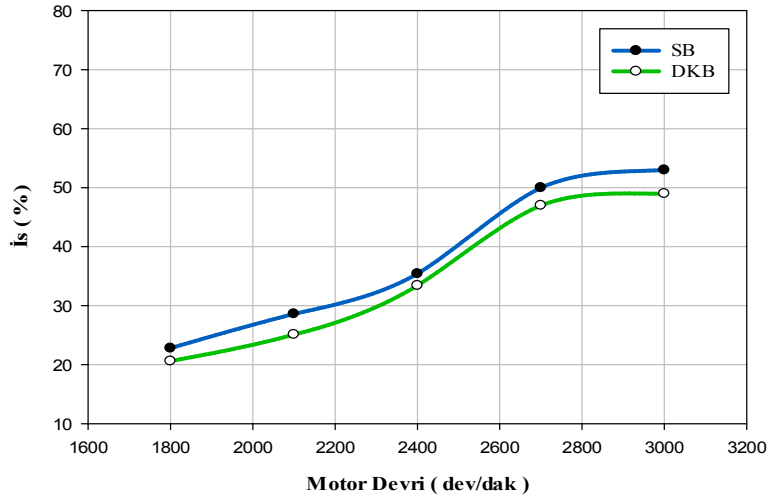
düşük çıktığı görülmektedir. Düşük devirlerde yanma odasındaki hava hareketliliğinin ve yanma odası sıcaklığının düşük olmasından dolayı bu durum meydana gelmektedir.

Yapılan deneyler sonucunda DKB'nun SB'ye göre duman yoğunluğu değerlerinde ortalama % 7'lik bir azalma tespit edilmiştir. Plazma sprej kaplamanın temel işlevi ısı kayıplarını azaltarak termal verimliliği arttırmaktır. Plazma sprej kaplamanın ısı yalıtımı özelliği sayesinde kaplanmış egzoz borularında daha yüksek sıcaklıklara ulaşılmıştır. Kaplanmış egzoz boruları içerisinde meydana gelen bu yüksek sıcaklığın duman yoğunluğu üzerinde olumlu etki yaptığı düşünülmektedir. Uygulanan kaplamanın is oluşumu üzerinde önemli etkiye sahip olan sıcaklık, tepkime zamanı ve oksijen molekülleri ile buluşma sıklığı faktörlerini iyileştirdiği söylenebilir.

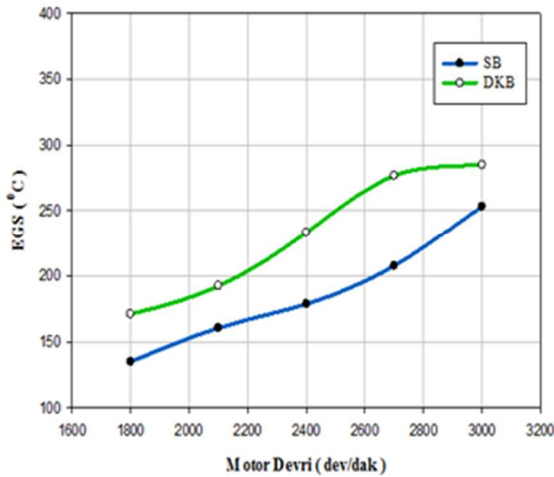
3.2. Egzoz Gaz Sıcaklığı (EGS) Mukayeseleri

Deneyler boyunca kaplanmış ve kaplanmamış egzoz borularına ait egzoz gaz sıcaklığı ölçümleri yapılmıştır. EGS, içten yanmalı motorlarda yük ve devir sayısına bağlı olarak değişebilmektedir. Devir sayısı arttıkça yanma odasındaki yakıt miktarının artmasından dolayı yanma boyunca ortaya çıkan ısı artmaktadır. Bu olay EGS'nin yükselmesine neden olmaktadır.

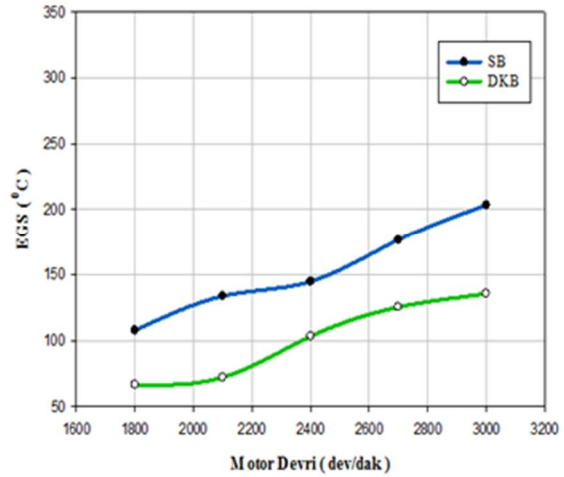
Şekil 7, Şekil 8, Şekil 9, Şekil 10, Şekil 11 ve Şekil 12'de egzoz gaz sıcaklığı grafikleri görülmektedir.



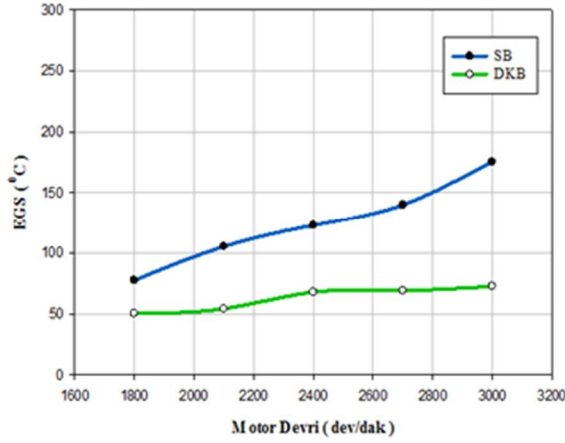
Şekil 6. İS emisyonunun SB ve DKB'daki değişimi



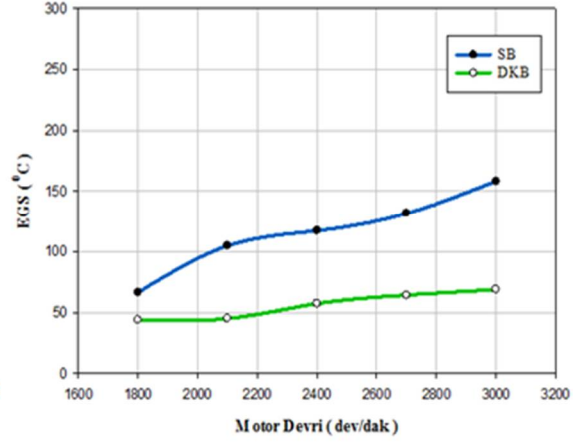
Şekil 7. Manifold Çıkışı (MÇ) iç EGS



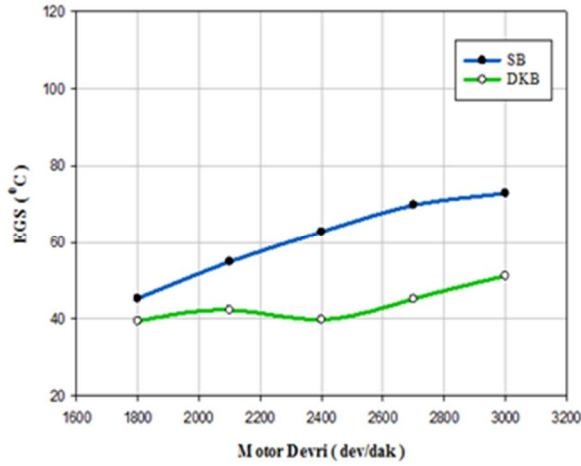
Şekil 8. 1. Dış Bölge EGS



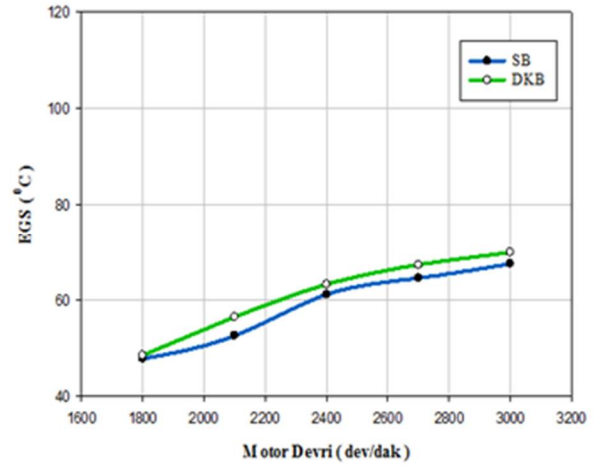
Şekil 9. 2. Bölge Dış EGS



Şekil 10. 3. Bölge Dış EGS



Şekil 11. 4. Dış Bölge EGS

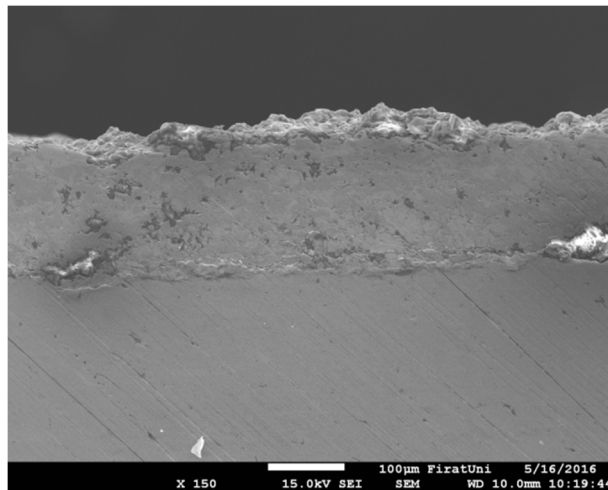


Şekil 12. Egzoz çıkışı (EÇ) iç EGS

EGS ölçümü, egzoz manifolduna bağlanan kaplanmış ve kaplanmamış 200 cm uzunluğundaki egzoz borularından alınmıştır. Egzoz borularının EGS'leri, aralarında 40 cm mesafe bulunan 6 farklı bölgeden ölçülmüştür. 1800, 2100, 2400, 2700 ve 3000 devirdeki EGS değerleri kayıt altına alınmıştır. EGS alınan bölgeler; Manifold çıkışı (MÇ) İç EGS, 1. Bölge Dış EGS, 2. Bölge Dış EGS, 3. Bölge Dış EGS, 4. Bölge Dış EGS ve Egzoz çıkışı (EÇ) İç EGS, olarak adlandırılmıştır. 6 Farklı bölgenin grafikleri EGS grafiklerinde görülmektedir.

3.3 Kaplama Tabakası

Şekilde görüldüğü gibi kaplama tabakasıyla ana malzeme arasında herhangi bir çatlak veya yarığın olmadığı açıkça görülmektedir. DKB Numunesinin x150 büyütmedeki SEM görüntüsünde kaplama kalınlığı görülmektedir. Kaplama tabakası, altlık malzeme ve ana malzeme net bir şekilde görülmektedir. Kaplama tabakasının ana malzemeye iyi bir şekilde yapışma özelliği gösterdiği görülmektedir. Şekil 13'de egzoz borusunun kesitinden alınan kaplama tabakasının SEM fotoğrafı görülmektedir.



Şekil 13. DKB numunesinin kaplama tabakası SEM fotoğrafı

4. Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada egzoz emisyon değerlerinin azaltılması ve egzoz sisteminin daha dayanıklı bir hale getirilmesi amacıyla egzoz borusu plazma sprey kaplama yöntemi kullanılarak krom karbür ile kaplanmıştır. Egzoz deneyleri tek silindirli, hava soğutmalı dizel bir motor üzerinde gerçekleştirilmiştir. Egzoz borularının kaplanmadan önce ve kaplandıktan sonraki emisyon ve EGS değerleri ölçülmüştür. Daha sonra egzoz borularının aynı bölgelerinden olmak üzere numuneler alınmıştır. Bu sonuçlara göre;

- ✓ Yapılan deneyler sonucunda DKB' daki NO_x emisyon değeri SB' daki NO_x emisyon değerine göre ortalama % 6 daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu artışın nedeninin kaplanmış egzoz borularında termal bir yalıtım yapılmasıyla sıcaklığın artması olduğu düşünülmektedir.
- ✓ Deneyler sonucunda DKB' nun SB' ya göre CO emisyon değeri ortalama % 5 daha düşük çıkmıştır. Egzoz borularının krom karbür (Cr₃C₂) kaplanmasıyla bir termal bariyer sağlanıp egzoz boruları içerisindeki sıcaklığın artmasına paralel olarak CO miktarının azaldığı düşünülmektedir.
- ✓ Emisyon deneyleri sonucunda DKB' nun SB' ya göre CO₂ emisyon değerinde ortalama % 11'lik bir azalma tespit edilmiştir. Burada termal yalıtımın CO₂ emisyonunu azalttığı düşünülmektedir.
- ✓ Kaplama sonrasında yapılan deneyler sonucunda DKB' nun SB' ya göre HC emisyon değerinde ortalama % 5'lik bir azalma tespit edilmiştir. Bu azalmanın termal yalıtımla ilgili olduğu düşünülmektedir.
- ✓ DKB' nun SB' ya göre duman yoğunluğu değerlerinde ortalama % 7'lik bir azalma tespit edilmiştir. Oluşturulan termal bariyerin duman yoğunluğu üzerinde olumlu bir etki yaptığı düşünülmektedir.

EGS deneyleri sonucunda SB' nun sıcaklık değerleri, DKB' ya göre yaklaşık % 37 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu da gösteriyor ki kaplanmış egzoz boruları, ısı iletim katsayısı düşük olan krom karbür ile kaplanarak egzoz borularında termal bir bariyer sağlanmıştır.

Kaynaklar

- [1] Yao Mingfa, Wang Hu, Zheng Zunqing, Yue Yan. 2010. Experimental study of butanol additive and multi-injection on HD diesel engine performance and emissions. *Fuel*;89(9):2191–201.
- [2] Aw, P.K., Tan, A.L.K., Tan, T.P. Ve Qiu, J., 2008. Corrosion resistance of tungsten carbide based cermet coatings deposited by High velocity oxy-fuel spray process, *Journal of Materials Processing Technology*, Warsaw, , Syf. 5710–5715.
- [3] Sharafat, S., Kobayashi, A., Chan, Y. Ghoniem, N.M., 2001, "Plasma spraying of micro-composite thermal barrier coatings" *Vacuum* 65 415-425.
- [4] Varatharajan, K., and Cheralathan, M., 2012. Influence of fuel properties and composition on NO_x emissions from biodiesel powered diesel engines: A review, *Renewable and sustainable energy reviews*, 16, 6, 3702-3710.
- [5] Riccardi, B., Montanari, R., Casadei, M., Costanza, G., Filacchioni, G., Moriani, A., 2006, Optimisation and characterisation of tungsten thick coatings on copper based alloy substrates, *Journal of Nuclear Materials*, 352, 29–35.
- [6] İşcan, B., 2016. Application of ceramic coating for improving the usage of cottonseed oil in a diesel engine, *Journal of the Energy Institute* 89 150-157

- [7] Wu F, Wang J, Chen W, Shuai S., 2009. A study on emission performance of a diesel engine fueled with five typical methyl ester biodiesels. *Atmos Environ*;43:1481–5.
- [8] S. Vedharaj a , R. Vallinayagam a , W.M. Yang., 2014. Reduction of harmful emissions from a diesel engine fueled by kapok methyl ester using combined coating and SNCR technology, *Energy Conversion and Management* 79 581–589
- [9] Sayin, C. and Canakci, M., 2009. "Effect of injection timing on the engine performance and exhaust emissions of a dual-fuel diesel engine", *Energy Conversion and Management*, 50: 203-213.
- [10] Rizwanul Fattah IM, Masjuki HH, Kalam MA, Wakil MA, Rashedul HK, Abedin MJ. 2014. Performance and emission characteristics of a CI engine fueled with Cocos nucifera and Jatropha curcas B20 blends accompanying antioxidants. *Ind Crop Prod*;57:132–40.
- [11] Cheng-Yuan, L., and Hsui-An, L., 2006. Diesel Engine Performance and Emission Characteristics of Biodiesel Produced by the Peroxidation Process. *Fuel*, 85: 298–305.
- [12] Puhana, S., Vedaramana, N., Rama, B.V.B., Sankarnarayanan, G. and Jeychandran, K., 2005. Mahua oil (madhuca indica seed oil) methyl ester as biodiesel-preparation and emission characteristics, *Biomass and Bioenergy*, 28, 87–93.
- [13] Atmanli A, Ileri E, Yuksel B., 2014. Experimental investigation of engine performance and exhaust emissions of a diesel engine fueled with diesel–n-butanol– vegetable oil blends. *Energy Convers Manage*;81:312–21.
- [14] Heywood JB. 1988. *Internal combustion engine fundamentals*. New York: McGrawHill;
- [15] Stone, R., 1989. *Motor Vehicle Fuel Economy*, Macmillan Educational Ltd, Houndsmills.
- [16] Boot M, Frijters P, Luijten C, Somers B, Baert R, Donkerbroek A, 2009. Cyclic oxygenates: a new class of second-generation biofuels for diesel engines? *Energy Fuels*;23(4):1808–17.
- [17] B. Rajesh Kumar , S. Saravanan , R. Niranjan Kumar , B. Nishanth , D. Rana , A. Nagendran, 2016. Effect of lignin-derived cyclohexanol on combustion, performance and emissions of a direct-injection agricultural diesel engine under naturally aspirated and exhaust gas recirculation (EGR) modes, *Fuel* 181 630–642.



Türk Doğa ve Fen Dergisi
Turkish Journal of Nature and Science

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



Bingöl koşullarında yaygın fiğ ve koca fiğ çeşitleri için uygun ekim zamanının belirlenmesi

Erdal ÇAÇAN^{*1}, Kağan KÖKTEN²

Özet

Bu araştırma, Bingöl ekolojik koşullarında yaygın fiğ ve koca fiğ çeşitleri için uygun ekim zamanının belirlenmesi amacıyla 2015 yılında yürütülmüştür. Araştırma, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine uygun olacak şekilde iki adet yaygın fiğ ve iki adet koca fiğ çeşidi ile bunların üç farklı ekim zamanı olacak şekilde yürütülmüştür. Araştırmada; yaygın fiğ ve koca fiğ için bitki boyu, yeşil ot verimi, kuru ot verimi, tane verimi, kes verimi, bin tane ağırlığı, ham protein oranı, asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve nötral deterjanda çözünmeyen lif (NDF) değerlerine ilişkin veriler ele alınmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda, en yüksek sonuçların erken yapılan ekimlerden elde edildiği belirlenmiştir. Bingöl koşullarında hem yaygın fiğ hem de koca fiğ için en uygun ekim zamanının Nisan ayı olacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bingöl; ekim zamanı; *Vicia sativa* L., *Vicia narbonensis* L.

Determination of optimum sowing date for common and Narbonne vetch cultivars in Bingöl conditions

Abstract

This research was conducted to determine the most optimum sowing date of common and Narbonne vetch at the ecological conditions of Bingöl in 2015. The study was arranged in a completely randomized block design in split plots and it was conducted with two common vetch, two Narbonne vetch and three sowing date. In the study; plant height, green herbage yield, dry herbage yield, seed yield, straw yield, thousand grain weight, crude protein ratio, acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) characteristics were investigated. According to the results, the highest values were obtained from early sowing dates. Therefore, it was concluded that the best optimum sowing date for Bingöl could be April.

Keywords: Bingöl; sowing date; *Vicia sativa* L.; *Vicia narbonensis* L.

1. Giriş

Ülkemizde yem bitkileri yetiştiriciliğinde yoncadan sonra en önemli grubu fiğler oluşturmaktadır. Bu grup içerisinde de özellikle de yaygın fiğ önemli bir yer tutmaktadır. 2015 yılı Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre ülkemizde 2,777,616 dekarlık alanda 2,721,246 ton yeşil ot fiğ elde edilmektedir. Dekar başına yeşil ot verimi ortalama 983 kg'dır. Dane amaçlı olarak da 416,998 dekarlık alanda 48,271 ton dane elde edilmektedir. Dekar başına dane verimi ise 116 kg'dır. Türkiye İstatistik Kurumu koca fiğ için bir sınıflandırma yapmamakta sadece burçak, yaygın fiğ ve Macar fiği dışında kalan fiğ türlerini "diğer fiğler" olarak isimlendirmektedir. Bu bilgiye göre içerisinde koca fiğ'in de bulunduğu diğer fiğlerin yeşil ot verimi ortalama olarak dekara 719 kg, dane verimi ise dekara 139 kg'dır. Malatya, Elazığ, Tunceli ve Bingöl illerinde yaygın

fiğ için ortalama yeşil ot verimi 889 kg/da, dane verimi ise 91 kg/da'dır.

Bingöl ili yaygın fiğ ve koca fiğ yetiştiriciliği için önemli bir potansiyele sahip olmasına rağmen Türkiye İstatistik Kurumu verileri ile karşılaştırıldığında ortalamanın altında yeşil ot verimi ve dane verimi elde edildiği görülmektedir [1-2]. Bingöl ilinde fiğlerden Türkiye ortalamasının altında verim alınmasının nedenlerinden birisi de ekimin uygun zamanda yapılmamasıdır. Bingöl ilinde kışların çok sert ve soğuk geçmesinden dolayı kışlık ekimlerde başarılı olma şansı çok düşüktür. Yazlık ekimlerde ise uygun ekim zamanının ne zaman olacağı konusunda bugüne kadar herhangi bir çalışma yürütülmemiştir. Bingöl için uygun ekim zamanının belirlenmesi bölgede fiğ yetiştiriciliğinde elde edilecek verimin artmasına doğrudan katkı sağlayacaktır. Bu nedenden dolayı, Bingöl ilinde hem yaygın fiğ hem de koca fiğ için uygun yazlık ekim zamanının belirlenmesi amacıyla bu çalışma yürütülmüştür.

¹ Bingöl Üniversitesi, Genç Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 12000 Bingöl, Türkiye

² Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 12000 Bingöl, Türkiye

*Sorumlu yazar E-posta: erdalcacan@gmail.com

2. Materyal ve Metot

Denemede materyal olarak Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesinden temin edilen Görkem ve Kıralkızı yaygın fiğ çeşitleri ile Karakaya ve Özgen koca fiğ çeşitleri kullanılmıştır. Bu araştırma ile ilgili arazi çalışması, Bingöl il merkezine yaklaşık 15 km uzaklıkta bulunan Bingöl Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Arazisinde, 2015 yılı yetiştirme sezonunda yürütülmüştür. Araştırma alanı %5-10 eğime sahip olup, deniz seviyesinden yüksekliği ortalama 1150 km'dir.

Araştırma alanının iklim verilerine bakıldığında; Bingöl ilinin uzun yıllar (1990-2015) aylık ortalama sıcaklığının 12,3 °C, toplam yağış miktarının 950,8 mm ve ortalama nispi nem değerinin ise %56,9 olduğu görülmektedir. Araştırmanın yürütüldüğü 2015 yılında, uzun yıllar ortalamasına yakın sıcaklık (13,7 °C) ve nispi nem değeri (%52,6) elde edilmiştir. Ancak çalışmanın yürütüldüğü 2015 yılında, Bingöl ili uzun yıllar ortalamasının altında bir yağış miktarı aldığı (801,8 mm) görülmüştür [3].

Araştırmanın yürütüldüğü alanın on farklı noktasından toprak örnekleri 0-30 cm derinlikten alınıp karıştırılmıştır. Elde edilen temsili örnek Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak-Bitki Analiz Laboratuvarında analiz ettirilmiştir. Sınır değerler esas alınarak [4-5] yapılan analiz sonucu değerlendirilmesinde; araştırma alanının toprak yapısı tınlı (saturasyon %43,31), pH'sı hafif asidik (6,37), tuzsuz (%0,0066), organik madde oranı az (%1,26), az kireçli (%0,15), potasyum içeriği yeterli (24,45 kg/da) ve fosfor içeriği orta (7,91 kg/da) olarak bulunmuştur.

Tarla denemesi, pulluk ile derin sürüm yapıldıktan sonra kültüratör ve tapan çekilen arazide tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemede materyal olarak kullanılan yaygın fiğ ve koca fiğ çeşitleri için; birinci ekim Nisanın ilk yarısı (07.04.2015), ikinci ekim Nisanın ikinci yarısı (26.04.2015), üçüncü ekim Mayısın ilk yarısı (08.05.2015) ve dördüncü ekim de Mayısın ikinci yarısında (18.05.2015) yapılmıştır. Bingöl ilinde 2015 yılı Nisan ayı içerisinde yaşanan kısa süreli donların bitkinin fide gelişimine zarar vermediği, ancak susuz şartlarda yürütülen denemede son ekimden sonra yağış alınmadığı için çimlenmenin büyük oranda gerçekleşmediği görülmüştür. Bu nedenle son ekim değerlendirilememiştir. Parsel alanı 5 m uzunluk ve 6 sıradan oluşmuştur. Ekim 20 cm sıra aralığı ile yapılmıştır. Yaygın fiğ çeşitleri için dekara 10 kg, koca fiğ çeşitleri için dekara 15 kg [21] gelecek şekilde m²'ye atılacak tohum miktarı hesaplanmıştır. Hasatta, parsellerin alt ve üst kısımlarından birer sıra kenar tesiri olarak atılmıştır. Geriye kalan iki sıra ot amaçlı, iki sıra da tohum amaçlı olmak üzere; ot için alt baklaların oluşum başlangıcı, tohuma bırakılan bitkilerde ise alt meyveler olgunlaşıp sararmaya ve bitkiler sarı renk almaya başladığında hasat yapılmıştır. Deneme alanına ekim ile birlikte dekara saf madde üzerinden 4 kg azot, 10 kg fosfor gelecek şekilde DAP gübresi ile gübreleme yapılmıştır.

Her parselden rastgele seçilen 10 adet bitki toprak yüzeyi ile son tomurcuk arası cm olarak ölçülüp ortalaması alınarak bitki boyu belirlenmiştir. Her parselden biçilen ot arazi koşullarında yeşil ağırlıkları tartılarak saptanmıştır. Parsel başına saptanan verim değerleri dekara verim olarak çevrilmiştir. Her parselden biçilen yeşil ot numunelerinden 0.5 kg olarak alınan örnekler önce açık havada, sonra 70 °C'ye ayarlı kurutma fırınında 48 saat süreyle kurutularak kuru ot verimleri belirlenmiştir [6]. Parsel başına saptanan verim değerleri dekara verim olarak çevrilmiştir. Ham protein, ADF (Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif) ve NDF

(Nötral Deterjanda Çözünmeyen Lif) kalite değerlerine ait analizler, Dicle Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarında, NIRS (Near Infrared Spectroscopy - Foss Model 6500) analiz cihazı ile yapılmıştır.

Çalışma neticesinde elde edilen bulgular JUMP istatistik paket programı yardımıyla tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine uygun olarak varyans analizi uygulanmıştır. Varyans analizi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli çıkan faktör ortalamaları "t" testi ile karşılaştırılmıştır [7].

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Yaygın fiğ ile ilgili elde edilen verim ve kalite özellikleri

Farklı tarihlerde ekilen yaygın fiğ çeşitlerinin bitki boyu, yeşil ot verimi, kuru ot verimi, tane verimi, kes verimi ve bin tane ağırlığı ile ham protein, ADF ve NDF oranlarına ait değerler ve ortalamalar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablodan görüldüğü gibi, her iki yaygın fiğ çeşidinde de ekim zamanlarının bitki boyunu istatistik olarak önemli (%1) derecede etkilediği, en yüksek bitki boylarının ilk ekim zamanından elde edildiği görülmektedir. Ortalama bitki boyu Görkem çeşidinde 20,3 cm, Kralkızı çeşidinde 16,7 cm olarak elde edilmiştir. Yaygın fiğde daha önce yapılan çalışmalarda bitki boyu; Çukurova koşullarında 90-114 cm [8], Samsun koşullarında 94,7-100,4 cm [9], Antalya koşullarında 58,4-81,1 cm [10], Diyarbakır koşullarında 33,5-58,9 cm [11] ve 57,7-78,8 cm [12] olarak saptanmıştır. Araştırmada elde edilen bulgular, araştırmacıların bildirdiği değerlerden düşük tespit edilmiştir. Diğer taraftan, Bingöl ilinde yapılan bir çalışmada yaygın fiğ'in bitki boyu 20,3-26,2 cm [1] olarak ölçüldüğü ve çalışmadan elde edilen değerler ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Ekim zamanlarının sadece Görkem çeşidinde yeşil ot verimini önemli (%5) seviyede etkilediği tespit edilmiş olup, en yüksek yeşil ot verimi bu çeşidin ilk ekim zamanından elde edilmiştir. Ortalama yeşil ot verimi Görkem çeşidinde 628,6 kg/da, Kralkızı çeşidinde ise 476,5 kg/da olarak elde edilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda yeşil ot verimi; Yücel ve ark. (2004) tarafından 2582-4157 kg/da [8], Erdurmuş ve ark. (2010) tarafından 1196-2056 kg/da [10], Seydoşoğlu (2014) tarafından 1869,3-2791,0 kg/da [12] olarak elde edilmiştir. Çalışmadan elde edilen değerler bu değerlerden daha düşük olarak tespit edilmiştir. Diğer yandan Çanakkale-Ezine koşullarında yazlık ekimden elde edilen değerler (457,5 kg/da), bu çalışmadan elde edilen değerler ile benzerlik göstermektedir [13].

Ekim zamanlarının sadece Görkem çeşidinde kuru ot verimini önemli (%1) seviyede etkilediği tespit edilmiş olup, en yüksek kuru ot verimi bu çeşidin ilk ekim zamanından elde edilmiştir. Ortalama kuru ot verimi Görkem çeşidinde 171,8 kg/da, Kralkızı çeşidinde 126,9 kg/da olarak elde edilmiştir. Yaygın fiğ ile ilgili daha önce yapılan çalışmalarda kuru ot verimleri; Çukurova koşullarında 504-673 kg/da [8] ve 538-613 kg/da [14], Antalya koşullarında 282-494 kg/da [10] ve Diyarbakır koşullarında 44,7-707,0 kg/da [12] olarak saptanmıştır.

Ekim zamanlarının sadece Kralkızı çeşidinde tane verimini önemli (%1) seviyede etkilediği tespit edilmiş olup, en yüksek tane verimi bu çeşidin birinci ekim zamanından elde edilmiştir. Ortalama tane verimi Görkem çeşidinde 101,1 kg/da, Kralkızı çeşidinde 24,3 kg/da olarak elde edilmiştir. Yaygın fiğde tane verimi; Albayrak ve ark. (2005) tarafından 80-160 kg/da [9], Erdurmuş ve ark. (2010)

Tablo 1. Yaygın Fiğ Çeşitlerine Ait Bitki Boyu, Yeşil Ot Verimi, Kuru Ot Verimi, Tane Verimi, Kes Verimi, Bin Tane Ağırlığı ile Ham Protein, ADF ve NDF Oranlarına Ait Değerler ve Ortalamalar

Yaygın Fiğ	Bitki Boyu (cm)		Yeşil Ot Verimi (kg/da)		Kuru Ot Verimi (kg/da)	
	Görkem	Kralkızı	Görkem	Kralkızı	Görkem	Kralkızı
1.Ekim	22,7 a**	19,6 a**	766,0 a*	551,3	235,9 a**	161,2
2.Ekim	19,2 b	15,4 b	731,0 b	452,3	206,7 b	129,8
3.Ekim	18,9 c	15,2 c	388,7 c	426,0	72,9 c	89,7
Ortalama	20,3	16,7	628,6	476,5	171,8	126,9

Yaygın Fiğ	Tane Verimi (kg/da)		Kes Verimi (kg/da)		Bin Tane Ağırlığı (g)	
	Görkem	Kralkızı	Görkem	Kralkızı	Görkem	Kralkızı
1.Ekim	117,3	55,3 a**	234,3	291,0 a**	61,7 a*	60,0 a**
2.Ekim	109,0	9,0 b	229,7	110,7 b	60,0 b	25,0 b
3.Ekim	77,0	8,7 c	166,0	67,7 c	26,7 c	23,3 c
Ortalama	101,1	24,3	210,0	156,5	49,5	36,1

Yaygın Fiğ	HP (%)		ADF (%)		NDF (%)	
	Görkem	Kralkızı	Görkem	Kralkızı	Görkem	Kralkızı
1.Ekim	19,4 c**	21,6 c**	25,9 c**	23,3 a*	39,6 a**	34,8 a**
2.Ekim	23,6 a	29,4 a	29,0 a	22,3 b	32,5 b	27,4 b
3.Ekim	21,7 b	29,2 b	26,5 b	21,3 c	31,6 c	26,5 c
Ortalama	21,6	26,7	27,1	22,3	34,6	29,6

*) %1 düzeyinde önemli, **) %5 düzeyinde önemli

tarafından 203,1-315,3 kg/da [10] ve Seydoşoğlu (2014) tarafından 141,7-242,0 kg/da [12] olarak elde edilmiştir.

Ekim zamanlarının Kralkızı çeşidinde kes verimini önemli (%1) düzeyde etkilediği tespit edilmiş olup, en yüksek kes verimi bu çeşidin ilk ekim zamanından elde edilmiştir. Ortalama kes verimi Görkem çeşidinde 210,0 kg/da, Kralkızı çeşidinde ise 156,5 kg/da olarak elde edilmiştir. Kes verimi; Erzurum sulu koşullarında 221,7-396,9 kg/da [15], Bingöl ekolojik koşullarında 184,0-300,0 kg/da [1] ve Diyarbakır ekolojik koşullarında 170,0-405,0 kg/da [11] olarak saptanmıştır. Araştırmadan elde edilen bulgular, araştırmacıların bildirdiği bulgular ile uyum içerisindedir.

Ekim zamanlarının Görkem çeşidinde %5, Kralkızı çeşidinde ise %1 düzeyinde bin tane ağırlığını önemli düzeyde etkilediği tespit edilmiş olup, en yüksek bin tane ağırlığı her iki çeşitte de birinci ekimden elde edilmiştir. Ortalama bin tane ağırlığı Görkem çeşidinde 49,5 g, Kralkızı çeşidinde ise 36,1 g olarak elde edilmiştir. Yaygın fiğde bin tane ağırlığı; Albayrak ve ark. (2005) tarafından 38,3-70,2 g [9], Erdurmuş ve ark. (2010) tarafından 57,9-83,1 g [10], Kökten (2011) tarafından 50,7-62,7 g [1], Babat ve Anlarsal (2011) tarafından 55,50-62,67 g [11], Seydoşoğlu (2014) tarafından 50,0-75,3 g olarak [12] edilmiştir. Elde edilen değerler, araştırmacıların tarafından bildirilen değerler ile uyum içerisindedir.

Ekim zamanlarının her iki yaygın fiğ çeşidinde de ham protein oranlarını önemli (%1) seviyede etkilediği tespit edilmiş olup, en yüksek ham protein oranları her iki yaygın fiğ çeşidinde de ikinci ekim zamanından elde edilmiştir. Ortalama ham protein oranı Görkem çeşidinde %21,6, Kralkızı çeşidinde ise %26,7 olarak elde edilmiştir. Yaygın fiğde ham protein oranı; Erzurum koşullarında %17,89-22,43 [15], Çukurova koşullarında %19,41-22,30 [8] ve %18,54-19,65 [14], Diyarbakır koşullarında %14,68-24,60 [16] ve %20,04-24,04 [17], Iğdır koşullarında da %15,58-19,58 [18] arasında değiştiği bildirilmiştir.

Ekim zamanlarının Görkem çeşidinde ADF oranını %1, Kralkızı çeşidinde ise %5 düzeyinde etkilediği tespit edilmiştir. En düşük değerler Görkem çeşidinde birinci ve üçüncü, Kralkızı çeşidinde ise ikinci ve üçüncü ekim zamanlarından elde edilmiştir. Ortalama ADF oranı Görkem çeşidinde %27,1, Kralkızı çeşidinde ise %22,3 olarak elde edilmiştir. Yaygın fiğde ADF oranı; Diyarbakır koşullarında

%25,10-30,80 [17] ve yine Diyarbakır koşullarında %22,63-41,75 [16] olarak saptanmıştır. Araştırmadan elde edilen bulgular, araştırmacıların bildirdiği değerler ile paralellik göstermiştir.

Ekim zamanlarının her iki yaygın fiğ çeşidinde NDF oranını %1 düzeyinde etkilediği tespit edilmiş olup, en düşük değerler ikinci ve üçüncü ekim zamanlarından elde edilmiştir. Ortalama NDF oranı Görkem çeşidinde %34,6, Kralkızı çeşidinde ise %29,6 olarak elde edilmiştir. Yaygın fiğde NDF oranı; Diyarbakır koşullarında %36,70-41,36 [17], yine Diyarbakır koşullarında %29,90-47,33 [16] ve Iğdır koşullarında ise %40,63-47,27 olarak [18] saptanmıştır.

3.2. Koca fiğ ile ilgili elde edilen verim ve kalite özellikleri

Farklı tarihlerde ekilen koca fiğ çeşitlerinin bitki boyu, yeşil ot verimi, kuru ot verimi, tane verimi, kes verimi ve bin tane ağırlığı ile ham protein, ADF ve NDF oranlarına ait değerler ve ortalamalar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2'de görüldüğü gibi, ekim zamanlarının her iki koca fiğ çeşidinde de bitki boyunu önemli (%1) derecede etkilediği tespit edilmiş olup, en yüksek bitki boylarının her iki çeşidinde ilk ekim zamanından elde edildiği görülmektedir. Ortalama bitki boyu Karakaya çeşidinde 22,3 cm, Kralkızı çeşidinde ise 21,4 cm olarak tespit edilmiştir. Ekim zamanlarının sadece Özgen çeşidinde yeşil ot verimini önemli (%5) düzeyde etkilediği tespit edilmiş olup, en yüksek sonuçlar bu çeşidin birinci ekim zamanından elde edilmiştir. Ortalama yeşil ot verimi Karakaya çeşidinde 544,8 kg/da, Özgen çeşidinde ise 463,1 kg/da olarak elde edilmiştir. Ekim zamanlarının Karakaya çeşidinde %5, Özgen çeşidinde ise %1 düzeyinde kuru ot verimini etkilediği tespit edilmiş olup, en yüksek kuru ot verimi her iki koca fiğ çeşidinde birinci ekim zamanından elde edilmiştir. Ortalama kuru ot verimi Karakaya çeşidinde 129,7 kg/da, Özgen çeşidinde ise 90,2 kg/da olarak elde edilmiştir. Daha önce yapılan bir çalışmada Diyarbakır koşullarında koca fiğde bitki boyu 70,8-92,5 cm, yeşil ot verimi 2207,0-4097,8 kg/da ve kuru ot verimi 526,2-935,2 kg/da [19] olarak tespit edilmiştir.

Ekim zamanlarının her iki koca fiğ çeşidinde de tane verimini önemli (%1) düzeyde etkilediği tespit edilmiş olup,

Tablo 2. Koca Fiğ Çeşitlerine Ait Bitki Boyu, Yeşil Ot Verimi, Kuru Ot Verimi, Tane Verimi, Kes Verimi, Bin Tane Ağırlığı ile Ham Protein, ADF ve NDF Oranlarına Ait Değerler ve Ortalamalar

Koca Fiğ	Bitki Boyu (cm)		Yeşil Ot Verimi (kg/da)		Kuru Ot Verimi (kg/da)	
	Karakaya	Özgen	Karakaya	Özgen	Karakaya	Özgen
1.Ekim	24,0 a**	23,8 a**	663,0	596,0 a*	184,7 a*	141,7 a**
2.Ekim	23,9 b	23,4 b	573,3	530,7 b	142,7 b	100,8 b
3.Ekim	19,1 c	16,9 c	398,0	262,7 c	61,6 c	28,1 c
Ortalama	22,3	21,4	544,8	463,1	129,7	90,2

Koca Fiğ	Tane Verimi (kg/da)		Kes Verimi (kg/da)		Bin Tane Ağırlığı (g)	
	Karakaya	Özgen	Karakaya	Özgen	Karakaya	Özgen
1.Ekim	59,7 a**	70,0 a**	162,7 a**	178,3 a**	133,3 a**	240,0 a**
2.Ekim	12,0 b	3,7 b	171,7 b	69,7 c	119,3 b	133,0 b
3.Ekim	3,0 c	2,7 c	83,3 c	74,3 b	77,0 c	116,0 c
Ortalama	24,9	25,5	139,2	107,4	109,9	163,0

Koca Fiğ	HP (%)		ADF (%)		NDF (%)	
	Karakaya	Özgen	Karakaya	Özgen	Karakaya	Özgen
1.Ekim	18,7 c**	20,7 c**	27,0	27,7 a**	38,9 a**	34,1 a*
2.Ekim	25,4 b	25,4 b	28,0	26,2 b	28,2 b	30,2 b
3.Ekim	26,1 a	27,3 a	26,4	25,2 c	28,5 c	30,1 c
Ortalama	23,4	24,5	27,1	26,4	31,9	31,5

*) %1 düzeyinde önemli, **) %5 düzeyinde önemli

en yüksek tane verimi birinci ekim zamanından elde edilmiştir. Ortalama tane verimi Karakaya çeşidinde 24,9 kg/da, Özgen çeşidinde ise 25,5 kg/da olarak elde edilmiştir. Koca fiğde tane verimi; Seydoşoğlu ve ark. (2014) tarafından 267,7-431,6 kg/da [19], Ankara koşullarında yazlık ekimlerden 64,20 kg/da [20] olarak elde edildiği bildirilmiştir. Araştırmadan elde ettiğimiz bulgular araştırmacıların bildirdiği değerler ile benzerlik göstermektedir. Ekim zamanlarının her iki koca fiğ çeşidinde kes verimini önemli (%1) düzeyde etkilediği tespit edilmiştir. En yüksek kes verimi her iki koca fiğ çeşidinde de birinci ekimden elde edilmiştir. Ortalama kes verimi Karakaya çeşidinde 139,2 kg/da, Özgen çeşidinde ise 107,4 kg/da olarak elde edilmiştir. Ekim zamanlarının her iki koca fiğ çeşidinde bin tane ağırlığını çok önemli (%1) düzeyde etkilediği tespit edilmiş olup, en yüksek bin tane ağırlığı her iki çeşitte de ilk ekimden elde edilmiştir. Ortalama bin tane ağırlığı Karakaya çeşidinde 109,9 g, Özgen çeşidinde ise 163,0 g olarak elde edilmiştir. Koca fiğde bin tane ağırlığı ile ilgili elde edilen değerler, Uzunmehmetoğlu ve Kendir (2006) tarafından 152,27-235,80 g [20] ve Seydoşoğlu ve ark. (2014) tarafından 129,5-221,9 g [19] olarak elde edilen değerler ile benzerlik göstermektedir.

Ekim zamanlarının her iki koca fiğ çeşidinde ham protein oranını önemli (%1) düzeyde etkilediği tespit edilmiş olup, en yüksek sonuçlar ikinci ve üçüncü ekimlerden elde edilmiştir. Ortalama ham protein oranı Karakaya çeşidinde %23,4, Özgen çeşidinde ise %24,5 olarak elde edilmiştir. Ekim zamanlarının sadece Özgen çeşidinde ADF oranını önemli düzeyde (%1) etkilediği tespit edilmiştir. En düşük değerler ikinci ve üçüncü ekim zamanlarından elde edilmiştir. Ortalama ADF oranı Karakaya çeşidinde %27,1, Özgen çeşidinde ise %26,4 olarak elde edilmiştir. Ekim zamanlarının Karakaya çeşidinde NDF oranını %1, Özgen çeşidinde ise %5 düzeyinde etkilediği tespit edilmiş olup, en düşük değerler ikinci ve üçüncü ekim zamanlarından elde edilmiştir. Ortalama NDF oranı Karakaya çeşidinde %31,9, Özgen çeşidinde ise %31,5 olarak elde edilmiştir. Başbağ ve ark. (2011) tarafından yürütülen bir çalışmada [17]; koca fiğ'in ham protein oranı %21,42-22,46, ADF oranı %26,51-29,69 ve NDF oranı %40,12-41,44 olarak tespit edilmiştir.

4. Sonuçlar

Bingöl ili ve benzer ekolojik koşullara sahip bölgelerde hem ot hem de tohum amaçlı yapılacak fiğ ekimlerinin ilkbaharda toprak tava gelir gelmez tarlaya çıkmanın mümkün olduğu en erken dönemde yapılmasının uygun olacağı kanaatine varılmıştır. Bingöl koşullarında hem yaygın fiğ, hem de koca fiğ için yüksek miktarlarda yeşil ot verimi, kuru ot verimi, tane verimi ve kes verimi elde etmek için Nisan ayının uygun ekim zamanı olduğu sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

- [1] Kökten, K., Bingöl ekolojik koşullarında bazı adi fiğ (*Vicia sativa* L.) hat ve çeşitlerinde tohum verimi ve bazı tarımsal özelliklerin belirlenmesi, Bingöl Üniv. Fen Bil. Dergisi, 1(2), 2011.
- [2] Bakoğlu, A., Kökten, K., Akçura, M., Bazı Adi Fiğ (*Vicia sativa* L.) Hat ve Çeşitlerinin Bingöl Kuru Şartlarında Adaptasyonu Üzerine Bir Çalışma, 3. Bingöl Sempozyumu, 17-19 Eylül, Bingöl, 2010.
- [3] Anonim, Bingöl İli Meteoroloji Verileri, Bingöl Meteoroloji İl Müdürlüğü, 2015.
- [4] Sezen, Y., Gübreler ve Gübreleme, Atatürk Üniversitesi Yayınları No:679, Ziraat Fakültesi Yayınları No:303, s.15, Erzurum, 1995.
- [5] Karaman, M.R., Bitki Besleme, Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi:2. Editör: Zengin, M., Toprak ve Bitki Analiz Sonuçlarının Yorumlanmasında Temel İlkeler (Bölüm 12), Sayfa: 874, 2012.
- [6] Anonim, Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü, Ankara, 2016.
- [7] Kalaycı, M., Örneklerle Jump Kullanımı ve Tarımsal Araştırma İçin Varyans Analiz Modelleri, Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Yayın No:21, 2005.
- [8] Yücel, C., Avcı, M., Yücel, H., Çınar, S., Çukurova taban koşullarında adi fiğ (*Vicia sativa* L.) hat ve çeşitlerinin ot verimi ve kalitesi ile ilişkili özelliklerin saptanması, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 13 (1-2), 2004.

- [9] Albayrak, S., Güler, M., Töngel, Ö., Yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) hatlarının tohum verimi ve verim öğeleri arasındaki ilişkiler, OMU Zir. Fak. Dergisi, 20 (1), 56-63, 2005.
- [10] Erdurmuş, C., Çeçen, S., Yücel, C., Antalya koşullarında bazı yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) hat ve çeşitlerinin verim ve verim özelliklerinin saptanması, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 23(2):53-60, 2010.
- [11] Babat, S., Anlarsal, A.E., Diyarbakır ekolojik koşullarında bazı adi fiğ (*Vicia sativa* L.) çeşitlerinin verim ve verim öğelerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma, Ç.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 26-3, 2011.
- [12] Seydoşoğlu, S., Diyarbakır ekolojik koşullarında bazı yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) genotiplerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi, Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 1:117-127, 2014.
- [13] Hakyemez, B.H., Adi fiğ (*Vicia sativa* L.)'de ekim zamanlarının ot ve tane verimi üzerine etkileri, Uludağ Üniversitesi Zir. Fak. Derg., 20 (1), 47-55, 2006.
- [14] Yücel, C., Ayaşan, T., Çukurova koşullarında yetiştirilen bazı yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) çeşitlerinin in vitro yem sindirilebilirliği üzerine farklı inkubasyon zamanlarının etkisi, GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(2), 1-8, 2010.
- [15] Temel, S., Tan, M., Erzurum şartlarında adi fiğ (*Vicia sativa* L.)'in ekim ve hasat zamanlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi, 33(4), 363-368, 2002.
- [16] Yücel, C., Sayar, M.S., Yücel, H., Diyarbakır koşullarında yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) genotiplerinin ot kalitesi ile ilgili bazı özelliklerin saptanması, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16(2):45-54, 2012.
- [17] Başbağ, M., Çaçan, E., Aydın, A., Sayar, M.S., Güneydoğu Anadolu Bölgesi Doğal Alanlarından Toplanan Bazı Fiğ Türlerinin Ot Kalite ve Özelliklerinin Belirlenmesi, Uluslararası Katılımlı I. Ali Numan Kırac Tarım Kongresi ve Fuarı, 27-30 Nisan, Eskişehir, 2011.
- [18] Temel, S., Keskin, B., Yıldız, V., Kır, A.E., Iğdır ovası taban koşullarında adi fiğ (*Vicia sativa* L.) çeşitlerinin kuru ot verimi ve kalite özelliklerinin incelenmesi, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5(3): 67-76, 2015.
- [19] Seydoşoğlu, S., Sayar, M.S., Başbağ, M., Diyarbakır ekolojik koşullarında bazı koca fiğ genotiplerinin verim ve verim unsurları, Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 1(1):64-71, 2014.
- [20] Uzunmehmetoğlu, B., Kendir, H., Yazlık ve kışlık ekimin koca fiğ (*Vicia narbonensis* L.) hatlarında tane verimine etkileri, Tarım Bilimleri Dergisi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 12(3), 294-300, 2006.
- [21] Avcıoğlu, R., Hatipoğlu, R., Karadağ Y., Baklagil Yem Bitkileri Cilt II, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal ve Üretim Geliştirme Genel Müdürlüğü Yayınları, 2009.



Türk Doğa ve Fen Dergisi

Turkish Journal of Nature and Science

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



Bazı metal iyonlarının tavuk böbreğinden saflaştırılan glutatyon redüktaz enzimi üzerine in vitro etkilerinin araştırılması

Yusuf Karagözoğlu¹, Mehmet Çiftçi*¹

Özet

Glutatyon redüktaz enzimi tavuk böbreğinden saflaştırıldı ve bazı metal iyonlarının bu enzim aktivitesi üzerine in vitro etkileri araştırıldı. Saflaştırma prosedürü üç basamaktan oluştu; homojenatın hazırlanması, amonyum sülfat çöktürmesi ve affinite kromatografisi. Bu üç basamak sonucunda 8,595 EÜ/mg protein spesifik aktivitesine sahip enzim ~ % 57 verimle 369 kat saflaştırıldı. Enzimin saflık kontrolü sodyum dodesil sülfat-poliakrilamid jel elektroforezi (SDS-PAGE) ile yapıldı ve bazı metal iyonlarının (Ni^{+2} , Zn^{+2} , Pb^{+2} , Hg^{+2} , Ag^{+} and Al^{+3}) glutatyon redüktaz enzimi üzerindeki inhibisyon etkisi araştırıldı. Metal iyonları için K_i ve IC_{50} değerleri Lineweaver-Burk ve % vs [I] aktivite grafikleriyle belirlendi. Ni^{+2} , Hg^{+2} ve Ag^{+} yarışmasız inhibisyon gösterirken, Zn^{+2} ve Pb^{+2} yarı yarışmalı inhibisyon gösterdi. Diğer metal iyonlarının aksine Al^{+3} enzim üzerinde aktivatör etkisi gösterdi.

Anahtar Kelimeler: Glutatyon redüktaz; tavuk böbreği; metal iyonları; inhibisyon

Investigation of in vitro effects of some metal ions on purified glutathione reductase from chicken kidney

Abstract

Glutathione reductase (GR) was purified from chicken kidney and in vitro effects of some metal ions on glutathione reductase were investigated. The purification procedure was composed of three steps: homogenate preparation, ammonium sulphate precipitation and affinity chromatography. After three consecutive steps, the enzyme, having a specific activity of 8.595 EU/mg proteins, was purified approximately 367-fold with a yield of 57 %. SDS-PAGE was carried out to control the purity of the enzyme and inhibitory effects of metal ions (Ni^{+2} , Zn^{+2} , Pb^{+2} , Hg^{+2} , Ag^{+} and Al^{+3}) on glutathione reductase were investigated. K_i constants and IC_{50} values for metal ions were determined by Lineweaver – Burk graphs and plotting activity % vs. [I]. While Ni^{+2} , Hg^{+2} and Ag^{+} showed noncompetitive inhibition, Zn^{+2} and Pb^{+2} displayed uncompetitive inhibition. In contrast, Al^{+3} exhibited activatory effect on the enzyme.

Keywords: Glutathione reductase; chicken kidney; metal ions; inhibition

1. Giriş

Glutatyon redüktaz [Glutatyon; NADP+ oksidoredüktaz, EC 1.8.1.7: GR] flavoenzimlerin piridin-nükleotid disülfid oksidoredüktaz ailesinin bir üyesidir. Bu enzim glutatyon disülfidi (GSSG) indirgenmiş glutatyon (γ -L-glutamil-L-sisteinil glisin; GSH)'a NADPH yada NADH'ı bir indirgeyici ajan gibi kullanarak indirgenmesini katalizler [1,2]. Hücrede GR ve GSH eksikliği oksidatif hasara yol açarak alzheimer, parkinson, karaciğer ve akciğer hastalıkları, kistik fibrozis, orak hücreli anemi, HIV, AIDS, kanser, ateroskleroz, felç, şizofreni, epilepsi ve diyabet gibi birçok hastalığa neden olabilir [3,4].

Glutatyon redüktaz enzimi, insan eritrositleri, dana karaciğeri, buzağı karaciğeri, sığır böbrek korteksi, sığır eritrositleri, sığır karaciğeri, hindi karaciğeri, koyun beyni,

domuz eritrositleri, sıçan böbreği, sıçan karaciğeri ve tavuk karaciğeri [5-19] gibi memeli kaynaklardan; *Escherichia coli*, değişik türde parazit, çeşitli bakteri, alg ve maya [20-26] gibi birçok mikroorganizmadan ve buğday, mısır, bezelye [27-31] gibi birçok bitkisel kaynaktan saflaştırılmış ve karakterize edilmiştir.

Metal iyonları, kimyasal tepkimelerde serbest radikal oluşumuna neden olurlar. Reaktif oksijen ve nitrojen bileşiklerinin oluşması hücrede artmış oksidatif strese, DNA baz kırıklarına, artmış lipid peroksidasyonu ve birçok hastalığa neden olur [32]. Metal iyonlarından cıva (Hg), kadmiyum (Cd^{+2}) ve nikel (Ni^{+2}) zararlı etkilerini GSH konsantrasyonunu azaltıp proteinlerin sülfidril gruplarına bağlanarak gösterirler. Arsenik (As) doğrudan tiyol gruplarına bağlanmaktadır. Sonuç olarak, metal iyonları toksik ve karsinojenik etkilerini reaktif oksijen ve nitrojen türevlerini oluşturarak gösterirler [33].

¹ Bingöl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, 12000, Bingöl, Türkiye

*Sorumlu yazar E-posta: mciftci@bingol.edu.tr

Alerjik özelliği bulunan Ni^{+2} 'in akciğer kanserine neden olduğu bildirilmiştir [34,35]. Redoks aktif bir metal olan Ni^{+2} peroksidasyona karşı koruyucu hücre sel antioksidan savunma mekanizmalarına zarar verir [36,37]. Ni^{+2} hücrede reaktif oksijen bileşikleri (ROS) üretimini ve lipid peroksidasyonunu artırarak redoks dengeyi bozar ve bunun sonucunda hücre sel proteinlere zarar verir [38-41]. Yaşam için önemli bir eser element olan Zn^{+2} 'nin birçok hücre sel proteini özellikle aktif merkezinde sistein bulunan enzimleri etkilediği bilinmektedir [42-44]. Hücrede çinko derişiminin artmasıyla birlikte özellikle GR önemli derecede etkilenir. Zn^{+2} toksik derişimlerde bulunduğunda GR inhibisyonuna bağlı olarak GSH derişiminde bir azalma GSSG' de ise bir artış meydana gelir [45,46]. Zn^{+2} astrositlerde GR' yi inaktive ederek GSSG: GSH oranının artmasına ve hücre içi ROS üretimine neden olur [47].

Bu çalışmada, tavuk böbrek dokusundan GR enzimi ilk defa saflaştırıldı ve Ni^{+2} ve Zn^{+2} , Pb^{+2} , Hg^{+2} , Ag^{+} , Al^{+3} , metal iyonlarının saflaştırılan enzim aktivitesi üzerindeki in vitro etkileri araştırıldı.

2. Materyal ve metod

2.1. Kimyasal materyali

NADPH ve GSSG Sigmadan, 2',5' ADP-Sepharose 4B Pharmacia Firmasından alındı. Diğer kimyasallar ise Sigma veya Merck'ten analitik saflıkta alındı.

2.2. Homojenatın hazırlanması

Canlı tavuk kesildikten sonra alınan tavuk böbrek dokuları daha sonra kullanılmak üzere $-80^{\circ}C$ 'de derin dondurucuda muhafaza edildi. Kullanılacak olan dokular küçük parçalara ayrıldıktan sonra 50 mM KH_2PO_4 (pH=7,5) homojenat tamponunda homojenize edildi. Homojenize çözelti ultraturax homojenizatörle parçalanarak elde edilen süspansiyon $+4^{\circ}C$ 'de 13.500 rpm devirde 1 saat boyunca santrifüj edildi ve alttaki çökelti atılarak homojenat elde edildi.

2.3. Amonyum sülfat çöktürmesi ve diyaliz

Çöktürme işlemleri sonucunda tavuk yürek GR enzim aktivitesinin tamamının % 20-80 aralığında çöktüğü belirlendi. Saflaştırma esnasında bu aralıkta çöktürmenin yapılabilmesi için numuneler santrifüj tüplerine konularak $+4^{\circ}C$ 'de 13000 rpm devirde 15 dakika süreyle santrifüj yapıldı. Süpernatantlar atıldıktan sonra çökelekler çözünebileceği minimum fosfat tamponunda (50 mM KH_2PO_4 , pH=7,5) çözüldü. Amonyum sülfat çöktürmesi işlemleri süresince ortamın sıcaklığı buz banyosuyla düşük tutulmaya çalışıldı. Amonyum sülfat çöktürmesi sonucu elde edilen numuneler diyaliz torbasına yerleştirilerek yarım saat süreyle diyaliz tamponuna (50 mM K_2HPO_4 / KCH_3COO , pH=7) karşı diyaliz edildi. Diyaliz işlemleri, $+4^{\circ}C$ 'de gerçekleştirildi.

2.4. Enzim aktivitesinin ölçümü

Enzim aktivitesi spektrofotometrede $25^{\circ}C$ 'de Carlberg and Mannervik'in tanımladığı gibi 1 ml'lik küvetlerle yapıldı [17]. Bu metod GSSG varlığında NADPH'ın yükseltgenmesinden dolayı azalan NADPH'ın 340 nm'de absorbans vermesi esasına dayanır.

2.5. Protein tayini

Protein miktarı spektrofotometrik olarak 595 nm de Bradford metoduna göre yapıldı. Ölçümde bovin serum albümin proteini standart olarak kullanıldı [48].

2.6. 2', 5'-ADP Sepharose 4B afinite kromatografisi

10 ml'lik yatak hacmi için 2 g kuru 2', 5' ADP Sepharose 4B jeli tartıldı. 400 ml destile su ile birkaç defa yıkandı. Şişmiş jelin havası alındıktan sonra %25 dengeleme tamponu (0,1 M K-asetat / 0,1 M K-fosfat pH=6) ve %75 jel olacak şekilde 1x10 cm'lik kapalı sistem oluşturucu ve soğutmalı – yine aynı tamponu içeren-kolona paketlenildi. Jel çöktükten sonra dengeleme tamponuyla (0,1 M K-asetat / 0,1 M K-fosfat pH=6) yıkandı. Dengeleme ve yıkamada akış hızı 50 ml/saat olarak uygulandı [30]. Numune kolona yüklendikten sonra sırasıyla 25 ml 0,1 M K-asetat / 0,1 M K-fosfat pH=6, 25 ml 0,1 M K-asetat / 0,1 M K-fosfat pH=7,85 ve 25 ml 0,1 M KCl / 0,1 M K-Fosfat pH=7,85 çözümleriyle yıkandı. Daha sonra 25 ml 80 mM K-fosfat + 80 mM KCl + 0,5 mM $NADP^{+}$ + 10 mM EDTA pH=7,85 çözeltisi kolona uygulanarak enzim elüe edildi. Ayrıca homojenat, amonyum sülfat çöktürmesi ve enzim çözeltisinde spesifik aktivite ayrı ayrı belirlenerek saflaştırma tablosu hazırlandı. Saflaştırılan enzim çözeltisi 50 mM K-asetat / 50 mM K-fosfat, pH=6 çözeltisiyle diyaliz edildi [49,50].

2.7. SDS - Poliakrilamid jel elektroforezi (SDS-PAGE)

Enzimin saflığının kontrolü için %3-8 kesikli sodyum dodesil sülfat (SDS-PAGE) poliakrilamid jel elektroforezi Laemmli tarafından anlatıldığı gibi yapılarak tek bant elde edildi [51].

2.8. Molekül kütlesinin belirlenmesi

Şekil 2'deki SDS-PAGE fotoğrafından yararlanılarak her bir standart protein ve enzim için Log MA - Rf grafiği çizilerek enzimin mol kütlesi hesaplandı. Standart olarak molekül *E. coli* β -galaktozidaz (120 kDa), sığır serum albumin (85 kDa), tavuk yumurtası ovalbumin (50 kDa), sığır eritrosit karbonik anhidraz (35 kDa), inek sütü β -laktoglobulin (25 kDa) proteinleri kullanıldı.

2.9. İn vitro inhibisyon çalışmaları

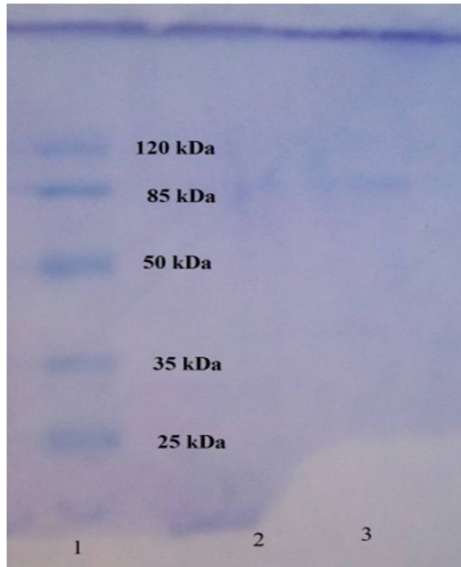
Bu çalışmada, GR enzimi üzerine Ni^{+2} ve Zn^{+2} , Pb^{+2} , Hg^{+2} , Ag^{+} , Al^{+3} , iyonlarının etkileri araştırıldı. Her bir metal için IC_{50} değerlerinin belirlenmesi için 0,8 mM substrat ve beş farklı metal iyonu konsantrasyonlarında elde edilen değerler ile % aktivite-[I] grafikleri (Şekil 3, 4 ve 5) çizilerek aktivite değerleri kullanıldı. Ayrıca inhibisyon etkisi gösteren metal iyonları için K_i sabitlerinin belirlenmesi amacıyla üç sabit inhibitör konsantrasyonlarında uygun beş farklı substrat konsantrasyonu ile aktivite ölçümleri yapıldı. Elde edilen değerlerle her bir inhibitör için Lineweaver-Burk grafikleri (Şekil 6, 7 ve 8) çizilerek K_i sabitleri ve inhibisyon türleri belirlendi.

3. Bulgular

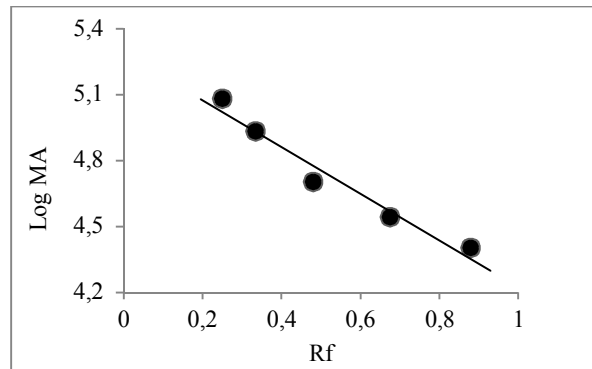
Glutatyon redüktaz enzimi 2',5'-ADP-sepharose 4B afinite kromatografisi kullanılarak tavuk böbreğinden saflaştırıldı ve saflaştırma sonuçları Tablo 1'de gösterildi. Enzimin saflığının kontrolü için SDS-PAGE yapılarak elde edilen SDS-PAGE fotoğrafı Şekil 1'de gösterildi. Enzimin mol kütlesinin hesaplanması için log MA - Rf grafiği çizilerek Şekil 2'de gösterildi. Enzim aktivitesi üzerinde inhibisyon etkisi gösteren metal iyonları için elde edilen IC_{50} değerleri, ortalama K_i sabitleri ve inhibisyon türleri Tablo 2'de verildi.

Tablo 1. Tavuk böbrek dokusundan saflaştırılan glutatyon redüktaz enziminin saflaştırma basamakları

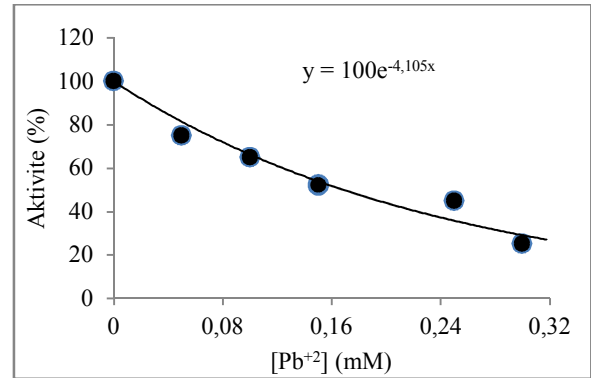
Saflaştırma Basamağı	Toplam Hacim (ml)	Aktivite (EÜ/ml)	Protein (mg/ml)	Toplam Aktivite (EÜ)	Toplam Protein (mg)	Spesifik Aktivite (EÜ/mg)	% Verim	Saflaştırma Katsayısı
Homojenat	15	0,509	21,77	7,635	326,55	0,0233	100	1
Amonyum sülfat çöktürmesi (% 20-80) ve diyaliz	5	0,973	13,81	4,865	69,05	0,0704	63,719	3,021
2',5'- ADP sepharose 4B	6	0,722	0,084	4,332	0,504	8,595	56,738	368,884



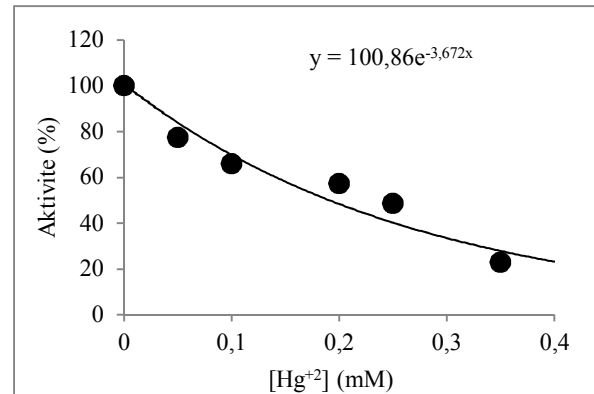
Şekil 1. Afinité kolonundan elúe edilen tavuk böbrek GR enziminin SDS-PAGE ile saflık kontrolü; 1. kuyu: Standart proteinler, 2. ve 3. kuyu: afinité kolonundan elúe edilen saf GR enzimi



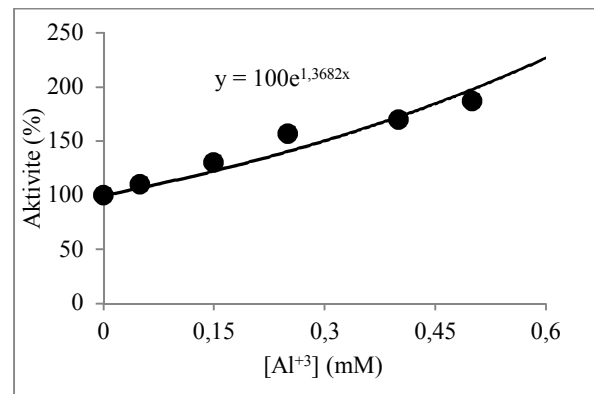
Şekil 2. Tavuk böbreğinden saflaştırılan GR enziminin SDS-PAGE sonucu molekül kütlelerini bulmak için çizilen log MA - Rf değeri grafiği. Standart proteinler: *E. coli* β -galaktozidaz (120 kDa), sığır serum albumin (85 kDa), tavuk yumurtası ovalbumin (50 kDa), sığır eritrosit karbonik anhidraz (35 kDa), inek sütü β -laktoglobulin (25 kDa).



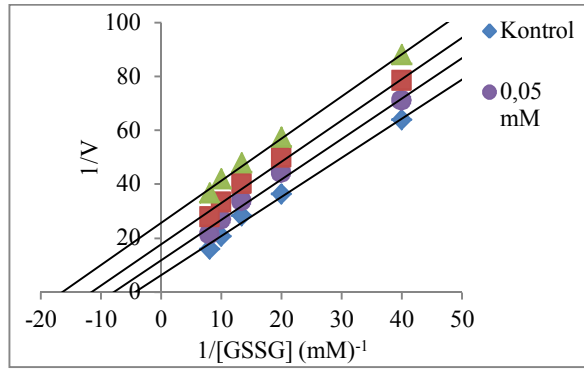
Şekil 3. Tavuk böbrek GR enzimi için 5 farklı $[Pb^{+2}]$ konsantrasyonunda elde edilen %Aktivite- $[Pb^{+2}]$ grafiği



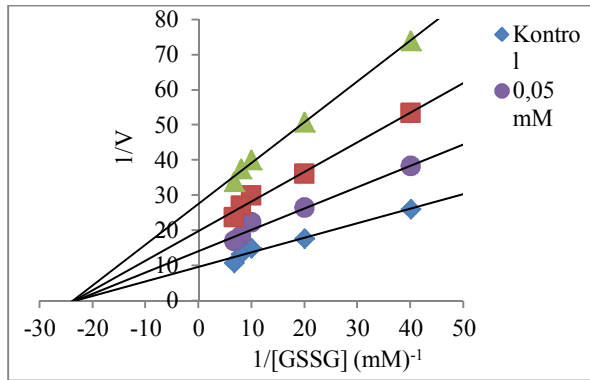
Şekil 4. Tavuk böbrek GR enzimi için 5 farklı $[Hg^{+2}]$ konsantrasyonunda elde edilen %Aktivite- $[Hg^{+2}]$ grafiği



Şekil 5. Tavuk böbrek GR enzimi için 5 farklı $[Al^{+3}]$ konsantrasyonunda elde edilen %Aktivite- $[Al^{+3}]$ grafiği



Şekil 6. Tavuk böbrek GR enzimi için 3 sabit $[Pb^{+2}]$ için 5 farklı substrat (GSSG) konsantrasyonlarında çizilen Lineweaver-Burk grafikleri



Şekil 7. Tavuk böbrek GR enzimi için 3 sabit $[Hg^{+2}]$ için 5 farklı substrat (GSSG) konsantrasyonlarında çizilen Lineweaver-Burk grafikleri

Tablo 2. Tavuk böbrek GR için % Aktivite-[I] ve Lineweaver-Burk grafiklerinden elde edilen IC_{50} değerleri, K_i sabitleri ve inhibisyon tipleri tablosu

Metaller	IC_{50} (mM)	Ortalama K_i (mM)	İnhibisyon tipi
Ni^{+2}	0,337	0,558±0,222	Yarışmasız
Zn^{+2}	0,191	0,100±0,026	Yarı yarışmalı
Pb^{+2}	0,168	0,077±0,015	Yarı yarışmalı
Hg^{+2}	0,187	0,101±0,007	Yarışmasız
Ag^{+}	0,289	0,416±0,110	Yarışmasız

4. Tartışma ve sonuç

Antioksidan bir enzim olan glutatyon redüktaz, çoğu organizmanın hücrel redoks metabolizmasında GSSG'nin indirgenmesinin sağlayarak hayati bir rol oynar. GSH redoks dengesinde, peroksitlerin, 2-oksoaldehitlerin ve ksenobiyotiklerin detoksifikasyonunda görev alır [52-57]. Antioksidan savunma sisteminin önemli bir bileşeni olan

GR hücrede serbest radikallerin lipid, protein ve DNA üzerinde oluşturduğu zararlı etkilerden korur [3].

Bu öneminden dolayı glutatyon redüktaz enzimi üzerine çok sayıda çalışma yapılmış, birçok kaynaktan saflaştırılmış ve biyokimyasal özellikleri incelenmiştir [5-31]. Bizim yaptığımız bu çalışmada tavuk böbrek dokusundan saflaştırılan GR enzimi üzerine bazı metal iyonlarının inhibisyon etkisi incelendi.

Tablo 1'den görüldüğü gibi spesifik aktivitesi 8,595 EÜ/ml olan tavuk böbrek GR enzimi, ~ % 57 verimle 369 kat saflaştırıldı. Elde edilen bu veriler literatürdeki değerlerle karşılaştırıldığında yeterli verim ve saflaştırma katsayısına ulaşılmış olduğu söylenebilir [5-19]. Şekil 1'de görüldüğü gibi 2 ve 3 numaralı kuyucuklarda enzim için SDS-PAGE'de tek bant elde edilmiştir. Bu tek banttandır enzimin tam olarak saflaştırıldığı görülmektedir. Şekil 1'deki standartlardan faydalanılarak çizilen şekil 2'den enzimin mol kütlesi ~ 92 kDa olarak bulundu. Bulunan bu değer literatürdeki değerlerle karşılaştırıldığında çoğu GR enzimlerinden farklı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla tavuk böbrek GR enzimi, diğer kaynak dokulardan saflaştırılmış GR enzimleri ile izoenzim olabilir veya alt birimlerinin sayısı farklı olabilir [58-64].

Bu çalışmada ayrıca GR enzimi aktivitesi üzerine Pb^{+2} , Hg^{+2} , Zn^{+2} , Ag^{+} ve Ni^{+2} metal iyonlarının inhibisyon etkileri araştırıldı. Tablo 2'den görüldüğü gibi bu iyonların IC_{50} değerlerinin ve K_i sabitlerinin küçükten büyüğe doğru sıralanışı Pb^{+2} , Hg^{+2} , Zn^{+2} , Ag^{+} ve Ni^{+2} şeklindedir. Dolayısıyla enzimi en güçlü şekilde inhibe eden Pb^{+2} iyonudur. Pb^{+2} den sonra sırasıyla Hg^{+2} , Zn^{+2} , Ag^{+} ve Ni^{+2} iyonları gelmektedir. Özellikle Pb^{+2} ve Hg^{+2} 'nin enzimi güçlü bir şekilde inhibe ettiği IC_{50} değerleri ve K_i sabitlerinin küçük olmasından çıkarılabilir. Buna ilaveten bu metal iyonları için inhibisyon tipleri de belirlendi. Pb^{+2} ve Hg^{+2} enzimi yarı yarışmalı inhibe ederken, Hg^{+2} , Ag^{+} ve Ni^{+2} iyonlarının ise yarışmasız olarak enzimi etkilediği söylenebilir. Literatür araştırmalarında söz konusu metal iyonlarıyla ilgili olarak yapılan bazı çalışmalarda benzer sonuçların elde edildiği tarafımızdan tespit edildi [63,65-67].

Teşekkür

Bu çalışma Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri birimi tarafından BAP-718-184-2014' nolu proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Müler F., Chemistry & Biochemisry of Flavoenzymes; Williams C.H., Ed.; CRC Pres: Boca Raton, Florida, 121-211, 1992.
- [2] Gül M., Kutay F.Z., Temocin S., Hanninen O., Cellular and clinical implications of glutathione. Indian J. Exp.Biol., 38, 625-634, 2000.
- [3] Wu G., Fang Y.Z., Yang S., Lupton J. R., Turner N.D., Glutathione Metabolism and Its Implications for Health. Journal of Nutrition, 134, 489-492, 2004.
- [4] Townsend D.M., Tew K.D., Tapiero H., The importance of glutathione in human disease. Biomed Pharmacother. 57(3-4), 145-55, 2003.
- [5] Worhingyon D. J., Rosemeyer M. A., Glutathione reductase from human erythrocytes. Molecular weight, subunit composition and aggregation properties. E. J.Biochem., 15, 60(2), 459-66, 1976.
- [6] Erat M., Purification of glucose 6-phosphate dehydrogenase and glutathione reductase enzymes using 2,5 -ADP Sepharose 4B affinity column material

- in single chromatographic step. *Protein Expr Purif.*, 34, 257–260, 2004..
- [7] Erat M., Çiftçi M., Effect of melatonin on enzyme activities of glutathione reductase from human erythrocytes in vitro and from rat erythrocytes in vivo. *European Journal of Pharmacology*, 537, 59–63, 2006.
- [8] Şentürk M., Gülçin İ., Çiftçi M., Küfrevioğlu Ö.İ., Dantrolene inhibits human erythrocyte glutathione reductase. *Biol. Pharm. Bull.*, 31(11), 2036–2039, 2008.
- [9] Akkemik E., Şentürk M., Özgeriş F.B., Taşer P., Çiftçi M., In vitro effects of some drugs on human erythrocyte glutathione reductase. *Turk J Med Sci*, 41 (2), 235-241, 2011.
- [10] Le Trang N., Bhargava K.K., Cerami A., Purification of glutathione reductase from gerbil liver in two steps. *Anal. Biochem.*, 133, 94–99, 1983.
- [11] Ereser B.T., Sığır Böbrek Korteksinden Glutatyon Redüktazın Saflaştırılması ve Bazı Özelliklerinin Saptanması. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010.
- [12] Erat M., Şakiroğlu H., Çiftçi M., Effects of some antibiotics on glutathione reductase from bovine erythrocytes. *Vet. Med. - Czech*, 48 (11), 305–312, 2003.
- [13] Ulusu N.N., Tandoğan B., Purification and kinetic properties of glutathione reductase from bovine liver. *Mol. Cell. Biochem.*, 303, 45–51, 2007.
- [14] Taşer P., Çiftçi M., Purification and characterization of glutathione reductase from turkey liver. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 36(5), 546-553, 2012.
- [15] Açı N.L., Tezcan E.F., Sheep brain glutathione reductase: purification and general properties, *FEBS Lett*, 250 (1), 72-74, 1989.
- [16] Boggaram V., Brobjer K.L., Mannervik B., Purification of glutathione reductase from porcine erythrocytes by the use of affinity chromatography on 2',5'-ADP-Sepharose 4B and crystallization of the enzyme. *Analytical Biochemistry*, 98, 335-340, 1979.
- [17] Can B., Glutatyon Redüktaz Enziminin Sığır Böbreğinden Saflaştırılması, Substrat ve İnhibitör Kinetiğinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010.
- [18] Carlberg C., Mannervik B., Glutathione reductase assays. Academic Press, Orlando, FL. *Methods in Enzymology*, 113, 484-495, 1985.
- [19] Adem Ş., Çiftçi M., Purification of rat kidney glucose 6-phosphate dehydrogenase, 6-phosphogluconate dehydrogenase, and glutathione reductase enzymes using 2',5'-ADP Sepharose 4B affinity in a single chromatography step. *Protein Expression and Purification*, 81, 1–4, 2012.
- [20] Erat M., Purification of 6-phosphogluconate dehydrogenase from chicken liver and investigation of some kinetic properties. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, 35, 53-69, 2005.
- [21] Asnis R.E., A glutathione reductase from *Escherichia coli*. *J. Biol. Chem.*, 213(1), 77-85, 1955.
- [22] McCallum M.J., Barrett J., Purification and properties of glutathione reductase from the cestode *Moniezia* expanse. *Int. J. Biochem. Cell. Biol.*, 27,393-401, 1995.
- [23] Yadav S.S., Srikanth E., Singh N., Rathaur S., Identification of GR and TrxR systems in *Setaria cervi*: Purification and characterization of glutathione reductase. *Parasitology International*, 62, 193–198, 2013.
- [24] Patel M.P., Marcinkeviciene, J., Blanchard J.S., *Enterococcus faecalis* glutathione reductase: Purification, characterization and expression under normal and hyperbaric O₂ conditions. *FEMS Microbiology Letters*, 166, 155-163, 1998.
- [25] Libreros-Minotta C.A., Pardo J.P., Mendoza-Hernandez G., Rendon J.L., Purification and characterization of glutathione reductase from *Rhodospirillum rubrum*. *Arch. Biochem. Biophys.*, 298, 247–253, 1992.
- [26] Jiang F., Hellmans U., Stroga E., Bergman B., Mannervik B., Cloning, sequencing and regulation of the glutathione reductase gene from the *Cyanobacterium anabaena* PCC 7120. *The Journal of Biological Chemistry*, 270 (39), 22882-22889, 1995.
- [27] Arias D.G., Marquez V.E., Beccaria A.J., Guerrero S.E., Iglesias A.A., Purification and characterization of a glutathione reductase from *phaeodactylum tricornutum*. *Protist*, 161, 91–101, 2010.
- [28] Arscott L.D., Veine D.M., Williams C.H., Jr. Mixed disulfide with glutathione as an intermediate in the reaction catalyzed by glutathione reductase from yeast and as a major form of the enzyme in the cell. *Biochemistry*. 39(16), 4711-21, 2000.
- [29] Lamotte F., Vianey-Liuau N., Duviol M.P., Korehel K., Glutathione reductase in wheat grain. 1. Isolation and characterization. *J. Agric. Food Chem.*, 48, 4978-4983, 2000.
- [30] Mahan J.R., Burke J.J., Purification and characterization of glutathione reductase from corn mesophyll chloroplast. *Physiol. Plant.*, 71, 352-358, 1987.
- [31] Mullineaux P., Enard C., Hellens R, Creissen G., Characterization of glutathione reductase gene and its genetic locus from pea (*Pisum sativum* L.). *Planta*, 200, 186-194, 1996.
- [32] Molavi B., Mehta J.L., Oxidative stress in cardiovascular disease: molecular basis of its deleterious effects, its detection, and therapeutic considerations. *Curr Opin Cardiol.*, 19(5), 488-93, 2004.
- [33] Valko M., Morris H., Cronin M.T., Metals, toxicity and oxidative stress. *Curr. Med. Chem.* 12(10), 1161-208.
- [34] Garner, L.A., 2004. Contact dermatitis to metals. *Dermatol. Ther.*, 17, 321–327, 2005.
- [35] Costa M., Davidson T.L., Chen H., Ke Q., Zhang P., Yan Y., Huang C., Kluz T., Nickel carcinogenesis: epigenetics and hypoxia signaling. *Mutat. Res.*, 592, 79-88, 2005.
- [36] Athar M., Hasan S.K., Srivastava R.C., Evidence for the involvement of hydroxyl radicals in nickel mediated enhancement of lipid peroxidation:

- implications for nickel carcinogenesis. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 147, 1276–1281, 1987.
- [37] Misra M., Rodriguez R.E., Kasprzak K.S., Nickel induced lipid peroxidation in the rat: correlation with nickel effect on antioxidant defense systems. *Toxicology.*, 64, 1–17, 1990.
- [38] Shainkin-Kestenbaum R., Caruso C., Berlyne G.M., Effect of nickel on oxygen free radical metabolism. Inhibition of superoxide dismutase and enhancement of hydroxydopamine autoxidation. *Biol. Trace. Elem. Res.*, 28, 213-21, 1991.
- [39] Kalliri E., Grzycka P.K., Hausinger R.P., Kinetic and spectroscopic investigation of CoII, NiII, and N-oxalylglycine inhibition of the FeII/alpha-ketoglutarate dioxygenase, *TauD*. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 338, 191-7, 2005.
- [40] Romero C.S., Olmo R., Teijon C., Blanco M.D., Teijon J.M., Romero A., Structural and functional implications of the hexokinase-nickel interaction. *J. Inorg. Biochem.*, 99, 2395-402, 2005.
- [41] Mahmoudi A., Nazari K., Mohammadian N., Moosavi-Movahedi A.A., Effect of Mn²⁺, Co²⁺, Ni²⁺, and Cu²⁺ on horseradish peroxidase: activation, inhibition, and denaturation studies *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 104, 81-94, 2003.
- [42] Wu W., Graves L.M., Jaspers I., Devlin R.B., Reed W., Samet J.M., Activation of the EGF receptor signaling pathway in human airway epithelial cells exposed to metals. *Am. J. Physiol.*, 277, 924-31, 1999.
- [43] Haase H., Maret W., Intracellular zinc fluctuations modulate protein tyrosine phosphatase activity in insulin/insulin-like growth factor-1 signaling. *Exp. Cell Res.*, 291, 289–298, 2003.
- [44] Perry D.K., Smyth M.J., Stennicke H.R., Salvesen G.S., Duriez P., Poirier G.G., Hannun Y.A., Zinc is a potent inhibitor of the apoptotic protease, caspase-3. A novel target for zinc in the inhibition of apoptosis. *J. Biol. Chem.*, 272, 18530-3, 1997
- [45] Walther U.I., Wilhelm B., Walther S.C., Muckter H., Forth W., Effect of zinc chloride on GSH synthesis rates in various lung cell lines. *In Vitro Mol Toxicol.*, 13(2), 145-52, 2000.
- [46] Mize C.E., Langdon R.G., Hepatic glutathione reductase. I. Purification and general kinetic properties. *J. Biol. Chem.*, 237, 1589-95, 1962.
- [47] Bishop G.M., Dringen R., Robinson S.R., Zinc stimulates the production of toxic reactive oxygen species (ROS) and inhibits glutathione reductase in astrocytes. *Free Radic. Biol. Med.*, 42, 1222-30, 2007.
- [48] Bradford M.M., A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248, 1976.
- [49] Ninfali P., Orsenigo T., Barociani L., Rapa S., Rapid purification of glucose 6-phosphate dehydrogenase from mammal's erythrocytes. *Preparative Biochemistry*, 20, 297-309, 1990.
- [50] Morelli A., Benatti U., Gaetani G.F., De Flora A., Biochemical mechanisms of glucose 6-phosphate dehydrogenase deficiency. *Proc Natl Acad Sci.*, 75, 4-9, 1978.
- [51] Laemmli DK, Cleavage of structural proteins during in assembly of the head of bacteriophage. *T Nature*, 227, 680-683, 1970.
- [52] Karplus PA, Krauth-Siegel RL, Schirmer RH, and Schulz GE., Inhibition of human glutathione reductase by the nitrosourea drugs 1,3-bis(2-chloroethyl)-l-nitrosourea and 1-(2-chloroethyl)-3-(2-hydroxyethyl)-l-nitrosourea. *Eur J Biochem.*, 171, 193-198, 1988
- [53] Nordhoff A., Bücherler U.S., Werner D. And Schirmer R.H., Folding of the four domains and dimerization are impaired by the Gly446--Glu exchange in human glutathione reductase. Implications for the design of antiparasitic drugs. *Biochemistry*, 32, 4060-4066, 1993.
- [54] Boehme C.C., Arscott L.D., Becker K., Schirmer R.H. and Williams C.H., Kinetic characterization of glutathione reductase from the malarial parasite *Plasmodium falciparum* Comparison with the human enzyme. *J. Biol. Chem.*, 275, 37317-37323, 2000.
- [55] Irlor A., Bechthold E., Davioud-Charvet E., Hofman V., Reau R., Gromer S., Schirmer R.H., and Becker K., In *Flavins and Flavoproteins* (Chapman, S., Perham, R., and Scrutton, N., eds), Agency for Scientific Publications, Berlin, pp., 803-815, 2002.
- [56] Savvides S.N., Scheiwein M., Böhme C.C., Arteil G.E., Karplus P.A., Becker K. and Schirmer, R.H., Crystal structure of the antioxidant enzyme glutathione reductase inactivated by peroxynitrite. *J. Biol. Chem.*, 277, 2779-2784, (2002).
- [57] Becker K., Herold-Mende C., Park J.J., Lowe G., and Schirmer, R.H., Human Thioredoxin Reductase is efficiently inhibited by (2,2':6',2''Terpyridine)platinum(II) complexes. Possible implications for a novel antitumor strategy *J. Med. Chem.*, 44, 2784-2792, 2001.
- [58] Becker K., Rahlfs S., Nickel C. and Schirmer R.H., Glutathione-function and metabolism in the malarial parasite *Plasmodium falciparum*. *Biol. Chem.*, 384, 551-566, 2003.
- [59] López-Barea J., Lee C., Mouse-Liver Glutathione Reductase Purification, Kinetics, and Regulation. *Eur. J. Biochem.*, 98, 487-499, 1979.
- [60] Erat M., Demir H. and Şakiroğlu H., Purification of glutathione reductase from chicken liver and investigation of kinetic properties. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 125, 127- 138, 2005.
- [61] Tekman B., Glutatyon Redüktaz Enziminin Gökkuşuğu Alabalık Karaciğerinden Saflaştırılması ve Karakterizasyonu ve Bazı Metallerin Enzim Aktivitesi Üzerine İnhibisyon Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 2007.
- [62] Taşer, P. Glutatyon Redüktaz Enziminin Hindi Karaciğerinden Saflaştırılması ve Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 2010.
- [63] Tekman B., Özdemir H., Şentürk M., Çiftci M., Purification and characterization of glutathione reductase from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) liver and inhibition effects of metal ions on enzyme activity. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*, 148, 117-121, 2008.

- [64] Adem S., Sıçan Kalp ve Akciğer Dokularından Glukoz 6-fosfat Dehidrogenaz, 6-Fosfoglukonat Dehidrogenaz ve Glutatyon Redüktaz Enzimlerinin Saflaştırılması, Karakterizasyonu ve Kotinin ve Bazı İlaçların Bu Enzimlerin Aktiviteleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Erzurum, 2011.
- [65] Coban T.A., Senturk M., Ciftci M., Kufrevioglu O.I., Effects of some metal ions on human erythrocyte glutathione reductase: an in vitro study. *Prot. Peptide Letters*, 14, 1027–1030, 2007.
- [66] Tandogan B, Ulusu NN., Comparative in vitro effects of some metal ions on bovine kidney cortex glutathione reductase. *Prep Biochem Biotechnol.*, Oct; 40(4): 405-11, 2010.
- [67] Ekinci D., and Şentürk, M., Assesment of metal inhibition of antioxidant enzyme glutathione reductase from rainbow trout liver. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 28 (1), 11-15, 2013.



Türk Doğa ve Fen Dergisi
Turkish Journal of Nature and Science

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



Aşılı ve aşısız patlıcan bitkilerinin tuzlu koşullardaki bazı fizyolojik ve verime yönelik parametreleri üzerinde incelemeler

Sevinç KIRAN^{*1}, Çağla ATEŞ¹, Şebnem KUŞVURAN², Şeküre Şebnem ELLİALTIOĞLU³

Özet

Bu çalışmada, aşılama yönteminin patlıcanda tuz stresinin zararlı etkilerini azaltma üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla farklı anaç/kalem kombinasyonları denenmiştir. Bitkisel materyal olarak, 4 patlıcan genotipi (tuza tolerant: Mardin Kızıltepe, Burdur Merkez; tuza duyarlı: Artvin Hopa ve Kemer) ve 2 anaç (Köksal-F₁, Vista-306) çeşit kullanılmıştır. Araştırma; sıcaklık ve nem kontrolü otomatik olarak sağlanan cam serada yürütülmüş, 6 dSm⁻¹ NaCl solüsyonu ile sulama yapılarak tuz stresi meydana getirilmiştir. Yetiştirme dönemi sonunda tüm saksılardan alınan bitki örneklerinde stoma iletkenliği, yaprak su potansiyeli (YSP), toplam verim, ortalama meyve ağırlığı ve meyve çapı özellikleri belirlenmiştir. Tuz stresinden en fazla zarar gören materyal aşısız bitkiler olmuştur. Ticari anaçlar üzerine aşılama yapıldığında, tuz stresinin zararı hafiflemiştir. Aşılama, bitki başına toplam verim, ortalama meyve ağırlığı ve meyve çapı özellikleri bakımından tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmıştır. Kalem olarak kullanılan materyal tuza tolerant ise, bu etki daha da belirgin olmuştur. Çalışma sonucunda; aşılamanın, kullanılan anaca ve kalemin genotipine bağlı olarak tuzluluğun olumsuz etkilerini azalttığı ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Aşılama; *Solanum melongena*; stoma iletkenliği; tuzluluk; verim

Investigations on some physiological and yield parameters of grafted and non-grafted eggplants under saline conditions

Abstract

The decrease in the harmful effects caused by salinity stress when eggplants were grafted was investigated. For this purpose, different rootstock/scion combinations were tested. As plant materials, 4 eggplant scion genotypes (salt tolerant: Mardin Kızıltepe, Burdur Merkez; Salt sensitive: Artvin Hopa and Kemer) and 2 varieties of rootstock (Köksal-F₁, Vista-306) were used in the study. The study was carried out in a glass greenhouse where the temperature and humidity were regulated automatically (temperature of 25°C, 50-55% humidity). By watering the plants with 6 dSm⁻¹ NaCl solution, salinity stress was acquired. By the end of the growth period the stomatal conductance, the leaf water potential (LWP), the total yield, the average fruit weight and fruit dimension were determined for the plant samples in all of the plant pots. Plants that were not grafted, were the materials that had the most damage from salinity stress. When grafting was carried out on commercial rootstocks, the harmful effect of salinity stress decreased. Grafting on rootstocks decreased the negative effect caused by salinity stress on the total yield per plant, the average fruit weight, and fruit dimensions. If the material used as a scion was salt tolerant, this effect was even more distinct. At the end of the study, it was determined that grafting on to the rootstocks, the rootstock used, and the genotype of the scion, resulted in the decrease of negative effects related to salinity stress.

Keywords: Grafting; *Solanum melongena*; stomatal conductance; salinity; yield

1. Giriş

Artan dünya nüfusu ve beraberinde getirdiği gıda ihtiyacı mevcut tarım alanlarının yoğun şekilde kullanımını gerektirmektedir. Yoğun arazi kullanımı ise daha fazla sulama yapılması anlamına gelmektedir. Fakat sulama suyu toprağa bitkilerin kullandığından daha fazla tuz getirmekte

ve sonuç olarak toprak tuzluluğu sulama ile birlikte artma eğilimi göstermektedir [1]. Kurak ve yarı kurak bölgelerde yetersiz yağıştan dolayı çözünebilir tuz bileşikleri özellikle sıcak ve yağışsız olan dönemlerde, tuzlu taban sularının kılcal yükselmesi sonucu toprak yüzeyine kadar ulaşabilmektedir [2]. Sularda ve toprakta tuz konsantrasyonunun artmasıyla bitkinin topraktan su alımı güçleşmekte, bitkinin yaşamı için hasar verici etkilere neden olmaktadır. İyon dengesi, su durumu, mineral beslenme, stomatal hareketler, fotosentez etkinliği, karbon dağılımı ve kullanımındaki değişiklikleri içeren çeşitli fizyolojik olaylar sonucunda bitki büyüme ve gelişimi yavaşlamaktadır.

¹ Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, 06172 Ankara-Türkiye

² Çankırı Karatekin Üniversitesi, Kızılırmak Meslek Yüksekokulu, 18100 Çankırı, Türkiye

³ Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 06100 Ankara, Türkiye

*Sorumlu yazar E-posta: sevinckiran@tgae.gov.tr

Fotosentetik CO₂ asimilasyon oranı genellikle tuzluluk ve kuraklık koşulları altında azalmaktadır. Yüksek dozdaki tuzlar, bitki köklerinin çevresinde yoğun bir ozmotik etki meydana getirmekte, bu da bitkide stomatal iletkenliğin azalmasını neden olmaktadır. Sonuç olarak karboksilasyon için CO₂'nin kullanılabilirliği kısıtlanmakta ve fotosentez kapasitesi düşmektedir [3, 4]. Stoma iletkenliği, bitkilerin tuzluluğa karşı verdiği tepkiyi en belirgin ve kesin olarak ölçebilen bir parametredir [4]. Transpirasyona yanıt olarak yaprak dokusunda meydana gelen su kaybı, su potansiyelindeki düşüşle birlikte ozmotik potansiyelde de düşüşle sonuçlanmaktadır [5, 6]. Ozmotik potansiyeldeki değişime bağlı olarak ortaya çıkan yaprak su potansiyeli ise; stoma iletkenliğinde olduğu gibi büyüme ve gelişme ile stres dayanıklılık konusunda önemli bir gösterge olup stoma iletkenliğiyle birlikte değerlendirilebilir. Bitkilerin tuzluluk stresine olan tepkileri, stoma iletkenliği, yaprak su potansiyeli gibi fizyolojik ölçüm teknikleri kullanılarak değerlendirilmektedir. Bu parametreler tuzluluk gibi abiyotik stres ile ilgili çalışmalarda etkin bir şekilde kullanılmaktadır [7]. Tuzluluğun bitkiler üzerinde gelişmeyi kısıtlamasını takip eden ve tarımsal üretim bakımından en önemli etkiye sahip olan olumsuz etkisi ise nihai olarak verimdeki azalmalardır [8-10].

Tuzlu koşullarda yetiştiricilik yapmaya devam edebilmek amacıyla yapılan uygulamalar ve alınan önlemlerin ekonomik olmaması, kısa vadeli çözümler sunması nedeniyle uygulanabilir ve kalıcı yöntemlerin geliştirilmesi yönünde çalışmalar devam etmektedir. Tuzluluk sorununun olduğu alanlarda bu abiyotik stres faktörüne toleransı yüksek bitki tür ve çeşitlerinin seçilmesi, yeni çeşitlerin geliştirilmesi, tuza toleransı artırmaya yönelik teknik uygulamalara öncelik verilmesi gerekmektedir.

Aşılama, genel olarak bitkilerin toprak kökenli biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanımını artıran etkin ve olumlu uygulamalardan biridir. Dayanımı yüksek anaçlar üzerine aşılı bitkilerin, tuz stresi altında yetiştirildiğinde su potansiyellerini daha iyi koruyarak, daha yüksek biyomas ve verim değerlerine sahip olduğu bilinmektedir [11, 12].

Ülkemizdeki orta derecede tuzluluğa sahip topraklarda yetiştiriciliği yapılan, yıllık üretim değeri 805 259 ton olarak üretimi gerçekleştirilen patlıcan [13], tuza orta derecede tolerans gösteren bir türdür [14]. Patlıcanda zengin genetik çeşitliliğe sahip olan ülkemizde son yıllarda üretim miktarında azalmalar yaşanmakta olup verim ve kalite kayıplarının bir kısmı da tuzluluk başta olmak üzere olumsuz çevre koşullarından kaynaklanmaktadır. Aşılamanın başarı ile uygulandığı türlerden birisi olan patlıcanda, strese toleransı yüksek anaç/kalem kombinasyonlarının kullanılması, abiyotik kısıtlayıcı stres faktörleri altında yetiştiriciliğin sürdürülebilmesi için iyi bir alternatif olarak görülebilir. Burada sonuçları sunulan çalışmanın amacı; tuza toleransı yüksek ticari anaçlar üzerine, tuza tolerat ve hassas patlıcan (*Solanum melongena* L.) genotiplerine ait kalemler aşılansız ve aşılama yapılmaksızın elde edilen bitkilerin tuz stresine karşı göstermiş oldukları tepkilerin araştırılmasıdır. Bu amaçla farklı anaç/kalem kombinasyonlarının tuz stresi altında stoma iletkenliği, yaprak su potansiyeli ile birlikte verim, ortalama meyve ağırlığı ve meyve çapında meydana gelen değişimler incelenmiştir.

2. Materyal ve Metod

2.1. Bitkisel materyal ve yetiştirilmesi

Araştırmada, kuraklık ve tuz streslerine dayanım durumları önceden belirlenmiş yerli patlıcan genotipleri (tolerant Mardin Kızıltepe (MK) ve Burdur Merkez (BM) ile

duyarlı Artvin Hopa (AH) ve Kemer (K) [15, 16] tuza tolerat yabani kökenli ticari Köksal F₁ ve Vista patlıcan anaçlarına [17] ait bitkiler kullanılmıştır. 4 farklı kalem genotipi, 2 adet ticari anaç üzerine aşılansız toplam 8 adet anaç/kalem kombinasyonu oluşturulmuştur. Kalem olarak kullanılan genotipler ayrıca aşısız, kendi kökleri üzerinde de yetiştirilmiştir. Araştırma sıcaklık ve nem kontrolünün otomatik olarak sağlandığı cam serada yürütülmüştür (gündüz/gece: 25/18°C sıcaklık, %50-60 oransal nem). Tohumlar 2:1 oranında torf:perlit karışımı içeren yivlere ekilmiş, 2 gerçek yapraklı hale gelen fideler tüp aşılama (tube-grafting) yöntemi ile aşılansızdır. Aşılı ve aşısız 2-3 gerçek yapraklı fideler 39x35 cm boyutlarında 35 L hacme sahip, içinde toprak bulunan (kum: %48.9, silt: %17.5, kil: %33.6, hacim ağırlığı 1.26 g/cm³, tarla kapasitesi: %19.78, solma noktası: %10.62, EC: 1.28 dS/m, pH:7.75) PE saksılara her saksıda bir bitki olacak şekilde 22 Mayıs 2015 tarihinde dikilmişlerdir. Toprak analiz sonuçlarına göre, saksılara dikim aşamasında 10 kg/da fosfor ve 7 kg/da azot (diamonyum fosfat ve üre formunda), çiçeklenme döneminde ise 3 kg/da azot (üre formunda) verilmiştir.

2.2. Tuz uygulamaları

Fideler 4-5 gerçek yapraklı oldukları dönemde tuz stresinin oluşturulması için tuz uygulamalarına başlanmıştır. Bu aşamaya kadar tüm bitkiler çeşme suyu (EC: 0.20-0.70 dS/m, pH: 6.8-7.10) ile tarla kapasitesi düzeyinde sulanmışlardır. Tuz uygulamalarının (T₁) yapıldığı bitkilere yetiştirme periyodu boyunca 6 dSm⁻¹ tuz seviyesinde sulama suyu verilmiş ve bunun için NaCl'den yararlanılmıştır. Kontrol bitkileri (T₀) çeşme suyu ile tarla kapasitesi düzeyinde sulanırken, tuz konusunda bitkiler serbest drenaj koşullarında (tarla kapasitesi + %20 yıkama suyu) sulanmışlardır. Topraktaki nem miktarı ağırlık esasına göre belirlenmiştir. Buna göre tarla kapasitesindeki ağırlıkları bilinen saksılar tartılmış, eksilen kullanılabilir su, konulara göre saksılara verilerek tamamlanmıştır.

2.3. Ölçümler

Tuz uygulamasına başladıktan 20 gün sonra bitkilerde 15 gün ara ile stoma iletkenliği ve YSP ölçülmüştür. Stoma iletkenliği rastgele belirlenen aynı yapraklarda SC-1 model Decagon Devices marka yaprak porometresi ile, YSP ise basınç odası cihazından (Model 1000, PMS Instrument Com., Albany, USA) yararlanılarak ölçülmüştür. Ölçümler gün içerisinde aynı zaman diliminde (saat 13:00-14:00 arası) yapılmıştır [18]. Toplam verim her konuda ilk hasattan (tuz uygulamasına başladıktan 51 gün sonra) son hasat tarihine (tuz uygulamasına başladıktan 85 gün sonra) kadar olan süreç içerisinde toplanan meyveler tartılarak belirlenmiştir. Elde edilen değerler toplanarak toplam verim (kg/bitki) hesaplanmıştır. Ortalama meyve ağırlığı (g), her konuda hasat edilen tüm meyvelerin ağırlıkları meyve sayısına bölünerek hesaplanmıştır. Ortalama meyve çapı (mm) için, her konuya ait hasat edilen meyvelerin çapı dijital kumpas ile ölçülerek ve ortalaması alınmıştır.

2.4. Denemenin değerlendirilmesi

Çalışma tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak yürütülmüş ve değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiksel değerlendirmelerde MSTAT-C programı kullanılmıştır [19].

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Stoma iletkenliği

Tuz stresi altında stoma iletkenliği bakımından patlıcan genotipleri arasında “kalem x anaç x uygulama” interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$) (Tablo 1). Tuz stresi ile birlikte aşılı ve aşısız tüm bitkilerin kontrol bitkilerine göre daha düşük stoma iletkenliklerine sahip oldukları görülmüştür. Tuzlu koşullarda en yüksek stoma iletkenliği Köksal- F₁/Burdur Merkez’de (189.44 mmol/m²s), en düşük stoma iletkenliği ise Köksal-F₁/Artvin Hopa uygulamasında (132.69 mmol/m²s) belirlenmiştir. Değişim oranı bakımından incelendiğinde; aşısız genotiplerinde ortaya çıkan azalma oranları aşılı olanlara göre yüksek çıkmıştır. Buna göre Köksal-F₁/Mardin Kızıltepe (%5.85), Vista-306/Artvin Hopa (%14.87), Köksal-F₁/Kemer (%17.54) ve Köksal-F₁/Burdur Merkez (%17.69) kontrole göre stoma iletkenliğindeki azalma bakımından en az değişim gösteren kombinasyonlar olmuştur. Tuz uygulaması, fizyolojik kuraklık etkisi oluşturarak daha düşük gaz değişim oranının ortaya çıkmasına yol açmış, buna bağlı olarak stoma iletkenliği azalmıştır [20, 21]. Tuz stresi altında aşılı bitkilerin aşısızlara göre stoma iletkenliklerini daha iyi korudukları görülmüştür. Martínez-Ballesta ve Ark. [22] da, domateste aşılı bitkilerin tuz stresi altında yaprak su potansiyellerinin ve stoma iletkenliklerinin daha yüksek bulunduğunu kaydetmişlerdir. Su alım kapasitesinin anaçlarda yüksek olması, bunun en önemli nedeni olarak gösterilmektedir. Nitekim stoma iletkenliğinin tuz stresi koşullarında aşılı kabak ve domateste aşısızlara göre daha yüksek olduğuna ilişkin başka çalışmalar da mevcuttur [12, 23].

3.2. Yaprak su potansiyeli

Su noksanlığı, bitki su potansiyelinin ve yaprak oransal su içeriğinin düşmesi ile kendini belli etmektedir. Çalışmamızda yüksek tuz konsantrasyonunun neden olduğu fizyolojik kuraklık etkisiyle birlikte oluşan su noksanlığının ortaya çıkışını saptayabilmek amacıyla yaprak su potansiyeli verilerinden yararlanılmıştır. Tuz uygulaması, genotiplere göre değişimle birlikte bitkilerin yaprak su potansiyellerinde kontrol uygulamalarına göre azalmalara yol açmış, “kalem x anaç x uygulama” interaksyonu üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Tuz uygulaması altında en yüksek yaprak su potansiyeli aşısız Mardin Kızıltepe genotipinde -16.25 bar olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Yaprak su potansiyelindeki % değişimin az olması bitkinin stres koşuluna dayanımının yüksek olduğuna yönelik bir ipucu vermektedir. Bu bakımdan stoma iletkenliğine benzer şekilde aşılı genotiplerin yaprak su potansiyellerindeki oransal değişim aşısız bitkilere göre daha az olmuş, en düşük oransal değişim %10.23 ile Vista-306/Artvin Hopa, %26.67 ile Vista-306/Kemer ve Köksal-F₁/Kemer’de belirlenmiştir. Yaprak su potansiyeli değerini koruma bakımından aşılamanın özellikle Artvin Hopa ve Kemer genotiplerinde oldukça etkin olduğu gözlemlenmiştir. Bitki bünyesine alınan tuzların kimyasal yapısı nedeniyle apoplast ve simplast taşınım sırasında su potansiyeli özelliği açısından dengesizliklerin ortaya çıkması nedeniyle yaprak su potansiyelinin azalabileceği bildirilirken Yokoi ve Ark. [24], Fernandez-Garcia ve Ark. [23], Kaymakanova ve Stoeva [25], Hossain ve Nonami [26], tuz stresinden yaprak su potansiyelinin olumsuz etkilendiğini, tolerans ile bu

özellik arasında bağlantı bulunduğunu belirtmektedirler. Ayrıca sonuçlarımızı destekler nitelikte El-Shraiy ve Ark. [27] aşılı hıyarda, Orsini ve Ark. [28] kavunda, tuz stresi altında yaprak su potansiyelinin aşısız olanlara göre daha yüksek bulunduğunu bildirmişlerdir. Bu durum, kuvvetli anaçlar üzerine aşılı bitkilerin daha yüksek bir su alım kapasitesine sahip olmaları ve böylece yaprak su potansiyellerini daha iyi korumaları sayesinde [22] veya daha yüksek ozmolit birikimi gerçekleştirmeleri suretiyle hücrelere su alımının yükselmesi ile ilgili olabilir [22, 29].

3.3. Toplam verim

Tuz stresi altında toplam verim açısından “kalem x anaç x uygulama” interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$) (Tablo 1). En yüksek verim kontrol grubu içerisindeki aşısız Burdur Merkez’de (394.05 g/bitki) belirlenmiştir. Tuz uygulaması stres karşısında patlıcan bitkisinde verimin azalmasına neden olmuş ve kontrole göre toplam verimdeki kayıp oranları bakımından aşısız bitkilerin değerlerinde ciddi oranlarda kayıplar ortaya çıkmıştır. Verimdeki kayıp, tuz stresine tolerant Burdur Merkez (%20.98) ve Mardin Kızıltepe’de (%34.55); hassas Artvin Hopa (%40.52) ve Kemer (%44.25)’e göre daha düşük oranda olmuştur. Tuz stresi altında aşılama ile verim kayıplarının azaldığı, aşılı bitkilerin aşısızlara göre daha yüksek verim değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Buna göre stres altında en düşük verim kayıpları %9.36 ile Köksal-F₁/Burdur Merkez ve %11.24 ile Köksal-F₁/Artvin Hopa aşılı kombinasyonlarında tespit edilmiştir. Bitkilere uygulanan yüksek NaCl konsantrasyonu, bitkide toksik seviyede klor birikimine dolayısıyla bitki gelişiminde azalmaya ve verim kaybına yol açmaktadır [30-33]. Aşılı bitki kullanımı tekniğinin tuzlu koşullarda verimi artırdığı Rivero ve Ark. [34], tarafından kanıtlanmıştır. Anaçların kuvvetli (vigor) kök sistemlerinin daha iyi su ve besin maddesi alabilmesi sayesinde verim kaybının aşılı bitkilerde daha az ortaya çıktığı [11], endojen hormonların daha fazla seviyelerde üretilmesiyle kalemin vigor özelliğinin arttığı [35], anaç kullanımı ile verim ve meyve özellikleri üzerine tuz stresinin olumsuz etkisinin hafifletilebileceği bildirilmiştir [36].

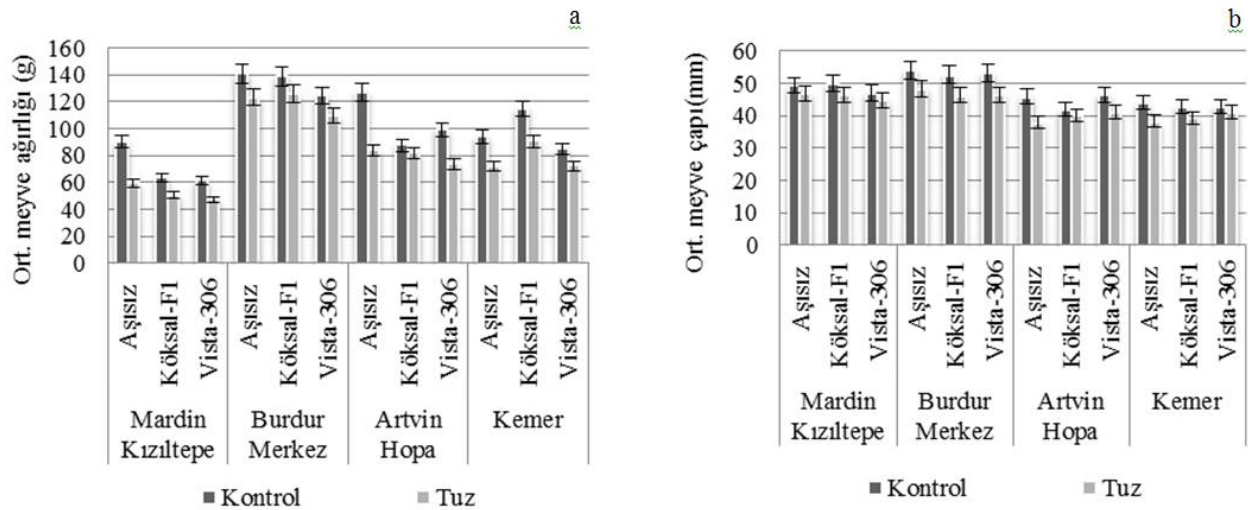
3.4. Ortalama meyve ağırlığı ve ortalama meyve çapı

Ortalama meyve ağırlıkları ve ortalama meyve çapları tuz stresinden olumsuz yönde etkilenmiş, “kalem x anaç x uygulama” interaksyonu ise önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). Tuz stresi karşısında aşılı ve aşısız genotipler farklı yanıtlar vermiş, ortalama meyve ağırlığı ve çaplarında kontrol bitkilerine oranla değişen oranlarda azalma meydana geldiği belirlenmiştir (Şekil 1a ve b). Elde edilen sonuçlar, tuz stresinin domateste ve hıyarda anaç kullanımının ortalama meyve ağırlığı ve meyve çapı üzerine olumsuz etkisini azaltabileceğini bildiren çalışmaların bulgularıyla paralellik göstermektedir [31, 37]. Khah ve Ark. [38] ile Turhan ve Ark. [39] da anaç kullanımının domateste verim ve meyve özelliklerini olumlu etkilediğini rapor etmektedir. Bu durum daha iyi su ve besin maddesi alma kapasitesine sahip anaçların pozitif etkileri olarak açıklanmaktadır. Bletsos ve Ark. [40] ve Passam ve Ark. [41], patlıcanda aşılamanın meyve büyüklüğünü artırıcı etki yaptığını, Gisbert ve Ark. [42], aşılamanın meyve genişliğini artırdığını belirlemiştir.

Tablo 1. Tuz stresi altında aşılı ve aşısız patlıcanların stoma iletkenliği ve yaprak su potansiyelinde meydana gelen değişimler

Kalem	Anaç	Uygulama	Stoma iletkenliği	Değişim	Yaprak su potansiyeli	Değişim	Toplam verim	Değişim
			mmol/m ² s	%	bar	%	g/bitki	%
MK	Aşısız	Kontrol	241.24 ^b		-11.72 ^j		413.33 ^{c-e}	
		Tuz	161.10 ^{fg}	-33.22	-16.25 ^{e-g}	38.69	270.52 ^{g-i}	-34.55
	Köksal-F ₁	Kontrol	182.17 ^{de}		-13.04 ^{ij}		212.54 ^{jk}	
		Tuz	171.51 ^{ef}	-5.85	-17.59 ^{c-e}	34.93	156.13 ^l	-26.54
	Vista-306	Kontrol	230.89 ^b		-15.62 ^{fg}		294.16 ^{gh}	
		Tuz	182.25 ^{de}	-21.06	-21.19 ^a	35.61	193.23 ^{kl}	-34.31
BM	Aşısız	Kontrol	228.91 ^b		-13.50 ^{hu}		498.67 ^a	
		Tuz	175.49 ^{de}	-23.34	-18.48 ^{cd}	36.91	394.05 ^{d-f}	-20.98
	Köksal-F ₁	Kontrol	230.17 ^b		-13.67 ^{hu}		416.23 ^{c-e}	
		Tuz	189.44 ^d	-17.69	-17.82 ^{c-e}	30.39	377.29 ^{ef}	-9.36
	Vista-306	Kontrol	179.49 ^{de}		-13.04 ^{ij}		459.93 ^b	
		Tuz	142.84 ^{hu}	-20.42	-17.11 ^{d-f}	31.21	368.64 ^f	-19.85
AH	Aşısız	Kontrol	286.51 ^a		-13.33 ^{ij}		308.30 ^g	
		Tuz	159.42 ^{fg}	-44.36	-19.30 ^{b-c}	44.79	183.37 ^{kl}	-40.52
	Köksal-F ₁	Kontrol	188.59 ^d		-15.25 ^{gh}		423.82 ^{b-d}	
		Tuz	132.69 ⁱ	-29.64	-20.84 ^{ab}	36.69	376.19 ^{ef}	-11.24
	Vista-306	Kontrol	210.40 ^c		-16.33 ^{e-g}		396.62 ^{d-f}	
		Tuz	179.12 ^{de}	-14.87	-18.00 ^{c-e}	10.23	263.41 ^h	-33.59
K	Aşısız	Kontrol	229.36 ^b		-13.40 ^{ij}		420.66 ^{b-d}	
		Tuz	143.60 ^{hi}	-37.39	-21.43 ^a	59.93	234.53 ^{ij}	-44.25
	Köksal-F ₁	Kontrol	179.43 ^{de}		-13.85 ^{hu}		457.39 ^b	
		Tuz	147.95 ^{gh}	-17.54	-17.54 ^{c-e}	26.67	271.52 ^{g-i}	-40.64
	Vista-306	Kontrol	234.08 ^b		-13.75 ^{hu}		447.90 ^{bc}	
		Tuz	179.40 ^{de}	-23.36	-17.42 ^{d-e}	26.67	289.85 ^{g-h}	-35.29
VK (%)			4.31		5.93			

Farklı harfler interaksyonlar (kalem x anaç x uygulama) arasındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05)
(MK: Mardin Kızıltepe, BM: Burdur Merkez, AH: Artvin Hopa, K: Kemer, VK: Varyasyon Katsayısı)

**Şekil 1.** Tuz stresi sonunda aşılı ve aşısız bitkilerin ortalama meyve ağırlığı (a) ile ortalama meyve çapları (b) (p>0.05)

4. Sonuçlar

Aşılı uygulamasının tuz stresine toleransın sağlanması bakımından etkilerinin incelendiği çalışmada, aşılı patlıcan genotiplerinin aşısız bitkilere oranla toplam verim, ortalama meyve ağırlığı ve çapı bakımından daha iyi bir performans gösterdiği belirlenmiştir. Ancak bu etki kullanılan anaca ve üzerine aşılı genotipe göre değişmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada, bitkilerin stres koşullarında tolerans seviyelerinin anlaşılması ve ayrıca stres koşullarına dayanımda aşılı ve aşısız bitkiler arasındaki farkın ortaya

konulabilmesi söz konusu olduğunda; stoma iletkenliği ve yaprak su potansiyeli parametrelerinin önemli bilgiler verdiği sonucuna ulaşılmıştır. Stres koşulları altında daha yüksek stoma iletkenliği ve yaprak su potansiyeli değerlerine sahip olan aşılı bitkilerin, aşısız bitkiler ile karşılaştırıldığında hem bitki dayanıklılığı, hem de verime yönelik özellikler bakımından öne çıktığı gözlemlenmiştir. Bu değerlendirmeler ışığında, tuz stresi koşullarında en az derecede olumsuz etkilenme gösteren, kontrol bitkilerine en

yakın sayısal değerler veren kombinasyonun 'Köksal-F₁/Burdur Merkez' anaç/kalem kombinasyonu olduğu görülmüştür. Çalışma sonucunda, uygun anaç ve kalem seçimi ile yapılacak aşı uygulamalarının ve aşılı fide kullanımının patlıcanda tuz dayanımının sağlanmasında etkili bir kültürel yöntem olabileceği kanaatine varılmıştır.

Kaynaklar

- [1] Rhoades J. D., Recent advances in the methodology for measuring and mapping soil salinity. Proc. International Symp. on Strategies for Utilizing Salt Affected Land, 17-25, Feb., Bangkok, Thailand, 1992.
- [2] Taghipour F., Salahi M., The study of salt tolerance of Iranian barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in seedling growth stages. *Biological Diversity and Conservation*, 1/2, 53-58, 2008.
- [3] Brugnoli E., Lauteri M., Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity, and carbon isotope discrimination of salt-resistant (*Gossypium hirsutum* L.) and salt-sensitive (*Phaseolus vulgaris* L.) C3 non-halophytes. *Plant Physiology*, 95, 628-635, 1991.
- [4] Munns R., Tester M., Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681, 2008.
- [5] Maggio A., Raimondi G., Martino A., De Pascale S., Salt stress response in tomato beyond the salinity tolerance threshold. *Environmental and Experimental Botany*, 59, 276-282, 2007.
- [6] Kuşvuran Ş., Effects of drought and salt stresses on growth, stomatal conductance, leaf water and osmotic potentials of melon genotypes (*Cucumis melo* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 7(5), 775-781, 2012.
- [7] Ashraf M., O'Leary J.W., Effect of drought stress on growth, water relations, and gas exchange of two lines of sunflower differing in degree of salt tolerance. *International Journal of Plant*, 157(6), 729-732, 1996.
- [8] Sade N., Gebretsadik M., Seligmann R., Schwartz A., Wallach R., Moshelion M., The role of tobacco aquaporin1 in improving water use efficiency, hydraulic conductivity, and yield production under salt stress. *Plant Physiology*, 152(1), 245-254, 2010.
- [9] Eisa S., Hussin S., Geissler N., Koyro H.W., Effect of NaCl salinity on water relations, photosynthesis and chemical composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.) as a potential cash crop halophyte. *Australian Journal of Crop Science*, 6(2), 357-368, 2012.
- [10] Turhan A., Ozmen N., Serbeci M.S., Seniz V., Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality. *Horticultural Science (Prague)*, 38(4), 142-149, 2011.
- [11] Ruiz J.M., Belakbir A., López-Cantarero I., Romero L., Leaf-macronutrient content and yield in grafted, melon plants. A model to evaluate the influence of rootstock genotype. *Scientia Horticulturae*, 71, 227-234, 1997.
- [12] Huang Y., Bie Z.L., Liu Z.X., Zhen A., Jiao X.R., Improving cucumber photosynthetic capacity under NaCl stress by grafting onto two salt-tolerant pumpkin rootstocks. *Biologia Plantarum*, 55 (2), 285-290, 2011.
- [13] FAO., Food and Agricultural Organization. Available at <http://faostat3.fao.org/browse/Q/C/E>. (Erişim tarihi: 27 Ağustos 2016), 2015.
- [14] Anonim, The use of saline waters for crop production - FAO irrigation and drainage paper, 48, 29-30, 1992.
- [15] Yaşar F., Tuz Stresi Altındaki Patlıcan Genotiplerinde Bazı Antioksidant Enzim Aktivitelerinin in vitro ve in vivo Olarak İncelenmesi. Yüzcüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), Van, 2003.
- [16] Kıran S., Özkay F., Kuşvuran Ş., Ellialtıoğlu Ş.Ş., Tuz Stresine Tolerans Seviyeleri Belirlenmiş Bazı Genotiplerin Kuraklık Stresine Tepkilerinin Belirlenmesi. Proje No: Tagem/A-02.P-04, Ankara, 2014.
- [17] Kıran S., Kuşvuran Ş., Özkay F., Özgün Ö., Sönmez K., Özbek H., Ellialtıoğlu Ş.Ş., Bazı Patlıcan Anaçlarının Tuzluluk Stresi Koşullarındaki Gelişmelerinin Karşılaştırılması. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8(1), 20-30, 2015.
- [18] Köksal E., Üstün H., İlbeyi A., Bodur yeşil fasulyenin sulama zamanı göstergesi olarak yaprak su potansiyeli ve bitki su stres indeksi sınır değerleri. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(1), 25-36, 2010.
- [19] Freed R., Einensmith S.P., Guets S., Reicosky D., Smail V.W., Wolberg P., User's guide to MSTAT-C, an analysis of agronomic research experiment. Michigan State University, USA, 1989.
- [20] Meloni D.A., Oliva M.A., Rui, H.A., Martinez C.A., Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 24, 599-612, 2001.
- [21] Romero-Aranda R., Soria T., Cuartero J., Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Science*, 160, 265-272, 2001.
- [22] Martinez-Ballesta M.C., Alcaraz-Lopez C., Murie, B., Mota-Cadenas C., Carvajal M., Physiological aspects of rootstock-scion interactions. *Scientia Horticulturae*, 127, 112-118, 2010.
- [23] Fernandez-Garcia N., Martinez V., Carvajal M., Effect of salinity on growth, mineral composition and water relations of grafted tomato plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 167, 616-622, 2004.
- [24] Yokoi S., Bressan R. A., Hasegawa P.M., Salt Stress Tolerance of Plants. JIRCAS Working Report, 25-33, 2002.
- [25] Kaymakanova M., Stoeva N., Physiological reaction of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) to salt stress. *General and Applied Plant Physiology*, 34 (3-4), 177-188, 2008.
- [26] Hossain M.M., Nonami H., Effect of salt stress on physiological response of tomato fruit grown in hydroponic culture system. *Horticultural Science*, 39(1), 26-32, 2012.
- [27] El-Shraiy A., Mostafa M.A., Zaghlool S.A., Shehata S.A.M., Alleviation of salt injury of cucumber plant by grafting onto salt tolerance rootstock. *Australian Journal of Basic and Applied Science*, 5(10), 1414-1423, 2011.
- [28] Orsini F., Sanoubar R., Öztekin G.B., Kappel N., Tepecik M., Quacquarelli C., Tüzel Y., Bona S., Gianquinto G., Improved stomatal regulation and ion partitioning boosts salt tolerance in grafted melon. *Functional Plant Biology*, 40, 628-636, 2013.
- [29] Yadav S., Irfan M., Ahmad A., Hayat S., Causes of salinity and plant manifestations to salt stress: A review. *Journal of Environmental Biology*, 32, 667-685, 2011.
- [30] Nieves M., Cerda A., Botella M., Salt tolerance of lemon scions measured by leaf chloride and sodium

- accumulation. *Journal of Plant Nutrition*, 14, 623-636, 1991.
- [31] Huang Y., Tan, R., Cao Q.L., Bie Z.L., Improving the fruit yield and quality of cucumber by grafting onto the salt tolerant rootstock under NaCl stress. *Scientia Horticulturae*, 122, 26-31, 2009.
- [32] Wan S., Kang Y., Wang D., Liu S.P., Effect of saline water on cucumber (*Cucumis sativus* L.) yield and water use under drip irrigation in North China. *Agriculture Water Management*, AGWAT-3097, 9, 2010.
- [33] Ünlükara A., Kurunc A., Duygukesmez G., Yurtseven E., Suarez D.L., Effects of salinity on eggplant (*Solanum melongena* L.) growth and evapotranspiration. *Irrigation and Drainage*, 59, 203-214, 2010.
- [34] Rivero R.M., Ruiz J.M., Sanchez E., Romero L., Does grafting provide tomato plants an advantage against H₂O₂ production under conditions of thermal shock. *Physiologia Plantarum*, 117, 44-50, 2003.
- [35] Leoni S., Grudina R., Cadinu M., Madeddu B., Garletti M.C., The influence of four rootstocks on some melon hybrids and a cultivar in greenhouse. *Acta Horticulturae*, 287, 127-134, 1990.
- [36] Rouphael Y., Cardarelli M., Colla G., Re, E., Yield, mineral composition, water relations, and water use efficiency of grafted mini-watermelon plants under deficit irrigation. *HortScience*, 43, 730-736, 2008.
- [37] Öztekin G.B., Aşılı Domates Bitkilerinde Tuz Stresine Karşı Anaçların Etkisi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. (Doktora Tezi), İzmir, 2009.
- [38] Khah E.M., Kakava E., Mavromatis A., Chachalis D., Goulas C., Effect of grafting on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in greenhouse and open-field. *Journal of Applied Horticulture*, 8, 3-7, 2006.
- [39] Turhan A., Seniz V., Kuscu H., Genotypic variation in the response of tomato to salinity. *African Journal of Biotechnology*, 8(6), 1062-1068, 2009.
- [40] Bletsos, F.A., Grafting and calcium cyanamide as alternatives to methyl bromide for greenhouse eggplant production. *Scientia Horticulturae*, 107, 325-331, 2003.
- [41] Passam H.C., Stylianou M., Kotsiras A., Performance of eggplant grafted on tomato and eggplant rootstocks. *European Journal of Horticultural Science*, 70, 130-134, 2005.
- [42] Gisbert C., Prohens J., Nue, F., Performance of eggplant grafted onto cultivated, wild, and hybrid materials of eggplant and tomato. *International Journal of Plant Production*, 5(4), 367-380, 2011.



Production of WCu electrical contact material via conventional powder metallurgy method: Characterization, mechanical and electrical properties

Ali Erçetin*¹, Kubilay Aslantaş²

Abstract

In this study, the effects of increase of sintering temperature and Cu amount on microstructure, mechanical and electrical properties of WCu electrical contact materials fabricated via conventional powder metallurgy (P/M) method were investigated. The powders obtained by adding copper at different ratios into the tungsten powders were cold pressed in a mold under 60 MPa pressure. Samples were sintered at 1000 °C and 1100 °C using three different compositions (W-%10wtCu, W-%20wtCu- and W-%30wtCu). Microstructures of the samples were investigated by scanning electron microscopy (SEM), energy dispersive x-ray spectroscopy (EDX) and x-ray diffraction (XRD) analysis. Mechanical properties were determined by measuring hardness values and electrical properties were determined by measuring electrical resistivity. When the effect of the copper ratio on the microstructure, mechanical and electrical properties is analyzed, the reduction in the amount of copper has a positive effect on the hardness, while the electrical conductivity is adversely affected. In addition, the application of the sintering temperature above the melting temperature of copper has been effective in increasing the hardness and electrical conductivity values.

Keywords: Powder metallurgy; tungsten-copper; microstructure; hardness, electrical resistivity

WCu elektrik kontak malzemesinin konvansiyonel toz metalurjisi yöntemiyle üretimi: Karakterizasyon, mekanik ve elektriksel özellikler

Özet

Bu çalışmada, geleneksel toz metalurjisi (T/M) yöntemiyle üretilen WCu elektrik kontak malzemelerinin mikroyapı, mekanik ve elektriksel özelliklerine bakır miktarı ve sinterleme sıcaklığı artışının etkileri incelenmiştir. Tungsten tozu içerisine farklı oranlarda bakır ilavesi yapılarak elde edilen tozlar bir kalıp içerisinde 60 MPa basınç altında soğuk preslenmiştir. Üç farklı kompozisyon (WCu 90/10, WCu 80/20 ve WCu 70/30) kullanılarak numuneler 1000 °C ve 1100 °C sıcaklıklarında sinterlenmiştir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM), enerji dağılımlı x-ışını spektroskopisi (EDX) ve x ışını kırınımı (XRD) analizleri ile numunelerin mikroyapıları incelenmiştir. Sertlik ölçümleri yapılarak mekanik özelliklerin belirlenmesi, elektriksel öz direnç ölçümleri yapılarak da elektriksel özelliklerin belirlenmesi sağlanmıştır. Bakır oranının mikroyapı, mekanik ve elektriksel özelliklerine etkisi analiz edildiğinde, bakır miktarındaki azalma sertliğe olumlu etki ederken, elektriksel iletkenliği olumsuz etkilemiştir. Ayrıca sinterleme sıcaklığının bakırın ergime sıcaklığının üzerinde uygulanması sertlik ve elektriksel iletkenlik değerlerinin yüksek çıkmasında etkili olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Toz metalurjisi; tungsten-bakır; mikroyapı; sertlik; elektriksel öz direnç

1. Introduction

Tungsten-copper (WCu) composites are used in many applications such as moving or stationary current-cutting electrical contact materials [1-4], heat sinks and electrodes due to its low thermal expansion coefficient, high thermal conductivity and high electrical conductivity properties [5-8]. Especially electrical contact materials are forced in the mechanical and electrical direction during the opening and

closing of the current. The high melting temperature, thermal and electrical conductivity of these materials is important to ensure integrity during operation [1-4].

Due to the high melting temperature of tungsten, high thermal and electrical conductivity of copper necessitate the use of these materials together. However, it has been proved that WCu composites are difficult to produce because W and Cu are not completely mixed in both solid and liquid phases. This is why powder metallurgy is the most effective way to produce WCu composites [8, 9]. Criteria such as mechanical alloying, mixing method and duration, pressing pressure and duration, sintering temperature, sintering time, applied heat

¹ Bingöl University, Faculty of Engineering and Architecture, Mechanical Engineering, 12000 Bingöl, Turkey

² Afyon Kocatepe University, Faculty of Technology, Mechanical Engineering, Afyonkarahisar, Turkey

*Sorumlu yazar E-posta: aliercetin@bingol.edu.tr

treatment are quite effective in the change of electrical, thermal conductivity and mechanical properties of materials produced through powder metallurgy method [5, 6, 10, 12]. The density changes and hardness values were positively affected by increasing the sintering temperature [13, 14]. Addition of alloying elements of Cu, Ag, Ni, Co also caused serious changes in mechanical, electrical, thermal and corrosion properties of materials [12-16].

From studies on tungsten-copper composites, W-Cu composites were prepared by mechanical alloying and the effect of the ball agitation time on density of the tungsten-copper composite was studied. In addition, the effects of Ni, Fe, Pd and Zn alloys on the thermal and electrical properties of W-Cu composites were investigated [17]. The prepared W-Cu composite blends were sintered in liquid phase at high temperature above the melting temperature of copper and more dense WCu composites were obtained [18]. Wettability between copper and tungsten was improved by the addition of Pd, Ni, Co, Fe and Zn to W-Cu composites [19-22]. While producing tungsten and copper (WCu) based composites, the effect of condensation in composite depending on sintering under high pressure was investigated on microstructure and micro hardness. The effect of the tungsten (W) particle size on the sintering density is also investigated [23]. In another study, it was generally stated that composites made of tungsten powders coated with Cu exhibited higher density, hardness, compressive strength and electrical conductivity than composites made from elemental powders [16].

The purpose of this study is to improve the mechanical and electrical properties of the WCu electrical contact materials used in many applications through P/M method.

2. Material and Method

WCu based mixtures were sintered at 1000 °C and 1100 °C temperatures in 3 different composites and 6 samples were produced. The weight percent (%) compositions of the WCu based metal powder mixtures are given in Table 1. Powder mixtures prepared homogeneously in a container with a mechanical stirrer were pressed into a rectangular prism at a pressure of 60 MPa in a mold having a length of 40 mm and a width of 8 mm. Sintering processes of the raw samples prepared by pressing were carried out in a pure (99% pure) argon atmosphere tube furnace. Sintering was applied to the pressed samples at a temperature of 1000 °C and 1100 °C for 1.5 hours and the samples were allowed to cool in a tube furnace. During the sintering, the argon gas applied in the tube furnace was sent with a flow rate of 3 L / min. After the sintering process, the metallographic analysis of the samples were carried out using LEO 1430 VP SEM

device. During SEM analysis, the surfaces were cleaned with alcohol to obtain a better microstructure images. In order to determine the elemental distributions and percentage ratios, EDX analysis were performed on the sample surfaces using a Röntec EDX instrument connected to a SEM microscope. Inspections were carried out on the Shimadzu LabX XRD device to determine the phases in our WCu-based composite materials. Qualitative analysis was performed by comparison with ICDD cards. Hardness measurements were also made on the specimens prepared for microstructure studies.

The average of the hardness values obtained from 5 different regions on each sample was used. The hardness tests were performed with the Shimadzu HMV 2L brand Vickers hardness tester. The hardness of the surface layers of the samples was measured under a load of 4.903 N in a micro vickers hardness (HV0.5) device. In addition, the electrical resistivity values of the samples were measured with a dielectric spectrometer.

3. Results and Discussion

3.1. SEM Analysis

SEM images (5 kx) of WCu composite samples are given in Figure 1. Partially porous structures are found in samples sintered at 1000 °C. Full wetting of the tungsten grains can't be achieved due to the absence of the Cu matrix in the liquid phase at a 1000 °C sintering temperature. As a result, the formation of the neck between the granules was not seen at this temperature. The amount of pores in the SEM image taken from the WCu-3 sample appears to be less than the WCu-1 sample. This can be explained by the fact that WCu-3 has a higher copper content.

Samples with the same composition (WCu-4, WCu-5 and WCu-6) with the increase of sintering temperature to 1100 °C have been reduced to have no porous structure. When SEM images of the sintered samples are analyzed at this temperature, it is understood that the copper forms a liquid phase. The resulting liquid Cu phase allowed complete diffusion of the surface of the W powders and provided formation of necks between the tungsten grains. Neck formations are more evident in samples sintered at 1100 °C, where the copper ratio is increased. Thus, the metallic binding between grains in the microstructure has been increased. This is thought to have a positive effect on mechanical properties (Figure 5). During the sintering of the samples at 1100 °C, the blanks in the microstructure were filled with liquid Cu and the pores decreased in the microstructure. Thereby, a more dense structure was obtained with the W grains on the sample surface.

Table 1. Chemical composition of WCu samples.

Sample Name	Composition	Sintering Temperature (°C)	(%wt)	
			W	Cu
WCu-1	%90W%10Cu	1000	90	10
WCu-2	%80W%20Cu	1000	80	20
WCu-3	%70W%30Cu	1000	70	30
WCu-4	%90W%10Cu	1100	90	10
WCu-5	%80W%20Cu	1100	80	20
WCu-6	%70W%30Cu	1100	70	30

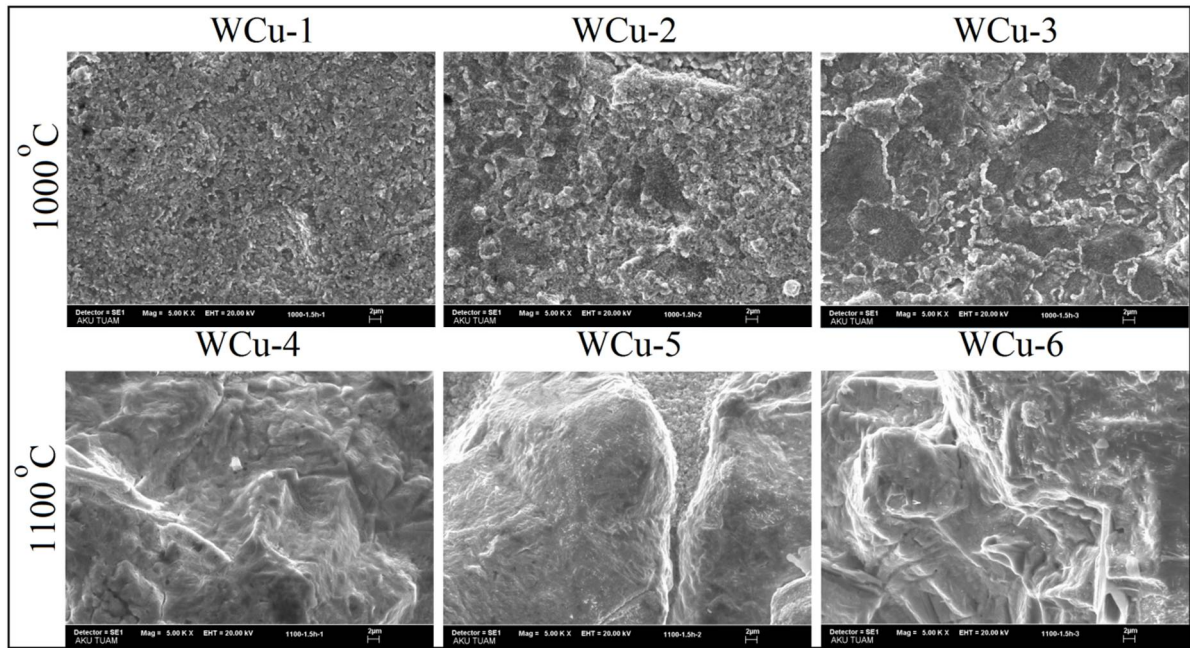


Figure 1. SEM images of WCu electrical contact materials

3.2. EDX Analysis

Figure 2 shows the EDX images and elemental analysis of WCu samples sintered under pure argon gas atmosphere in conventional tube furnace. In the composite samples sintered at 1000 °C (WCu-1, WCu-2 and WCu-3), a heterogeneous pore structure of the Cu matrix was formed. Depending on this situation, the amount of Cu on the surface of the composite specimens increased. As can be seen from the EDX analysis curve, the peak intensities of the amount of Cu element at this sintering temperature are higher than the peak intensities of element W. Therefore, samples

sintered at low temperature have a softer structure than samples sintered at higher temperature. The hardness values obtained also support this.

As the sintering temperature increased to 1100 °C, the copper could be converted into liquid phase, full wetting of the tungsten grains was provided and neck formation occurred between grains. EDX analysis of sintered samples (WCu-4, WCu-5 and WCu-6) at 1100 °C with the same compositions shows that the tungsten peak intensities are higher than copper. This is thought to be effective in increasing mechanical properties.

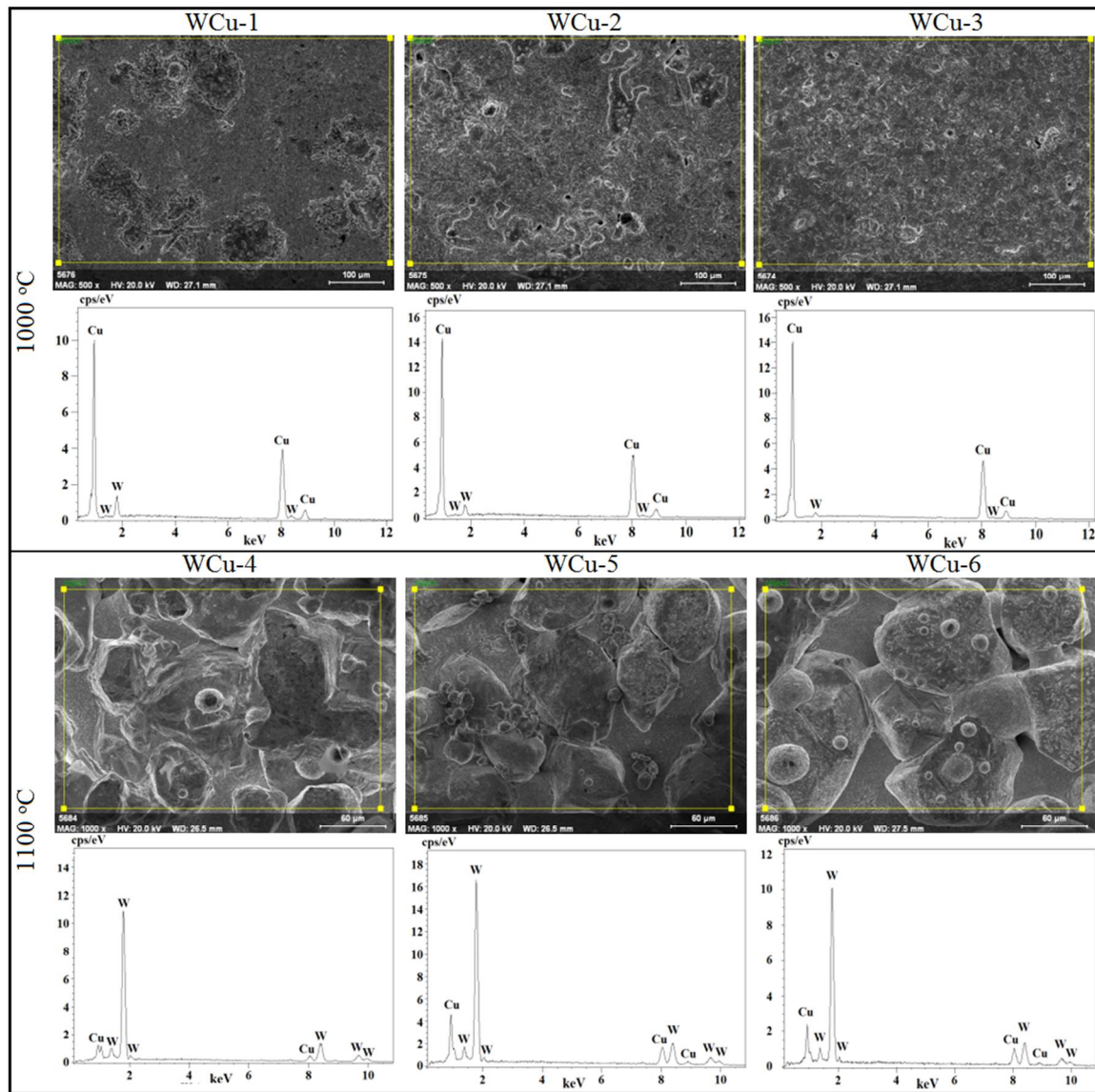


Figure 2. EDX images of WCu electrical contact materials

3.3. XRD Analysis

X-ray diffraction analysis results of WCu-1, WCu-2 and WCu-3 composites sintered at 1000 °C are given in Figure 3. Only W and Cu peaks were formed in XRD patterns of WCu-1, WCu-2 and WCu-3 composite samples. The highest peak intensity in the XRD pattern of all three composite samples was W peaks. While the W peak intensity is the highest and the Cu peak intensity is the lowest in the XRD pattern of the WCu-1 composite, XRD pattern of the WCu-2 composite showed a decrease in the W peak intensity and an increase in the Cu peak intensity. The lowest W peak intensities and the highest Cu peak intensities are seen in the XRD pattern of the WCu-3 composite, but the W peak intensities are higher than the Cu peak intensities. In the composite samples of XRD patterns in which W peak intensity falls and Cu peak intensity increases, the micro vickers hardness values decrease (Figure 5). It is seen that the micro vickers hardness values are increased in the

composite samples of the XRD patterns in which W peak intensity increases and Cu peak intensity decreases (Figure 5).

Figure 4 shows XRD patterns of WCu-4, WCu-5 and WCu-6 composites sintered at 1100 °C. Only W and Cu peaks were formed in these XRD patterns of these composite samples, too. The highest peak intensity in the XRD pattern of all three composite samples was W peaks. XRD of WCu-4 composites showed the highest W peak intensity and the lowest Cu peak intensity, whereas the XRD graph of the WCu-5 composite showed a decrease in W peak intensity and an increase in Cu peak intensity. W peak intensities were higher for all three compositions than Cu peak intensities, although the lowest W peak intensities and highest Cu peak intensities were seen on the XRD patterns of the WCu-6 composite. Generally higher hardness values were obtained from samples with reduced Cu peak intensities.

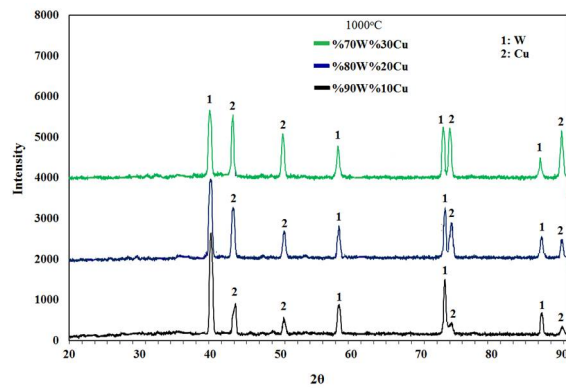


Figure 3. XRD patterns of WCu-1, WCu-2 and WCu-3 samples sintered at 1000 °C temperature

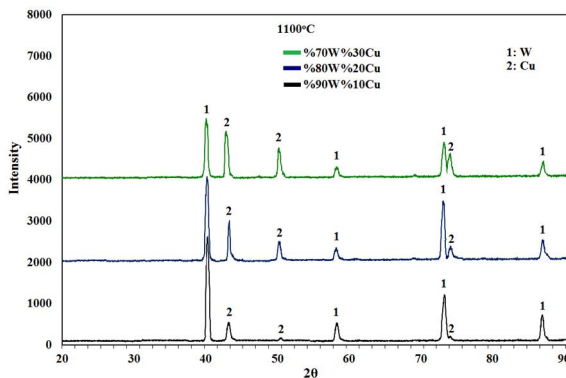


Figure 4. XRD patterns of WCu-4, WCu-5 and WCu-6 samples sintered at 1100 °C temperature

3.4. Micro Vickers Hardness Analysis

Micro-vickers hardness values of WCu electrical contact materials sintered at both temperatures are given in Figure 5. The values obtained indicate that the increase in the Cu content leads to a decrease in hardness values. However, the hardness values increased with the increase in the sintering temperature. This is due to the fact that, at high temperature, Cu forms a liquid phase to wet the W particles better, and thus a more dense structure, as indicated in the SEM review.

Generally, as the Cu content increases in the samples, the porous structures decrease and improve in the microstructure was seen. However, the increase of Cu amount has led to a decrease in hardness values. In another study supporting this prediction, they obtained the lowest hardness value in the W-%40wt Cu composite with the highest Cu content [13].

The highest hardness value was obtained from the WCu-4 sample. This value is around 355 HV. This is because of the presence of high-strength W metal powders and sintering at higher temperatures. Contrary to this, the micro vickers hardness value of WCu-3 composite sample is the lowest with 230 HV. In a study by Ibrahim et al. [16], the hardness values were only obtained in the range of 220-250 HV, although the sintering temperature was up to 1250 °C.

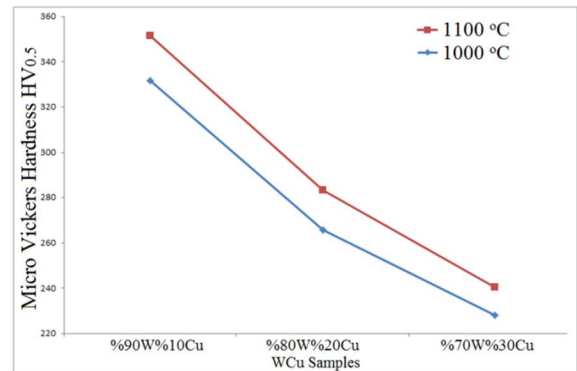


Figure 5. Micro vickers hardness values of WCu samples sintered at 1000 °C and 1100 °C temperatures.

3.5. Electrical Resistivity Analysis

Electrical resistivity values of WCu electrical contact materials sintered at 1000 °C ve 1100 °C temperatures are shown in Figure 6. The lowest electrical resistivity value was obtained from WCu-6 samples sintered at 1100 °C temperature while the highest electrical resistivity value in WCu samples was obtained from WCu-1 sample sintered at 1000 °C. As the electrical resistivity value decreases, electrical conductivity increases. It shows that the increase in copper ratio and sintering temperature increases the electrical conductivity. As a result of sintering at 1000 °C, W particles were completely prevented from touching each other because of that Cu matrix couldn't convert into liquid phase. Conduction of electrons between atoms became more difficult. Compared to the samples sintered at 1000 °C, the Cu matrix was able to convert to liquid phase at the sintering temperature of 1100 °C. Thus, the contact surfaces of the grains increased with each other, and accordingly, the electrical conductivity of the samples sintered at high temperature was higher. A study on the W-20% Cu and W-30% Cu composites is similar to our experimental results and supports the results obtained by decreasing the electrical resistivity values in composites with increased Cu content [16].

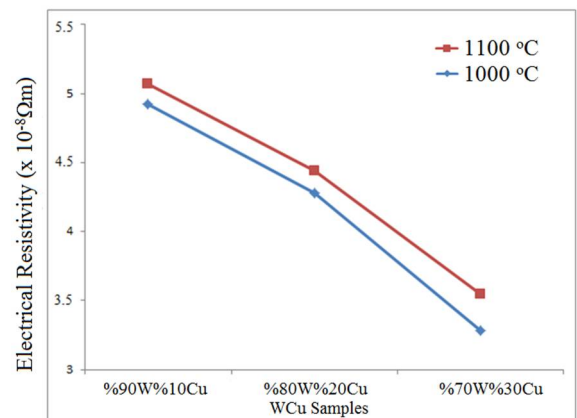


Figure 6. Electrical resistivity values of WCu electrical contact materials sintered at 1000 °C ve 1100 °C temperatures

4. Conclusions

Generally, the increase in sintering temperature has a positive effect on the increase of mechanical and electrical properties. In the samples having the same content in the W + Cu system, the hardness values of the samples sintered at

1100 °C are higher than the samples sintered at 1000 °C. In addition, as the Cu ratio and sintering temperature increased, the pores in microstructure decreased and development in microstructure were seen in samples produced according to the W+Cu system. However, the increase in the Cu content led to a decrease in hardness values. Pressing pressure can be increased to reduce porosity in samples which have low copper content.

The increase in copper ratio positively affected the increase in electrical conductivity. However, the electrical resistivity values of the samples sintered at 1100 °C were lower than the electrical resistivity values of the samples sintered at 1000 °C. Namely, WCu electrical contact materials with low electrical resistivity values are found to be more conductive.

In future studies, alloying elements such as Ni, Co can be added to increase the mechanical properties of high-copper-content materials. In order to improve the electrical properties of materials with high tungsten content, it is also possible to add silver with better electrical conductivity than copper.

Acknowledgement

This research was supported by grants from the Support Program for Afyon Kocatepe University Scientific and Technological Research Projects, Project No: 14.FEN.BİL.39. SEM images were supported by Bingöl University Center Laboratory.

References

- [1] Bloor, D., Brook, R.J., Flemings, M.C. and Mahajan, S. The Encyclopedia of Materials, Pergamon Pres, Oxford, 1999.
- [2] Güler, Ö. and Evin, E. The investigation of contact performance of oxide reinforced copper composite via mechanical alloying, *Journal of Materials Processing Technology*, 209(3), 1286-1290, 2009.
- [3] Güler, Ö. Investigation of electrical properties of oxide reinforced copper composite produced by mechanical alloying, (Master Thesis), Firat University, Elazığ, Turkey, 2006.
- [4] Gök, M.G., Kaplan, M. The production of electrical contact material by means of powder metallurgy and investigation its contact performance, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 294-298, Elazığ, Turkey, 2011.
- [5] Kim, D-G, Kim, G-S, Suk, M-J, Oh, S-T, Kim, Y-D. Effect of heating rate on microstructural homogeneity of sintered W-15 wt.% Cu nanocomposite fabricated from W-CuO powder mixture, *Scr. Mater.*, 51, 677-681, 2004. doi:10.1016/j.scriptamat.2004.06.014.
- [6] Kim, J, Ryu, S, Kim, Y, Moon, I. Densification behavior of mechanically alloyed W-Cu composite powders by the double rearrangement process, *Scr. Mater.*, 39, 669-676, 1998.
- [7] Liu, B.B., Xie, J.X., Qu, X.H. Fabrication of W-Cu functionally graded materials with high density by particle size adjustment and solid state hot press, *Compos. Sci. Technol.*, 68(6), 1539-1547, 2008. doi:10.1016/j.compscitech.2007.10.023.
- [8] Chen, P, Shen, Q, Luo, G, Wang, C, Li, M, Zhang, L, Li, X and Zhu, B. Effect of interface modification by Cu-coated W powders on the microstructure evolution and properties improvement for Cu-W composites, *Surface & Coatings Technology*, 288, 8-14, 2016. doi:10.1016/j.surfcoat.2016.01.014.
- [9] Bhalla, A.K., Williams, J.D. Comparative assessment of explosive and other methods of compaction in the production of tungsten-copper composite, *Powder Metall.*, 1, 31-37, 1976. doi:10.1179/pom.1976.19.1.31.
- [10] Li, S.B., Xie, J.X. Processing and microstructure of functionally graded W/Cu composites fabricated by multi-billet extrusion using mechanically alloyed powders, *Compos. Sci. Technol.*, 66(13), 2329-2336, 2006. doi:10.1016/j.compscitech.2005.11.034.
- [11] Ihn, T.H., Lee, S.W., Joo, S.K. Effect of transition metal addition on liquid phase sintering of W-Cu, *Powder Metall.*, 37(4), 283-288, 1994. doi:10.1179/pom.1994.37.4.283.
- [12] Luo, S.D., Yi, J.H., Guo, Y.L., Peng, Y.D., Li, L.Y., Ran, J.M. Microwave sintering W-Cu composites: Analyses of densification and microstructural homogenization, *Journal of Alloys and Compounds*, 473, L5-L9, 2009. doi:10.1016/j.jallcom.2008.05.038.
- [13] Ardestani, M., Rezaie, H.R., Arabi, H., Razavizadeh, H. The effect of sintering temperature on densification of nanoscale dispersed W-20-40%wt Cu composite powders, *Int. Journal of Refractory Metals & Hard Materials*, 27, 862-867, 2009. doi:10.1016/j.ijrmhm.2009.04.004.
- [14] Erçetin A. Manufacturing, characterization and micro machinability of W+Cu+(X) electrode utilized in resistance welding through powder metallurgy method, (Master Thesis), Afyon Kocatepe University, Afyonkarahisar, Turkey, 2015.
- [15] Findik, F., Uzun, H. Microstructure, hardness and electrical properties of silver-based refractory contact materials, *Materials and Design*, 24, 489-492, 2003. doi:10.1016/S0261-3069(03)00125-0.
- [16] Ibrahim, A., Abdallah, M., Mostafa, S.F., Hegazy, A.A. An experimental investigation on the W-Cu composites, *Materials and Design*, 30, 1398-1403, 2009. doi:10.1016/j.matdes.2008.06.068.
- [17] Kecskes, L.J., Klotz, B.R., Cho, K.C., Dowding, R.J., Trexler, M.D., Densification and structural change of mechanically alloyed W-Cu composites, *Metall. Mater. Trans. A*, 32A, 2885-2893, 2001. doi:10.1007/s11661-001-1039-0.
- [18] Yang, X., Liang, S., Wang, X., Xiao, P., Fan, Z., Effect of WC and CeO₂ on microstructure and properties of W-Cu electrical contact material, *Int. J. Refract. Met. Hard Mater.*, 28(2), 305-311, 2010. doi:10.1016/j.ijrmhm.2009.11.009.
- [19] Chen, P., Luo, G., Li, M., Shen, Q., Zhang, L. Effects of Zn additions on the solid-state sintering of W-Cu composites, *Mater. Des.*, 36, 108-112, 2012. doi:10.1016/j.matdes.2011.10.006.
- [20] Chen, P., Luo, G., Shen, Q., Li, M., Zhang, L. Thermal and electrical properties of W-Cu composites produced by activated sintering, *Mater. Des.*, 46, 101-105, 2013. doi:10.1016/j.matdes.2012.09.034.
- [21] Johnson, J.L., German, R.M. Chemically activated liquid phase sintering of tungsten-copper, *Int. J. Powder Metall.*, 30, 91-102, 1994.
- [22] Johnson, J.L., German, R.M. Phase equilibria effects in enhanced liquid phase sintering of tungsten-copper, *Metall. Mater. Trans. A*, 24, 2369-2377, 1993. doi:10.1007/BF02646516.
- [23] Zhou, Z.J., Kwon, Y.S. Fabrication of W-Cu composite by resistance sintering under ultra-high pressure, *Journal of Materials Processing Technology*, 168(1), 107-111, 2005. doi:10.1016/j.jmatprotec.2004.11.008.



Türk Doğa ve Fen Dergisi
Turkish Journal of Nature and Science

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



Bazı kışlık ekmeklik buğday genotiplerinin tane verimi ve bazı kalite özellikleri bakımından GGE biplot analiz yöntemi ile değerlendirilmesi

Hüsnü AKTAŞ^{*1}, İrfan ERDEMCİ², Mehmet KARAMAN³, Enver KENDAL⁴, Sertaç TEKDAL⁵

Özet

Bu çalışma Doğu geçit kuşağı olarak tanımlanan alanlara uygun kışlık ve alternatif gelişme tabiatına sahip ekmeklik buğday genotiplerinin belirlenmesi amacıyla 2011-12 ve 2012-13 sezonlarında Malatya'nın Battalgazi ilçesinde yağışa dayalı şartlarda yürütülmüştür. Tesadüf blokları deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak kurulan denemelerde Uluslararası kışlık buğday geliştirme projesi orjinli 20 adet ileri kademedeki ekmeklik buğday hattı ile 5 adet çeşit materyal olarak kullanılmıştır. Çalışmanın ikinci yılında geç dönemde meydana gelen soğuğa karşı genotiplerin tepkisi farklı olurken, her iki yılda da protein oranı, sedimantasyon, bin tane ağırlığı ve hektolitreye ağırlığı bakımından çeşitler arasındaki fark istatistiksel olarak 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. Birinci yılda genotiplerin tane verimi ortalaması 308 kg/da ve ikinci yılda ise 286 kg/da olarak gerçekleşmiştir. İki yıllık verilerin GGE biplot metodu ile analizi sonucunda, toplam varyasyonun % 48.24'ü PC1 ve % 22.07'si ise PC2 tarafından temsil edilmiş, poligonun köşelerinde yer alan G21 protein (PRT), yaş gluten (YGL) ve sedimantasyon özellikleri için en yüksek değerlere sahip genotip olurken, tane verimi, hektolitreye ve bin tane ağırlığı özellikleri için en yüksek değerler poligonun köşelerinde yer alan G13, G17 ve G18 genotiplerinden elde edilmiştir. GGE biplot grafiğinde tane verimi ile kalite parametreleri (PRT, YGL, SDS) arasında negatif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda tane verimi, soğuk zararı ve kalite parametreleri açısından istenilen özelliklere sahip genotipler değerlendirilmek üzere seçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ekmeklik buğday; tane verimi; kalite; GGE- biplot

Evaluation grain yield and some quality traits of winter bread wheat genotypes using GGE-biplot analysis

Abstract

This research was conducted in rainfall condition of Malatya/Battalgazi province to determine facultative and winter types of wheat genotypes which suitable for production area of located between East and Southeast Anatolia, Turkey in 2011-12 and 2012-13 growing seasons. Experiment was performed in randomized complete-block design with three replications and 5 approved varieties and 20 advanced lines originated from IWWIP (International Winter Wheat Improvement Project) were used as a plant material. According to combined variance analysis statistically significant differences ($P < 0.05$ or $P < 0.01$) were determined for all examined traits of genotypes. Genotypes reacted difference to cold stress that occurred in 2012-13 growing season. Mean grain yield in the first and second years were 308 kg/da and 286 kg/da respectively. According to performed GGE biplot analysis using data of two years, total variation of 48.24 % represented by PC1 (principal component 1) and 22.07 % by PC2 (principal component 2). Genotypes located in corner of the polygon, G21 had highest values or desirable traits for protein content, wet gluten and sedimentation, while G13, G17 and G18 were the best for grain yield, test weight and 1000 kernel weight. GGE-biplot results indicated negative correlation between grain yield and quality traits (PRT, YGL, SDS). According to obtained results, lines that have high yield and quality traits will be evaluated multi-locations which have different ecological conditions to select candidate genotyp(es) for registration.

Keywords: Bread wheat; grain yield; quality; GGE-biplot

¹Mardin Artuklu Üniversitesi Kızıltepe Meslek Yüksekokulu, Tohumculuk Bölümü, 47200 Mardin, Türkiye

¹ GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi, 21200 Diyarbakır, Türkiye

*Sorumlu yazar E-posta: h_aktas47@hotmail.com

1. Giriş

Dünya genelinde, insan beslenmesinde en fazla kullanılan ekmeçlik buğday (*Triticum aestivum* L.), Türkiye’de de farklı gıda maddelerinin üretilmesi amacıyla kullanılan ve en fazla tüketimi yapılan bir tahıl cinsidir. Türkiye’de yaklaşık 20 milyon ton buğday üretimi yapılmakta olup, toplam üretimin % 90’ı ekmeçlik buğdaydan oluşmaktadır [1]. Dünyadaki buğday ekim alanı 216 milyon hektar, toplam üretim 675 milyon ton ve ortalama tane verimi 310 kg/da’dır. Buna karşın, Türkiye’deki toplam buğday ekim alanı 7.5 milyon hektar ve ortalama tane verimi ise 270 kg/da’dır [1]. Dünyada ve Türkiye’de artan nüfus nedeniyle, üretim açığının kapatılması için verim kapasitesi yüksek buğday çeşitlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla ulusal ve uluslararası kuruluşlar biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanıklı, verim potansiyeli yüksek buğday çeşitleri geliştirmek amacıyla klasik ıslah metotları yanında, buğdayın yabancı gen kaynaklarını yararlanmakta, aynı zamanda bitki doku kültürü, moleküler teknikler kullanılmaktadır [2].

Son yıllarda meydana gelen iklim değişikliği, mevsimsel kaymalar nedeniyle erken ve geç dönemlerde görülen soğuk zararları buğdayda tane verimini olumsuz etkileyen faktörler arasında yer almaya başlamıştır [3]. Buğday üretimi açısından özel koşullara sahip olan Türkiye’nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi 3 agro-ekolojik bölgeden oluşmakta olup, özellikle Diyarbakır ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinin kuzeyinde yer alan iklimsel geçit kuşağı olarak kabul edilen Elazığ ve Malatya ilerindeki buğday yetiştirme alanlarında, erken ve geç soğuk zararları tane veriminde önemli kayıplara neden olmaktadır. Bu alanlara kışlık çeşitler ile yazlık-kışlık melez kombinasyonlarından üretilen alternatif gelişme tabiatlı genotiplerin uygun olacağı bazı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir [4,5].

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde daha çok yazlık gelişme tabiatına sahip çeşitlerin yetiştiriciliği yapılmakta olup, özellikle bölgenin kuzeyindeki alanlarda erken ve geç dönem soğuk zararları, buğday yetiştiricilerinin şikayet konusu olmaktadır [5]. Bu nedenle, bölgedeki ıslah çalışmalarında, IWWIP (Uluslararası Kışlık Buğday Geliştirme Projesi) orjinli, fakültatif ve kışlık genotiplerin yer aldığı buğday nörserilerinin bölge koşullarına adaptasyonu konusunda çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu nörseriler içerisinde soğuğa dayanıklı, aynı zamanda hızlı gelişen, başaklanma ve erme süresi bakımından optimum değerlere sahip, kaliteli ve yüksek tane verimine sahip, fakültatif genotiplerin seçimi yapılmaya çalışılmaktadır [3].

Buğday ıslah programlarında sulu ve yağışa dayalı şartlara uygun, hastalık ve zararlılara dayanıklı, kalite parametreleri bakımından istenilen özelliklere sahip buğday çeşitlerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla, melezleme ile elde edilmiş saf buğday hatları veya uluslararası kuruluşlardan sağlanan buğday genotipleri ilk önce mikro denemelerde (tek lokasyon ve tek tekerrürlü), daha sonra makro denemelerde (çok lokasyon, çok tekerrürlü denemeler) yağışa dayalı ve sulu koşullarda değerlendirilmektedir. Farklı lokasyon veya yıllarda değerlendirilen genotipler, verim, verim bileşenleri, kalite parametreleri ile alakalı veriler ANOVA, basit korelasyon gibi istatistiksel metodlar ile değerlendirilmektedir. Son yıllarda, tarım, ekonomi ve birçok mühendislik alanında ilgili verilerin görsel olarak yorumlanmasına imkan sağlayan GGE biplot yönteminin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Biplot analiz yöntemi ilk defa Gabriel (1971) [6] tarafından kullanıldıktan sonra, iktisat, işletme, sosyoloji, tıp, ekoloji ve genetik gibi bir çok bilim dalında kullanılmıştır [7]. Son

zamanlarda bitki ıslahı konusunda da pek çok bilim adamı GGE (Genotype × Genotype- Environment) biplot analiz yöntemi ve grafiğini değişik tarım ürünlerin değerlendirilmesi çalışmalarında kullanmışlardır [8, 9, 10, 11, 12, 13]. Bu analiz yönteminin araştırmacılar tarafından yaygın bir şekilde tercih edilmesinin en önemli nedenleri arasında, bu analiz yönteminde genotiplerin birden fazla özelliğinin grafiksel olarak gösterilebilmesi, gerek genotip ve gerekse özellikler arasındaki ilişkileri görsel olarak karşılaştırmaya olanak sağlaması gösterilebilir [14].

Bu çalışma Elazığ, Malatya ve Diyarbakır’ın kuzeyine uygun fakültatif gelişme tabiatına sahip genotiplerin belirlenmesi amacıyla Malatya’nın Battalgazi ilçesinde yürütülmüştür. Elde edilen veriler varyans analizi ve görsel olarak daha pratik olarak yorumlanması için ayrıca GGE biplot metodu ile değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, materyal olarak IWWIP (International Winter Wheat Improvement Project – Uluslararası Kışlık Buğday Geliştirme Projesi) orjinli 20 ileri kademedeki ekmeçlik buğday hattı ve Türkiye’de tescil edilmiş olan 5 ekmeçlik buğday çeşidi (Krasunia, Pehlivan, Cemre, Sagittario ve Syrena) kullanılmıştır (Tablo 1). Denemeler, Tesadüf Blokları Desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Denemeler Malatya’nın Battalgazi ilçesinde yağışa dayalı şartlarda 2011-12 ve 2012-13 yetiştirme sezonlarında yürütülmüştür. Ekimler özel deneme mibzeri ile metrekaşeye 450 tohum düşecek şekilde yapılmış, denemede parseller 6 sıra ve her sıranın arası 20 cm, parsel uzunlukları 5 metre olacak şekilde düzenlenmiştir. Denemelerde ekimle beraber 6 kg/da saf azot (N) ve 6 kg/da saf fosfor (P_2O_5) ve kardeşlenme döneminde 6 kg/da saf azot (N) olacak şekilde gübreleme yapılmıştır. Denemenin yürütüldüğü deneme alanına ait topraklarının özellikleri, pH= 7,75, organik madde oranı= %1.01 ve kireç oranı ($CaCO_3$)= %12,6 kg/da ve toprak bünyesi tınlı olarak tespit edilmiştir. Denemenin yürütüldüğü birinci yıl yetiştirme sezonunda alınan toplam yağış miktarı 388 mm ve ikinci yılda ise 408 mm olarak gerçekleşmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü 2012-13 sezonunda Mart ayındaki minimum sıcaklık değeri incelendiğinde, hava sıcaklığının sıfırın altında olması dikkat çekmektedir.

Çalışmadaki tüm tarımsal özellikler için ölçüm ve gözlemler Sadıç (1998)’in [15] kullandığı yöntemler kullanılarak yapılmıştır. Tane verimi tüm parselin hasat edilmesiyle elde edilen tohumun tartılmasıyla; 1000 tane ağırlığı, hasadı yapılan deneme parsellerinden elde edilen tohumların hassas tartıda tartılmasıyla g/1000 tane olarak; hektolitre ağırlığı, 1 lt’lik ölçek ile tartılarak bulunan değerlerin 100 ile çarpılmasıyla; başaklanma gün sayısı ise 1 Ocak tarihinden başlayarak parseldeki bitkilerin % 50’sinden fazlası başaklandığı zaman dikkate alınarak belirlenmiştir. Protein analizi AACC 39-10 metoduna göre Near Infrared model 6500 cihazı kullanılarak (Anonim 1990) [16] metoduna göre ve Zeleny Sedimentasyon analizi ise ICC-No. 115 (Anonim 1982) [17] metoduna göre ve yaş gluten oranı ICC standart 155/1 metoduna (Anonim 1994) [18] göre Glumatik 2200 gluten yıkama cihazı kullanılarak yapılmıştır. Genotiplere ait soğuk skoru için 1-9 skalası (1 en az etkilenen, 9 en fazla etkilenen) kullanılmıştır [3].

Elde edilen verilerin, varyans analizi (ANOVA) ve GGE-biplot analizi, GenStat 12th (Genstat, 2009) [19] istatistik paket programı kullanılarak yapılmış; ortalamalar arasındaki farklılıklar ise LSD testi ile ($p < 0.01$ ve $p < 0.05$) incelenmiştir [20].

Tablo 1. Çalışmada kullanılan buğday genotiplerinin pedigri listesi ve orjinleri

Kod	Pedigri/Çeşit	Orjin
G1	SHARK-1/3/AGRI/BJY//VEE/4/SHARK/F4105W2.1	IWWIP
G2	Polovchanka/PEHLIVAN	IWWIP
G3	NS46.11/3/SDY/TI.RESE1//KTA1/4/55.1744/MEX67.1//NO57/3/ATTILA	IWWIP
G4	SERL1B*2/3/KAUZ*2/BOW//KAUZ/4/BURBOT-4/5/BOEMA TCI032210	IWWIP
G5	KRASUNIA	Ukrayna
G6	SHARK/F4105W2.1/6/2.49/SUNCO/5/ATTILA/3/HUI/CARC//CHEN/CHTO/4/ATTILA	IWWIP
G7	SHARK-1/3/AGRI/BJY//VEE/4/SHARK/F4105W2.1	IWWIP
G8	HBA142A/HBZ621A//ABILENE/3/CAMPION/4/F6038W12.1	IWWIP
G9	BR1284//BH114686/ALD/3/CAZO/4/KS940786-6-7	IWWIP
G10	PEHLIVAN	Türkiye
G11	ADMIS//MILAN/DUCULA	IWWIP
G12	PRESL/4/VPM/MOS 83-11-4-8//PEW/3/AFG2/BUC,F1//KVZ	IWWIP
G13	PEHL//RPB 8-68/CHRC/3/506/88-113	IWWIP
G14	CAR422/ANA//YACO/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ/4/BUCUR/5/BUCUR	IWWIP
G15	CEMRE	Türkiye
G16	SHI#4414/CROWS//GK SAGVARI/CA8055	IWWIP
G17	ID800994.W/VEE//PYN/BAU/3/PYN/BAU	IWWIP
G18	ID800994.W/VEE//BAU/KAUZ/3/PYN/BAU	IWWIP
G19	AUS GS50AT34/SUNCO//CUNNINGHAM	IWWIP
G20	SAGITARIO	İtalya
G21	TRAK/5/COL//093-44/AU/3/BEZ//BEZ/TVR/4/SDV1/6/VORONA/PARUS//HATUSHA	IWWIP
G22	ID#840335//PIN39/PEW/3/DMNT	IWWIP
G23	KLEIBER/2*FL80//DONSK.POLUK./3/KS82W409/STEPHENS/4/HATUSHATCI96T126	IWWIP
G24	MV14-2000//GUN91/MNCH	IWWIP
G25	SYRENA	Ukrayna

3. Bulgular ve Tartışma

İki yıllık veriler birleşik analize tabi tutulmuş ve ANOVA analizi sonuçlarına göre yıllar arasındaki fark, tane verimi dışında incelenen tüm özellikler için istatistik olarak ($P < 0.01$ veya $P < 0.05$ düzeyinde) önemli bulunmuştur. Birleştirilmiş analiz sonuçlarına göre genotip ortalamaları arasındaki farklar ise incelenen tüm özellikler için istatistik olarak önemli olarak saptanırken, yıl*çeşit interaksyonu tane verimi (TV) dışında tüm özellikler için istatistik olarak (0.01 veya 0.05 düzeyinde) önemli olarak bulunmuştur (Tablo 2). Birçok araştırmacı farklı yıl veya çevrelerde yürütülen adaptasyon çalışmalarında genotip, yıl veya çevre ortalamaları arasında istatistik olarak önemli farklılıklar tespit ettiklerini, oluşan varyasyonun büyük bir kısmının yıllar veya çevrelerden kaynaklandığını bildirmişlerdir [13, 21, 22, 23]. Bu çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş olup, kareler ortalaması bakımından tüm özellikler için en yüksek değere yıl faktörünün sahip olduğu, dolayısıyla oluşan varyasyonun daha çok yıllardan kaynaklandığını göstermektedir. Farklı 25 ekmeklik buğday genotipinde tane verimi ile bazı kalite özelliklerine ait ortalama değerler Tablo 4'te verilmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü sezonlara ve uzun yıllara ait iklim verileri Tablo 3'te verilmiştir. Her iki sezonda da yağış miktarı birbirine yakın olmasında rağmen, ikinci yıldaki Mart ayındaki minimum sıcaklığın düşük olması dikkat çekici olup, uzun yıllar ortalaması ile karşılaştırıldığında göre ekstrem bir durum yaşandığı anlaşılmaktadır.

3.1. Tane verimi

Elde edilen verilere göre, tane verimi bakımından genotipler arasındaki fark birinci yıl ve iki yıllık ortalama

verilerine göre istatistik olarak önemli, bulunurken, ikinci yılda ise önemsiz bulunmuştur. Birinci yılda tane verimi 308 kg/da ve ikinci yılda ise 286 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Her iki yılda da toplam yağış miktarının birbirine yakın olmasına rağmen ikinci yılın Mart ayı sonunda meydana gelen soğuk zararından dolayı tane veriminde düşüşler meydana gelmiştir. Soğuk zararının geç dönem görülmüş olmasından dolayı, bitki kısımlarının kendini yenilemesi (rejenerasyon) ile bu durumun negatif etkilerinin giderilemediği ve sonuçta bunun da verim kaybına neden olduğu, aynı zamanda, buğday genotiplerinin soğuktan etkilenme durumunun farklılık arz ettiği tespit edilmiştir. Orvar ve ark. (2000) [24] buğday bitkisinde fide döneminde meydana gelen soğuk zararının, bitkilerin soğuk zararına karşı savunma mekanizmasının aktif olması nedeniyle, geç dönemlerde (yetişkin bitki döneminde) meydana gelen soğuk zararına göre daha düşük verim kaybına neden olduğunu bildirmiştir. Nitekim ikinci yılda soğuk zararı olmasına rağmen G9 (347 kg/da), G11 (314 kg/da), G24 (326 kg/da) genotiplerinin meydana gelen soğuk şartlarında da tane verimindeki kaybın düşük veya kayıp olmadığı, buna karşın G13, G16, G22 ve G25 genotiplerinin ise söz konusu durumdan daha fazla etkilendiğini söyleyebiliriz. Birinci yılda en yüksek tane verimleri G4 (348 kg/da), G9 (335 kg/da), G13 (416 kg/da), G14 (415 kg/da), G16 (374 kg/da) ve G25 (330 kg/da) genotiplerinden, ikinci yılda ise G9 (347 kg/da), G11 (314 kg/da), G17 (357 kg/da), G19 (319 kg/da) ve G24 (326 kg/da) genotiplerinden elde edilmiştir. G7 ve G9 genotiplerinin her iki yılda da tane verimi bakımından birbirine yakın performansla sahip olduklarını söyleyebiliriz. İki yıllık ortalama verilere göre en yüksek tane verimi G17 (400 kg/da), G14 (354 kg/da) ve G13 (348 kg/da) genotiplerinden elde edilmiştir. Daha önce Malatya iklimine benzer olan Elazığ ilinde bazı yapılan

Tablo 2. Buğday hat ve çeşitlerinde iki yıllık birleştirilmiş varyans analiz sonuçları (kareler ortalamaları)

Kaynaklar	Sd	Kareler Ortalaması						
		TV	BTA	HL	PRT	SDS	YGL	BŞGS
Yıl	4	18247 öd	641**	16,3**	666,9**	22612**	7746**	1523**
Tek [Yıl] & Random	1	11181 öd	4,2öd	3,2 öd	1,8öd	63 öd	21*	4 öd
Genotip	24	8912**	40**	12,8**	4,6**	155**	54**	16**
Yıl x Çesit	24	4744 öd	19**	11,0**	3,5**	115**	40**	13**
CV (%)		16,3	4,4	1,3	4,8	9,5	6,7	1,7

TV: Tane verimi; BTA: Bin tane ağırlığı; HL: Hektolitire ağırlığı; PRT: Tanede protein oranı; SDS: Zeleny sedimantasyon değeri; BŞGS: Başaklanma gün sayısı; *: İstatistiki olarak 0.05 düzeyinde önemli; **: İstatistiki olarak 0.01 düzeyinde önemli; Öd: istatistiki olarak önemli değil

Tablo 3. Araştırma yerine ait aylık toplam yağış (mm) ve minimum sıcaklık (°C) değerleri

	Yağış	2011-12 sezonu		2012-13 sezonu		Uzun Yıllar	
		Min. Ort. Sıcaklık	Yağış	Min. Ort. Sıcaklık	Yağış	Min. Ort Sıcaklık	
Eylül	0,4	15,4	6,6	14,5	5	15,6	
Ekim	35,4	9,8	35,9	8,8	40	9,6	
Kasım	40	3,9	50	3,2	56	3,7	
Aralık	55	-0,9	45	-1,3	45	-1,3	
Ocak	50	-3,4	65	-4,1	60	-4,0	
Şubat	55	-2,2	45	-2,5	49	-2,7	
Mart	37	2,1	55	-0,9	52	1,9	
Nisan	65	7,5	49	6,9	60	7,4	
Mayıs	35	11,9	45	8,9	43	11,8	
Haziran	15	16,1	12	15,3	10	16,1	
Toplam	388		408		425		

çalışmada kışlık ekmeçlik buğday genotiplerinin tane veriminin 339 ile 514 kg/da arasında değiştiği bildirilmiştir [5].

3.2. Bin tane ağırlığı

Birinci yılda buğday genotiplerinin ortalama bin tane ağırlığı 30,94 g, ikinci yılda ise 26,79 g olarak gerçekleşmiştir. İkinci yılda bütün genotiplerin bin tane ağırlığı birinci yıla göre düşük olmuştur. Bunun nedeni yıllar arasındaki birçok iklimsel farklılık tarafından etkilenmiş olabileceği gibi, oluşan bu durum daha çok 2013-14 sezonunda Mart ayı sonunda hava sıcaklığının ekstrem bir şekilde düşmüş olması ve oluşan soğuktan genotiplerin etkilenmesi ile açıklanabilir. Bu dönemde soğuktan etkilenen bitkilerin tekrar rejenarasyonu gerçekleşmiş ve bu bitkilerin tane doldurma dönemi yüksek sıcaklıkların denk geldiği dönemlere denk gelmiş ve sonuç olarak bin tane ağırlığında düşüşler meydana gelmiştir. Birinci yılda bin tane ağırlığı 25,63 g ile 40,00 g, ikinci yılda ise 23,63 (G3) ile 31,63 g arasında değişmiştir. Bin tane ağırlığı bakımından daha düşük kayıplara sahip genotiplerin soğuk zararlarına karşı bir dayanıklılığa sahip olduğu şeklinde yorumlanabilir. Bin tane ağırlığı genotipik bir karakter olmakla beraber kuraklık, yüksek sıcaklık, toprak verimliliği ve iklimsel faktörlerden etkilenmektedir [25].

3.3. Hektolitire ağırlığı

Birinci yılda hektolitire ağırlığı 74,93 (G9) ile 80,62 (G18) kg/hl arasında değişmiş, ortalama hektolitire değeri 77,69 kg/hl olarak kaydedilmiştir. İkinci yılda genotiplerin ortalama hektolitire ağırlığı değeri 78,62 kg/hl olarak kaydedilmiş, en düşük değer G16'dan (73,44 kg/hl), en yüksek değer ise 81,99 kg/hl ile G8'den elde edilmiştir. İki yıllık ortalama hektolitire değeri 78,29 kg/hl olurken, en yüksek değerler G18, G2 ve G17 genotiplerinden elde

edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan genotipler 2013-14 yetiştirme sezonundaki ekstrem soğuğa karşı farklı tepki göstermiş, bu sezonda bin tane ağırlığı yüksek olan G2, G8, G10 ve G18 genotipleri aynı zamanda hektolitire ağırlığı için de yüksek değerlere sahip olmuşlardır. 1000 tane ağırlığının yüksek olduğu sezonda hektolitire ağırlığının da yüksek olması beklenir. Ancak burada tersi bir durumun olması, Mart ayında meydana gelen soğuk zararından dolayı buruşuk tane oluşumundan kaynaklanmaktadır. Hektolitire ağırlığı buğday tanesinin yoğunluğu, tanenin şekli gibi fiziksel özelliklerden, aynı zamanda kuraklık, yüksek sıcaklık, soğuk zararı gibi faktörlerden etkilenmektedir [26].

3.4. Soğuk zararı

İkinci yıldaki soğuk zararının skorları Tablo 4'te verilmiştir. Buna göre genotiplerin soğuktan etkilenmeleri 1 (en az etkilenme) ile 9 (en fazla etkilenme) arasında değişmiştir. En yüksek skoru alan genotipin (G14) tane verimi ortalaması ve bin tane ağırlığı sırasıyla 292 kg/da ve 25,75 g olarak gerçekleşmiştir. Soğuk zararı skoru 7 ve 5 olan genotiplerin tane verimi sırasıyla değerleri sırasıyla 257 ve 279 kg/da olarak saptanırken, soğuk zararı skoru 3 olan genotiplerin tane verimi ise 313 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Benzer durum bin tane ağırlığı özelliği için de gerçekleşmiş olup, bu verilere göre soğuk zararının tane veriminde önemli düşüşlere neden olduğunu ve soğuğa karşı dayanıklılığın bu anlamda önemli olduğunu göstermektedir. Cromey ve ark. (1998) [27] çiçeklenme döneminde oluşan soğuk zararıyla, başakta tane oluşumunun tamamı ile engellendiği, çiçeklenme döneminden önce ve gebecik döneminde ise bitki dokularının tekrar kendini yenileyebildiği, bitkinin zarar gören dokularının tekrar kendini yenileyebildiği, ancak bu durumun yüksek oranlarda verim kaybına neden olduğunu bildirmiştir.

3.5. Protein oranı

Birinci yılda ortalama tanede protein oranı % 13,13, ikinci yılda %17,40 gerçekleşirken, iki yılın ortalama protein değeri % 15,29 olarak kaydedilmiştir. Birinci yılda en yüksek protein değeri G11'den (% 15,89), ikinci yılda ise G21 (% 21,19) ve G20 (% 20,25) genotiplerinden elde edilmiştir. İkinci yıldaki protein oranları yüksek ve ekstrem olarak görünmektedir. Bu durum yukarıda da bahsedilen soğuk zararından sonra yeniden kardeş oluşturmaya başlayan ve soğuktan zarar gören buğday genotiplerinin rejenerasyonu ile tane doldurma süresi ve nişasta birikimi için vejetasyon süresi kısalmış olmasından kaynaklanmış olup, bin tane ağırlığı, tane verimi düşerken, protein oranında ise yükselme meydana gelmiştir. Benzer şekilde Kendal ve ark. (2016) [13] soğuk zararının genotiplerin tane veriminde düşüşlere, tanede protein oranında ise yükselmeye neden olduğunu bildirmektedirler. Buğday tanesindeki protein oranının biyotik ve abiyotik birçok faktöre göre değiştiği ve % 6 ile % 21 arasında değişebileceği belirtilmiştir [28, 29]. Birçok araştırmada geç ekimde, tane verimi ve bin tane ağırlığında düşüşler olurken, protein oranında ise yükselmeler olduğunu bildirmiştir [28, 29]. Elde ettiğimiz veriler bu anlamda yaşanan bu duruma benzerlik göstermektedir. Benzer durum sedimantasyon, yaş gluten özellikleri içinde gerçekleşmiştir.

3.6. Zelen sedimantasyon değeri (ml)

Birinci yetiştirme sezonunda genotiplerin ortalama sedimantasyon değeri 28,89 ml olurken, ikinci senede ise 53,45 ml olarak gerçekleşmiştir. Altınbaş ve ark. (2004) [30], sedimantasyon parametresinin kalıtım derecesinin, protein oranı gibi diğer kalite parametrelerine göre yüksek olduğu farklı çevrelerden daha az etkilendiğini bildirmiştir. Birinci yılda en yüksek sedimantasyon değeri G11 (44,20 ml), G12 (38,15 ml) ve G15 (35,70 ml) genotiplerinden elde edilirken, ikinci yılda ise G21 (75,15 ml), G20 (70,05 ml) ve

G25 (62,50 ml) genotiplerinden elde edilmiştir. İkinci yılda meydana gelen geç dönem soğuktan dolayı sedimantasyon değerlerinin çok yüksek olması, çalışmada kullanılan genotiplerin kalite değerleri bakımından seleksiyonu için uygun olmazken, seleksiyon işleminin birinci yıl verilerine göre yapılması daha isabetli olacağı öngörülebilir.

3.7. Yaş gluten oranı (%)

Birinci yetiştirme sezonunda genotiplerin ortalama yaş gluten oranı % 30,27 iken, ikinci senede ise %44,64 olarak gerçekleşmiştir. Yıllar arasında ortalama sedimantasyon değerleri arasında büyük bir farkın olması, bu özelliğin iklim veya çevre şartlarından etkilendiğini göstermektedir. Nitekim, gluten oranının, proteinin oranının dolaylı olarak göstergesi olduğu ve iklim şartlarından etkilenen bir karakter olduğu bildirilmektedir [28, 29]. İkinci yılda Mart ayında meydana gelen ekstrem soğuk, tane verimi ve bin tane ağırlığının düşük olmasına neden olurken, protein ve yaş gluten oranları değerlerinin de artmasında etkili olmuştur. Birçok çalışmada tanedeki protein ve yaş gluten oranı ile tane verimi arasında ters bir orantı olduğu bildirilmiştir [28, 29, 31]. Birinci yılda en yüksek yaş gluten değeri G11 (% 39,50), G12 (% 36,15) ve G15 (% 34,45) genotiplerinden elde edilirken, ikinci yılda ise G21 (% 57,55), G20 (% 54,40) ve G25 (% 50,35) genotiplerinden elde edilmiştir. Buğday genotiplerinin protein oranı, yaş gluten gibi kalite özellikleri bakımından mevcut potansiyelinin belirlenmesi ve ıslah programlarında seleksiyon işleminin sulu veya yağış miktarının yüksek olduğu alanlarda yapılmasının daha isabetli olacağını belirtilmektedir [32]. Bu anlamda kalite değerleri açısından genotiplerin protein ve yaş gluten oranı için seleksiyon işleminin birinci yıl verilerine göre yapılması daha isabetli olacağı öngörülmektedir.

Tablo 4. Farklı 25 ekmeklik buğday genotipinde tane verimi ile bazı kalite özelliklerine ait ortalama değerler

	2011-12		2012-13		2011-12		2012-13		Genotiplerin 2012-13 sezonundaki Soğuk Zararı Skorları (1-9)	
	Tane verimi (kg/da)	Ort	Bin tane ağırlığı (g)	Ort	Hektolitire Ağ. (kg/hl)	Ort	Ort			
G1	263 ce	274	269 dg	27,13 gı	22,75 jk	24,94 no	78,88 ad	77,47 ıl	78,18 eg	7
G2	302 ce	246	274 cg	35,63 b	31,13 a	33,38 b	79,07 ad	81,09 ab	80,08 bc	7
G3	292 ce	254	273 dg	25,63 ı	23,63 ij	24,63 o	76,78 eh	79,89 ce	78,33 ef	7
G4	348 ad	270	309 bf	31,63 cd	25,75 gh	28,69 hı	79,08 ad	78,13 hk	78,60 de	5
G5	302 ce	297	299 bf	30,38 cf	25,50 h	27,94 ij	77,66 cf	76,64 lm	77,15 hj	5
G6	260 de	271	266 eg	28,75 eh	28,50 cd	28,63 hı	78,23 be	81,39 ab	79,81 bc	7
G7	303 be	327	315 be	26,50 hı	25,25 h	25,88 ln	76,83 eh	79,81 ce	78,32 ef	3
G8	311 be	308	309 bf	28,75 eh	30,50 ab	29,63 eh	77,45 dg	81,99 a	79,72 bc	3
G9	335 ae	347	341 ad	25,50 ı	25,63 gh	25,56 mo	74,93 h	78,53 fi	76,73 hk	3
G10	245 de	288	266 eg	29,50 dg	31,25 a	30,38 ef	75,78 fh	80,48 bc	78,13 eg	7
G11	295 ce	314	304 bf	29,5 dg	28,13 ce	28,81 hı	79,34 ad	81,87 a	80,60 ab	3
G12	248 de	270	259 eg	26,88 hı	26,00 fh	26,44 km	75,57 gh	78,77 eh	77,17 hj	5
G13	416 ab	280	348 ac	40,00 a	30,25 ab	35,13 a	79,39 ad	79,27 dg	79,33 cd	5
G14	415 ab	292	354 ab	32,63 c	25,75 gh	29,19 gh	79,80 ab	79,12 dh	79,46 cd	9
G15	226 e	212	219 g	31,25 ce	28,00 ce	29,63 eh	75,18 h	78,44 gj	76,81 hk	7
G16	374 ac	268	321 be	32,63 c	21,88 k	27,25 jk	78,94 ad	73,44 n	76,19 k	5
G17	443 a	357	400 a	32,75 c	28,50 cd	30,63 de	79,66 ac	79,94 cd	79,80 bc	3
G18	357 ad	275	316 be	35,5 b	29,25 bc	32,38 bc	80,62 a	81,52 ab	81,07 a	5
G19	284 ce	319	301 bf	30,38 cf	25,50 h	27,94 ij	79,90 ab	79,63 cf	79,76 bc	3
G20	225 e	251	238 fg	28,25 fh	25,38 h	26,81 kl	75,50 gh	77,02 kl	76,26 jk	3
G21	301 ce	271	286 bg	35,63 b	24,63 hı	30,13 eg	79,62 ac	75,58 m	77,60 fh	5
G22	305 be	256	280 bg	31,50 cd	27,25 df	29,38 fh	76,18 fh	76,95 l	76,56 ik	7
G23	268 ce	293	280 bg	32,88 c	27,00 ef	29,94 eg	77,67 cf	75,57 m	76,62 ik	5
G24	249 de	326	287 bg	28,25 fh	25,00 hı	26,63 km	77,75 cf	77,33 jl	77,54 fh	3
G25	330 ae	280	305 bf	36,00 b	27,38 df	31,69 cd	79,14 ad	75,60 m	77,37 gı	5
ORT	308 A	286 A	297	30,94 A	26,79 B	28,86	77,96 A	78,62 B	78,29	

Tablo 4(Devamı). Farklı 25 ekmeklik buğday genotipinde tane verimi ile bazı kalite özelliklerine ait ortalama değerler

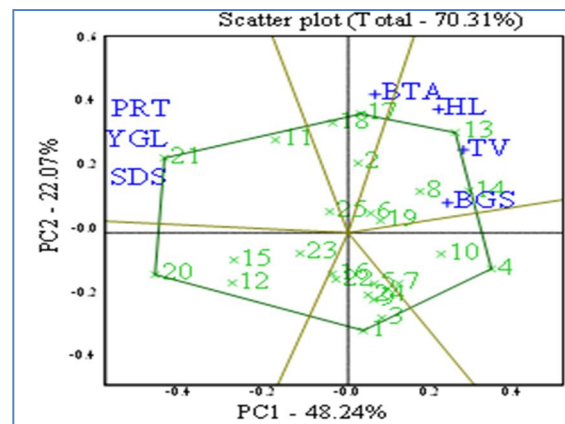
	2011-12		2012-13		2011-12		2012-13		2011-12		2012-13	
	Protein Oranı (%)		Ort		Sedimentasyon (ml)		Ort		Yaş gluten (%)		Ort	
									Başaklanma gün sayısı (gün)		Ort	
G1	12,76 hi	16,62 ek	14,69 gj	26,85 fi	49,55 dh	38,20 hk	28,85 gh	41,95 ej	35,40 gi	122 gh	117 fg	120 j
G2	13,48 dh	16,89 dj	15,18 ei	29,90 dg	49,90 dh	39,90 fk	31,25 dg	42,90 di	37,08 eh	124 dg	117 fg	120 hj
G3	13,03 fi	16,45 fk	14,74 fj	27,65 fi	47,65 eh	37,65 ik	29,75 eh	41,40 fj	35,58 fi	124 dg	120 ce	122 ei
G4	11,80 jk	15,64 jk	13,72 k	21,40 jk	43,60 gh	32,50 l	25,55 ij	38,65 ij	32,10 j	128 ac	119 cf	124 ae
G5	12,41 ij	17,40 di	14,91 ej	23,45 ik	52,20 dg	37,83 ik	27,60 hj	44,60 dh	36,10 ei	126 af	118 dg	122 ei
G6	12,74 hi	17,81 cg	15,27 eh	25,05 gj	54,95 ce	40,00 fk	28,75 gh	46,00 cf	37,38 eg	127 ad	122 ac	125 ad
G7	13,89 cf	15,36 k	14,62 gj	33,75 be	42,75 h	38,25 hk	32,65 ce	37,70 j	35,18 gi	120 h	123 a	122 ei
G8	12,46 ij	17,23 di	14,85 ej	23,90 hj	52,05 dg	37,98 ik	27,95 hi	44,10 dh	36,03 ei	127 ae	123 ab	125 ac
G9	13,52 ch	16,31 hk	14,91 ej	30,75 cf	47,35 eh	39,05 gk	31,40 cg	40,95 gj	36,18 ei	125 bg	118 dg	121 fj
G10	11,50 k	17,06 dj	14,28 jk	18,30 k	52,20 dg	35,25 kl	24,70 j	43,45 di	34,08 ij	126 ae	124 a	125 ab
G11	15,89 a	17,07 dj	16,48 bc	44,20 a	50,75 dh	47,48 bc	39,50 a	43,50 di	41,50 bc	125 ag	120 bd	123 cg
G12	14,91 b	17,62 ch	16,26 bd	38,15 b	54,65 ce	46,40 ce	36,15 b	45,40 cg	40,78 bd	123 fh	117 fg	120 ij
G13	12,74 hi	16,06 ik	14,40 ik	26,90 fi	45,75 fh	36,33 jl	28,75 gh	40,05 hj	34,40 hj	125 ag	120 ce	123 dg
G14	12,51 i	16,35 gk	14,43 hk	24,75 gj	47,25 eh	36,00 jl	27,95 hi	41,05 fj	34,50 hj	127 ad	124 a	125 a
G15	14,41 bc	18,09 ce	16,25 cd	35,70 bc	58,00 cd	46,85 bd	34,45 bc	46,95 ce	40,70 cd	125 ag	119 df	122 eh
G16	12,77 hi	18,15 cd	15,46 dg	26,85 fi	57,40 cd	42,13 di	28,85 gh	47,15 cd	38,00 dg	128 ab	118 df	123 bf
G17	13,22 di	17,92 cf	15,57 df	31,10 cf	58,15 cd	44,63 cf	30,35 dh	46,45 ce	38,40 df	127 ae	117 fg	122 ei
G18	13,06 ei	18,12 cd	15,59 de	28,55 ei	57,75 cd	43,15 ch	29,85 dh	47,10 cd	38,48 de	124 eg	115 g	119 j
G19	12,85 hi	17,07 dj	14,96 ej	28,75 dh	52,25 dg	40,50 fj	29,15 fh	43,50 di	36,33 ei	126 ae	118 df	122 eh
G20	13,94 ce	20,25 ab	17,09 ab	33,00 be	70,05 ab	51,53 ab	32,85 cd	54,40 ab	43,63 ab	125 cg	117 fg	121 gj
G21	13,76 cg	21,19 a	17,47 a	33,00 be	75,15 a	54,08 a	32,20 cf	57,55 a	44,88 a	128 a	117 eg	123 cg
G22	12,90 gi	17,42 di	15,16 ei	27,10 fi	53,35 df	40,23 fk	29,25 fh	44,70 dh	36,98 eh	125 ag	117 fg	121 fj
G23	13,97 cd	17,24 di	15,60 de	33,90 bd	52,75 df	43,33 cg	32,85 cd	44,10 dh	38,48 de	124 eg	119 df	121 fj
G24	13,23 di	16,63 ek	14,93 ej	28,95 dh	48,30 eh	38,63 gk	30,45 dh	42,05 ej	36,25 ei	126 af	118 df	122 ei
G25	11,83 jk	19,08 bc	15,46 dg	20,45 jk	62,50 bc	41,48 ei	25,65 ij	50,35 bc	38,00 dg	125 bg	117 fg	121 fj
ORT	13,18 A	17,40 B	15,29	28,89	53,45 A	41,17 B	30,27	44,64 A	37,45 B	125	119 B	122 A

4. Elde edilen verilerin GGE biplot metodu ile değerlendirilmesi

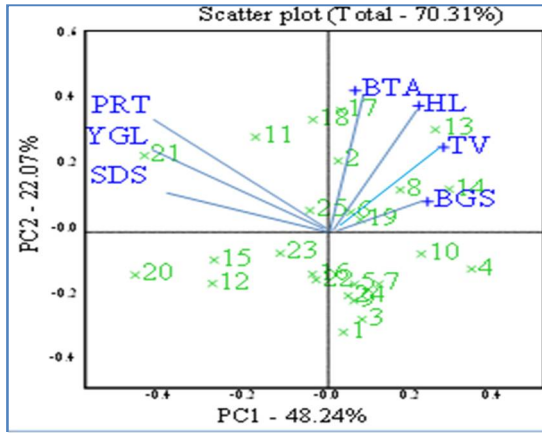
GGE biplot analiz metodu, genotipler ile çevreler arasındaki ilişkiyi, incelenen özellikler ile çevreler arasındaki ilişkilerin ve aynı zamanda incelenen karakterler arasındaki ilişkilerin grafiksel ve pratik olarak yorumlanmasına imkan verdiği için bitki ıslahçıları tarafından son zamanlarda sıkça kullanılmaktadır [33]. GGE biplot metodolojisinde PC1 (principal component 1- 1. Ana bileşen) genotiplerin verimliliği, PC2 (principal component 2- 2. Ana bileşen) ise genotiplerin stabilitesini temsil etmektedir [4, 14, 34]. Bu yüzden ideal bir genotipin incelenen karakterler bakımından yüksek PC1 değerine ve sıfıra (0) yakın PC2 değerine sahip olması istenmektedir [13, 14, 21, 35].

İki yılın ortalamasına ait veriler kullanılarak yapılan GGE biplot analizi sonuçları Şekil 1 ve 2’de gösterilmiştir. Toplam varyasyonun % 48,24’ü PC1 ve % 22,07’si ise PC2 tarafından temsil edilmiştir. Genotipler ile incelenen özellikler arasındaki ilişkiyi gösteren Şekil 1’de (Which won where) poligonun köşegenlerinde yer alan G21 protein (PRT), yaş gluten (YGL) ve sedimentasyon özellikleri için en yüksek değerlere sahip genotip olmuştur. Tane verimi (TV), hektolitre (HL) ve bin tane ağırlığı (BTA) özellikleri için en yüksek değerler poligonun köşelerinde yer alan G13, G17 ve G18 genotiplerinden elde edilmiştir. G14 ise başaklanma gün sayısı (BGS) bakımından en yüksek değerlere sahip genotip olmuştur. G20, G1 ve G4 genotipleri de poligonun köşelerinde yer almış fakat bu genotiplerin lokalize olduğu sektörlerde incelenen özelliklerin yer almaması bu genotiplerin hiçbir özellik için ideal veya yüksek değerlere sahip olmadığını göstermektedir. Buna karşın orjine yakın yerde lokalize olan G6, G19 ve G25 genotipleri ise incelenen bütün özellikler için kabul edilebilir değerlere veya ortalamadan daha yüksek değerlere sahip olduğunu göstermektedir. Hagos ve ark. (2013) [33] GGE biplot metodolojisine göre, poligonun köşesinde yer alan genotiplerin ilgili karakter(ler) bakımından en ideal veya istenmeyen özelliklere sahip olduğunu belirtmektedir.

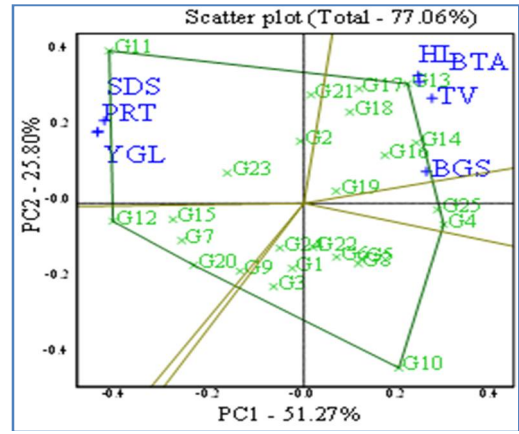
İncelenen özellikler arasındaki ilişki Şekil 2’de verilmiştir. Tane verimi (TV), başaklanma gün sayısı (BGS), hektolitre (HL) ve bin tane ağırlığı (BTA) özelliklerini temsil eden vektörler arasındaki açının 90 dereceden düşük olması bu karakterler arasında yüksek bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Aynı durum protein (PRT), yaş gluten (YGL) ve sedimentasyon (SDS) özellikleri arasında da söz konusudur. Ayrıca, özellikleri temsil eden vektörlerin uzunluğu veya vektörün orjinden uzaklığı da ilgili özellik bakımından genotiplerin varyasyonunu göstermektedir [36]. Buna göre, en uzun veya orjinden uzak vektöre sahip olan protein (PRT) özelliği için genotiplerde yüksek bir varyasyon, kısa vektöre sahip, orjine yakın olan başaklanma gün sayısı (BGS) ve tane verimi (TV) karakterleri için genotiplerin düşük bir varyasyona sahip olduğunu göstermektedir.



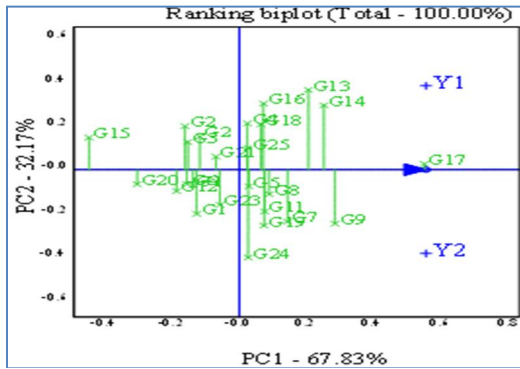
Şekil 1. Ortalama veriler bakımından genotip ile karakterler arasındaki ilişkiyi gösteren GGE biplot grafiği



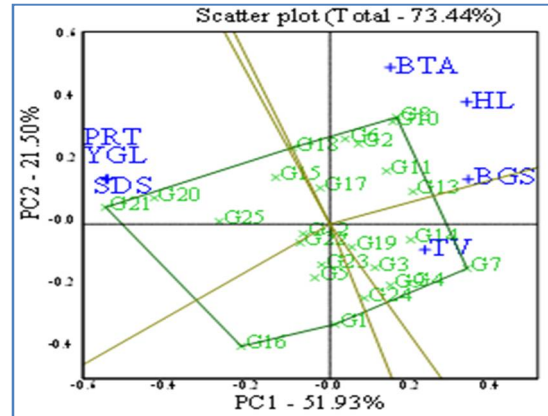
Şekil 2. Ortalama veriler bakımından incelenen karakterler arasındaki ilişkiyi gösteren GGE biplot grafiği



Şekil 4. 2011-12 sezonuna ait veriler bakımından genotip ile karakterler arasındaki ilişkiyi gösteren GGE biplot grafiği



Şekil 3. Ortalama tane verimi verileri bakımından genotiplerin kararlılığını gösteren GGE biplot ranking grafiği



Şekil 5. 2012-13 sezonuna ait veriler bakımından genotip ile karakterler arasındaki ilişkiyi gösteren GGE biplot grafiği

Tane verimi bakımından genotiplerin stabilitesini ve verim sıralamasının görsel olarak sunumu Şekil 3'te verilmiştir. AEC (average environment coordination) yöntemine göre ortalama tane verimini temsil eden ve eksen ortadan kesen çizginin sağında yer alan (PC1 değeri sıfırdan yüksek olan) genotipler ortalama tane verimine sahip olurken, diğer genotipler ise ortalama tane verimine sahip değillerdir (Şekil 3). G17 genotipi lokasyon ortalamasına göre tane verimi bakımından en yüksek (PC1 değeri en yüksek) değere sahip genotip, aynı zamanda orijini yatay olarak kesen çizgiye olan vektörel açının düşük olması (orijini yatay olarak kesen çizgiye yakın yerde olması veya PC2 değerinin sıfıra yakın olması), aynı zamanda stabil bir genotip olduğunu göstermektedir. G5, G8 ve G25 ortalama tane verimi yüksek tane verimi değerine ve aynı zamanda stabil olarak tanımlanabilecek genotiplerdir. Birinci yıla ait olan ve genotip ile incelenen karakterler arasındaki ilişkiyi gösteren GGE biplot grafiği Şekil 4'te gösterilmiştir. Toplam varyasyonun % 51,27'si PC1 ve % 25,80'i ise PC2 tarafından temsil edilmiştir. Buna göre, G13, G17, G14 tane verimi (TV), bin tane ağırlığı (BTA) ve hektolitreye ağırlığı için yüksek ve istenilen özelliklere sahip genotipler olmuştur. Protein oranı (PRT), yaş gluten oranı (YGL) ve sedimantasyon için ise G1 çeşidi istenilen özelliklere sahip genotiptir.

İkinci yılda genotipler ile incelenen özellikler arasındaki ilişkinin GGE biplot ile gösterimi Şekil 5'te verilmiştir. Toplam varyasyonun % 51,93'ü PC1 ve % 21,50'si ise PC2 tarafından temsil edilmiştir. Buna göre, poligonun köşelerinde yer alan G7 tane verimi için, G8 ve G10 bin tane ve hektolitreye değerleri için en yüksek değerlere sahip genotipler olmuştur. Protein oranı, yaş gluten ve sedimantasyon özellikleri için ise G21 ve G20 en yüksek değerlere veya istenilen özelliklere sahip genotiplerdir. Her iki yılda da, aynı sektörde ve birbirlerine yakın yerde lokalize olan tane verimi, bin tane, hektolitreye ve başaklanma gün sayısı karakterleri arasında yüksek bir korelasyon olduğu anlaşılmaktadır. Aynı durum protein oranı, yaş gluten ve sedimantasyon karakterleri arasında da söz konusudur.

5. Sonuç

Bu çalışma sonucunda, Doğu geçit kuşağı olarak adlandırılan bölgede soğuk zararının tane verimi ve kalitesini kısıtlayıcı bir faktör olduğu, genotiplerin düşük sıcaklığa farklı tepki gösterdiği, bölgeye uyumlu genotiplerin belirlenmesi için özellikle genotiplerin hangi vernalizasyon genlerine sahip olduğu, fotoperiyodizme karşı hassasiyet konularını içerecek daha kapsamlı çalışmaların yapılmasının yararlı olacağı sonucuna varılmıştır. Çalışmada, G21 genotipi protein ve yaş gluten özellikleri için istenilen özelliklere sahip olarak belirlenirken, G13, G17 ve G18 genotipleri tane verimi ve fiziksel kalite özellikleri için aynı zamanda soğuk zararına karşı daha az etkilendikleri için tescile aday olabilecek genotipler olarak

tespit edilmiştir. Güneydoğu Anadolu Ülkesele Buğday İslah çalışmaları kapsamında tane verimi ve bazı kalite özellikleri bakımından değerlendirilen hatlar Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesi geçit kuşağı alanlarına uygun buğday genotiplerinin geliştirilmesi için kullanılmıştır.

Kaynaklar

- [1] TÜİK., Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel Üretim istatistikleri, <http://www.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>, Erisim Tarihi: 22.10.2015.
- [2] Baloch F.S., Alsaleh A., Shadid M.Q., Çiftçi V., Miera L.E.S., Aasim M., Nadee M.A., Aktaş H., Özkan H. and Hatipoğlu R. A Whole Genome DArTseq and SNP Analysis for Genetic Diversity Assessment in Durum Wheat from Central Fertile Crescent. PLOS one 12 (1), 1-18, 2017.
- [3] Abugaliyevaa A.I., Morgounov A.I. Genetic Potential of Winter Wheat Grain Quality in Central Asia Aigul I. Abugaliyevaa and Alexey I. Morgounovb, International Journal Of Environmental & Science Education 11 (11), 4869-4884, 2016.
- [4] Kendal E., Sayar S. The Stability of Some Spring Triticale Genotypes Using Biplot Analysis. The Journal of Animal & Plant Sciences, 26(3), 754-765, 2016.
- [5] Kılıç H., Yazar S., Erdemci İ., Dönmez, E. Elazığ Ve Malatya Şartlarına Uygun Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Belirlenmesi.Ülkesele Tahıl Sempozyumu (2-5 Haziran 2008 Konya). s. 78-86, 2008.
- [6] Gabriel K.R. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. Biometrika 58: 453-467, 1971.
- [7] Yan W., Tinker N.A. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. Canadian Journal of Plant Science 86: 623-645, 2006.
- [8] Yan W., Hunt L.A., Sheng Q., Szlavnic Z. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. Crop Science 40: 597-605, 2000.
- [9] Yan W. GGE Biplot: A windows application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two way data. Agronomy Journal 93, 1111-1118, 2001.
- [10] Kılıç H., Aktaş H., Kendal E., Tekdal S. İleri kademe ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin biplot analiz yöntemi ile değerlendirilmesi. Türk Doğa ve Fen Dergisi 1(2), 132-139, 2012.
- [11] Sayar M.S., Han Y. Forage yield performance of forage pea (*Pisum sativum* spp. *arvense* L.) genotypes and assessments using GGE biplot analysis. Journal of Agricultural Science and Technology 18 (6),1621-1634, 2016.
- [12] Tekdal S., Kendal E., Ayana B. İleri kademe makarnalık buğday hatlarının verim ve bazı kalite özelliklerinin Biplot analiz yöntemi ile değerlendirilmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi. 1(3): 322-330, 2014.
- [13] Kendal E., Sayar M.S., Tekdal S. Aktaş H., Karaman M. Assessment of the impact of ecological factors on yield and quality parameters in triticale using GGE biplot and AMMI analysis. Pakistan Journal of Botany 48(5), 1903-1913, 2016.
- [14] Sayar M.S., Han Y. Mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) Hatlarının Tohum Verimi ve Verim Komponentlerinin Belirlenmesi ve GGE Biplot Analiz Yöntemiyle Değerlendirilmesi. Tarım Bilimleri Dergisi- Journal of Agricultural Sciences 21(1), 78-92, 2015.
- [15] Sadıç Ş., Bazı arpa çeşitlerinin Isparta şartlarında uyum yeteneklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi. Isparta. 50 s, 1998.
- [16] Anonim., AACC Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist, USA, 1990.
- [17] Anonim., ICC-Standart No:115/1. International Association for Cereal Chemistry, 1982.
- [18] Anonim, 1994. ICC-Standart No:155/1., 1994, International Association for Cereal Chemistry.
- [19] GenStat., GenStat for Windows (12th Edition) Introduction. VSN International, Hemel Hempstead, 2009.
- [20] Gomez K., Gomez A.A. Statistical Procedures for Agricultural Research, 2nd Edition. John Wiley and Sons. New York., 680 pp, 1984.
- [21] Sayar M.S., Anlarsal A.E., Başbağ M. Genotype-environment interactions and stability analysis for dry-matter yield and seed yield in Hungarian vetch (*Vicia pannonica* CRANTZ.). Turkish Journal of Field Crops, 18(2), 238-246, 2013.
- [22] Anıl H. Samsun Ekolojik Şartlarında Yetiştirilen Bazı Ekmeklik Buğday Çeşitlerinde Verim, Verim Unsurları ve Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. O.M.Ü. Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi. Samsun, 76 s, 2000.
- [23] Başer N., Öztürk İ., Avcı, R. ve Kahraman T. Trakya Bölgesi'nde Yetiştirilen Buğday Çeşitlerinin Verim, Kalite ve Diğer Bazı Özellikleri ile Buğday Tarımının Önemli Sorunları. Türkiye IV. Tarla Bitkileri Kongresi, 17-21 Eylül, Tekirdağ, 1, 63-68, 2001.
- [24] Orvar B.L., Sangwan V., Omann F., Dhindsa R.S. Early steps in cold sensing by plant cells: the role of actin cytoskeleton and membrane fluidity. Plant J., 23, 785-794, 2000.
- [25] Çölkesen M., Öktem A., Engin A.A., Öktem G. Bazı arpa çeşitlerinin (*Hordeum vulgare* L.) Kahramanmaraş ve Şanlıurfa koşullarında tarımsal ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 5(2), 47-56, 2002.
- [26] Kılıç H., Özberk İ., Özberk F. Bazı Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Sıcak ve Kurağa Toleranslarının Belirlenmesi. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu. Ed. H. Ekiz, 8-11 Haziran Konya, s., 358-364, 1999.
- [27] Cromey M, Wright D., Boddington H. Effects of frost during grain filling on wheat yield and grain structure. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 26, 279-290,1998.
- [28] Nour A., Nadya A.R., Hayam S., Fateh A. Influence Of Sowing Date And Nitrogen Fertilization On Yield and its Components in Some Bread Wheat Genotypes Egypt. J. Agric. Res., 89 (4), 1413-1433, 2009.
- [29] Mollasadeghi V., Reza S., Ali I.A., Majid K. Factor analysis of wheat quantitative traits on yield under terminal drought. American- Eurasian J.Agric. Environ. Sci., 10(2), 157-159, 2011.
- [30] Altınbaş M., Tosun M., Yüce S., Konak C., Köse E., Can R.A. Ekmeklik buğdayda (*T.aestivum* l.) tane verimi ve bazı kalite özellikleri üzerinde genotip ve lokasyon etkileri. Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi 41 (1), 65-74, 2004.
- [31] Kaya Y., Akçura M. Effects of genotype and environment on grain yield and quality traits in bread wheat (*T. aestivum* L.). Food Science Technology Campinas 34(2), 386-393, 2014.
- [32] Deng Z.Y., Tian J.C., Hu R.B., Zhou X.F., Yongxiang Z. Effect of genotype and environment on wheat main quality characteristics. Acta Ecologica Sincia 26, 2757-2763, 2006.

- [33] Hagos G., Abay F. AMMI and GGE biplot analysis of bread wheat genotypes in the Northern part of Ethiopia. *J. Plant Breed. Genetic* 1, 12-18, 2013.
- [34] Yan W., Hunt L.A., Sheng Q., Szlavnic Z. Cultivar evaluation and mega environment investigation based on the GGE biplot. - *Crop Science* 40, 597-605, 2000.
- [35] Farshadfar E., Rashidi M., Jowkar M.M., Zali H. GGE Biplot analysis of genotype \times environment interaction in chickpea genotypes. *Europ. J. Exp. Biology* 3(1), 417-423, 2013.
- [36] Abate F., Mekbib F., Dessalegn Y. GGE biplot analysis of multi-environment yield trials of durum wheat (*Triticum turgidum* Desf.) genotypes in North Western Ethiopia. *American J. Exp. Agriculture* 8, 120-129, 2015.



Türk Doğa ve Fen Dergisi Turkish Journal of Nature and Science

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



Piston ve supapları ZrO₂ kaplanmış bir dizel motorunda soya yağının kullanılması

Hanbey HAZAR^{*1}, Özkan GÜRBÜZ², Emine ŞAP³

Özet

Önemli alternatif enerji kaynaklarından biri de içten yanmalı motorlar için yakıt olabilecek bitkisel yağ kullanımıdır. Bu çalışmada ham bitkisel yağ bir dizel motorunda yakıt olarak kullanılmıştır. Soya yağı burada S15 olarak adlandırılan %15S-%85 D2 (dizel yakıt), S35 olarak adlandırılan %35S-%65 D2 ve S65 olarak adlandırılan %65 S-%35 D2 oranlarında hacimsel olarak karıştırılmıştır. Bu karışım yakıtlar ve normal dizel yakıtı, 4 zamanlı, tek silindri ve hava soğutmalı bir dizel motorunda kullanılmıştır. Daha sonra yukarıda bahsedilen deney yakıtları piston başı yüzeyi ve emme ve egzoz supaplarının yüzeyleri ZrO₂ seramik malzeme ile kaplanmış motorda test edilmişlerdir. Performans testlerinde motor moment, motor gücü ve fren özgül yakıt tüketimi değerleri tüm test yakıtları için kaplamalı ve kaplamasız motorlarda bulunmuştur. Emisyon testlerinde, test karışım yakıtlarının kullanımında CO, CO₂, HC ve NO_x emisyonlarının sonuçları bulunmuş ve normal dizel yakıtı değerleri ile karşılaştırılmıştır. Performans testi sonuçları motor performansının bitkisel yağ kullanımı ile bir miktar düştüğünü göstermiştir. Ancak motorun kaplanmasıyla beraber bitkisel yağ kullanımı ile kaplamalı motorda performans parametreleri, belki de silindir duvarlarında olan ısı transferinin azalması sayesinde, artışlar göstermiştir. Emisyon test sonuçları, kaplamasız motorda ve kaplamalı motorda bitkisel yağ kullanımı ile CO ve HC emisyonlarının azaldığını göstermiştir. Ancak hem bitkisel yağ kullanımı hem de motorun kaplanması işlemleri nedeniyle NO_x emisyonu değerleri artışlar göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Dizel motor; soya yağı; zirkonyum oksit (ZrO₂)

Use of soybean oil in a pistons and valves ZrO₂ coated diesel engine

Abstract

One of the major alternative energy sources is the use of vegetable oil, which may be fuel for internal combustion engines. In this study, raw vegetable oil was used as fuel in a diesel engine. The soybean oil was volumetrically mixed here at %15 S -85% D2 (diesel fuel), named here S15, %35S-%65 D2, named here S35, and % 65S-%35 D2, named here S65. The mentioned blend fuels and standard diesel fuel were then used in a single cylinder, four strokes and air cooled diesel engine. Then the above mentioned test fuels were tested in the coating engine which piston head surface and the surfaces of the intake and exhaust valves were covered with ZrO₂ ceramic material. In the performance tests, engine torque, power and brake specific fuel consumption results for test fuels usage in were observed. In the emission test, CO, CO₂, HC and NO_x emission results for all the test fuels operation were founded and compared with the standard diesel fuel operation. Results of performance have showed that the performance of the engine was slightly decreased with vegetable oil usage. However, the performance parameters of all the vegetable oils were increased when the test engine was coated probably due to the reduction of heat transfer through the engine cylinder. Emission test results have shown that CO and HC emissions were decreased by the use of vegetable oil on uncoated engine and coated engine. However, NO_x emissions were increased for both engine coating and vegetable oil usage in diesel engine.

Keywords: Diesel engine; soybean oil; zirconium oxide (ZrO₂)

1. Giriş

Yakıt fiyatlarındaki artış ve içten yanmalı motorlarda kullanılan fosil kaynaklı yakıtların yakın bir gelecekte tükenmesi ile birlikte çevresel sorunlar da gittikçe artmaktadır [1]. Petrol kaynaklarının hızla azalması, var olan kaynakların ise sınırlı olması, ekonomik ve politik

farklılıklar, dış ülkelere bağımlılık ve hava kirliliği tüm ülkeler için geçerli problemlerdir.

Petrole bağımlılığın azaltılması ve gelecekte yaşanabilecek petrol krizlerinin en az sıkıntıyla atlatılabilmesi düşüncesi, alternatif yakıt arayışlarına ve bunların motor yakıtı olarak iyileştirilmesi çalışmalarının yoğunlaşmasına sebep olmuştur [2,3]. Adını taşıyan dizel motorun mucidi Rudolph Diesel, toz kömüründen fıstık yağına kadar değişen yakıtlarla deneyler yapmıştır [4]. Birçok çalışmada geleneksel motorlarda bitkisel yağlar

¹ Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, 23119 Elazığ, Türkiye

² Batman, Türkiye

³ Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 12000 Bingöl, Türkiye

*Sorumlu yazar E-posta: hhazar@firat.edu.tr

kullanılmış ve yüksek viskozite, düşük uçuculuk ve çoklu doymamışlık sorunları nedeniyle performansın düşük olduğu belirlenmiştir [2,5]. Bu nedenle bilim adamları kabul edilebilir emisyon sınırları içerisinde yüksek verimle çalışabilecek ve yakıt tasarrufu sağlayacak içten yanmalı motorların araştırılmasına yönelmişlerdir.

Seramik kaplamalar, emisyonları azaltması, yanmayı iyileştirmesi ve motorun termal verimini daha yüksek potansiyelde tutması açısından en önemli tercih sebeplerindedir. Seramik malzemelerin geleneksel metallerden daha iyi aşınma karakteristikleri göstermeleri başka bir tercih edilme nedenidir. Dizel yakıtlarından kükürt içeriği hem korozyon hem de partikül oluşumu bakımından son derece mahsurludur. Su, tuzlu su ve tortular korozyona sebep oldukları için yakıt içerisinde istenmeyen bileşenlerdir [6].

Mevcut dizel yakıtına benzer özellik gösteren biyodizel, dizel motorlarında bazı değişiklikler ve ayarlamalar yapılarak kullanılabilir. Biyodizel, direkt olarak motorin yerine kullanılabilir gibi, mevcut motorin yakıtıyla belli oranlarda karışım oluşturularak da kullanılabilir. Biyodizel yakıtlarının ısı değerinin motorine nazaran daha düşük olması motorin termik veriminin düşüş göstermesine sebebiyet vermektedir. Aynı motor şartları altında biyodizelin güç ve torku daha düşüktür [7].

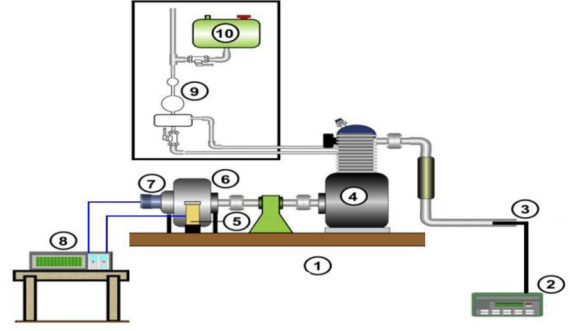
Biyodizel yakıtı, petrol kökenli yakıtlara göre daha az emisyon üretir, kükürt içermez. Biyodizelin içerdiği oksijen miktarı, motorinle karşılaştırıldığında %11 oranında daha fazla olduğu için biyodizel kullanımında karışım oluşumu daha iyi olmakta, bunun sonucunda egzoz emisyonlarında azalma görülmektedir [8].

Çeşitli çalışmalarda, yanma odalarının tamamının veya bir kısmının seramik ile kaplandığı dizel motorlarda motor performansının ve egzoz emisyonlarının arttığı bildirilmiştir [9,10]. Başka bir çalışmada kaplanmış motorun kaplanmamış motora kıyasla motor gücünde bir artış ve spesifik yakıt tüketimindeki azalmanın yanı sıra, egzoz gazı emisyonları ve duman yoğunluğunda önemli gelişmeler olduğu saptanmıştır. [11]. Biyodizel yakıtının, dizel motorlarda, partikül madde, karbon monoksit (CO) ve yanmamış hidrokarbonlar gibi emisyonları etkin bir şekilde azalttığı bildirilmiştir. Bununla birlikte, biyodizel gibi oksijenli yakıtların kullanımı ile genel olarak, NO_x emisyonlarında hafif bir artış gözlemlenmiştir [12-13]. Bir başka çalışmada, LHR motorunda kullanılan tüm test yakıtları konvansiyonel motora kıyasla egzoz gazı emisyonlarında önemli gelişmeler (NO_x hariç) ve motor gücündeki artış ile spesifik yakıt tüketimindeki azalma olduğu gözlemlenmiştir [14].

Bu çalışmada soya yağı, kaplanmış ve normal tek silindirli bir dizel motorunda kullanıldı. Bu çalışmanın amacı, dizel motorlarda alternatif dizel yakıt olarak soya yağı gibi ham bir bitkisel yağ kullanmanın kullanılabilirliği üzerindeki düşük ısı reddi dizel motorunun etkilerini araştırmaktır.

2. Materyal ve Metot

Deney motoru olarak, maksimum gücü 10 HP, silindir hacmi 406 cc, tek silindirli, dört zamanlı ve hava soğutmalı olan Rainbow marka bir dizel motor kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan hidrolik dinamometre aşağıdaki şekilde verilmiştir. Sırasıyla 1) Motor Test Yatağı Şasisi 2) Egzoz Emisyon Cihazı 3) Gaz Analiz Cihazının Sondası 4) Tek Silindirli Dizel Motoru 5) Yük Ayarı 6) Dinamometre 7) Takometre 8) Kontrol Ünitesi 9) Yakıt Ölçüm Ünitesi 10) Yakıt Tankı elemanlarından oluşmaktadır.



Şekil 1. Deneylerde kullanılan BT-140 model hidrolik dinamometrenin şematik görünüşü

Deney motoruna ait teknik özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deney Motorunun teknik özellikleri

Markası	Rainbow-186 Dizel
Püskürtme sistemi	Direkt püskürtmeli
Silindir sayısı	1
Strok hacmi	406 cc
Sıkıştırma oranı	18/1
Maksimum moment	25.21 Nm (1800 d/d'da)
Maksimum güç	10 HP
Maksimum motor devri	3600 d/d ±20
Soğutma sistemi	Hava soğutmalı
Püskürtme basıncı	19.6±0.49 Mpa (200 ±5 Kg/cm ²)
Ortalama piston hızı	7.0 m/sn (3000 d/d'da)

Deney motorunun piston başı, emme ve egzoz supaplarının yüzeyleri ZrO₂ seramik malzeme ile kaplanmıştır. Bu yöntemle deney motoru düşük ısı kayıplı bir motora dönüştürülmüştür. Kaplanmış ve kaplanmamış motor parçalarına ait resimler aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 2. Motor parçalarının kaplanmış ve kaplanmamış haldeki resimleri

Motor deneylerinde BT-140 model, maksimum gücü 50 KW, maksimum devri 7500 d/d olan hidrolik bir dinamometre kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan motor test cihazının teknik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Motor test cihazının teknik özellikleri

Fren Modeli	BT-140
Maksimum frenleme gücü	50 HP
Maksimum devir	7000 d/d
Maksimum moment (Tork)	250 Nm
Yük hücresi kapasitesi	1000 N
Maksimum güç için su sarfıyatı	V maks. 0,75 m ³ /h
Fren suyu basıncı	1–2 Kg/cm ²
Fren kontrol tipi	Kayıcılı fan perdeleri ile
Ağırlık sistemi	Metrik-Elektr. Yük Hücresi
Fan adedi	1
Elektrik ihtiyacı	220/380 V. 50 Hz.
Dönüş yönü	Sağ dönüşlü

Motor test standı (Bremze) kontrol cihazının teknik özellikleri tablo 3’de verilmiştir. İzleme cihazının üzerinde motor devrini (d/dak.) cinsinden, motor gücünü beygir gücü (HP) ve motor momentini kg.m olarak gösteren ekranlar mevcuttur. Ayrıca motora uygulanan yük kademeli olarak %10’ar dilimlerde halde değiştirilebilmektedir. Böylelikle motora uygulanan yük azaltılıp artırılabilir.

Tablo 3. Motor test tezgâhı (bremze) izleme/kontrol cihazı teknik özellikleri

Modeli	PC101BMS
Doğruluk sınıfı	% 0.2
Hassasiyet	± 1 Digit
Ölçüm hızı	5 ölçüm / saniye
Ağırlık ölçüm tipi	Lineer (Yük Hücresi-Load-Cell)
Devir ölçüm girişi	Manyetik algılayıcı
Güç sarfıyatı	16 W
Çalışma ortam sıcaklığı	0-50° C
Çalışma gerilimi	220± %5 VAC
Çıktı	Döküm almak için paralel yazıcı bağı

Yakıt tüketimi ölçüm cihazı ile yakıt tüketim değeri olarak bir saatlik yakıt tüketimi alınmaktadır. Yakıt tüketimi değişimlerini incelerken, büyüklükleri farklı olan motorlarda saatlik yakıt tüketiminden gidilerek, karşılaştırma yapılmaz. Bu amaçla, saatlik yakıt tüketiminin motor gücüne oranı olan özgül yakıt tüketimi değerlerinden yararlanır. Hacim ölçülmesinde en basit yöntem, bir kap içerisinde hareket eden yakıt yüzeyinin iki ölçü çizgisi arasında geçme süresinin kronometre ile saptanmasıdır. Bu süreden hareket edilerek, saatlik yakıt tüketimi l/h olarak bulunur. Bu değer yakıtın yoğunluğu ile çarpılarak, kg/h olarak yakıt tüketimi belirlenir. Yakıt ölçüm düzeninde 50 ve 100 ml hacminde olan bölmelerdeki yakıtın harcama zamanı kronometre ile saptanarak ilgili bağıntıdan özgül yakıt tüketimi hesaplanmıştır. Şekil 3’te yakıt tüketimi ölçüm ünitesi görülmektedir.



Şekil 3. Yakıt tüketimi ölçüm ünitesi

Soya yağından elde edilen yakıtların yanması sonucu oluşan atık gazların analizi için Şekil 4’te görülen CAPELEC CAP 3200 marka gaz analiz cihazı kullanılmıştır. Bu cihazın teknik özellikleri Tablo 4’te görülmektedir.



Şekil 4. Gaz analiz cihazı

Tablo 4. Gaz analiz cihazının teknik özellikleri

Parametre	Ölçme Aralığı	Hassasiyet
HC	0-20000 ppm	1 ppm
CO ₂	%0-20	%0,1
CO	%0-15	%0,001
O ₂	%0-21,7	%0,01
Lambda	0,6-1,2	0,001
NO _x	0-5000 ppm	1 ppm

Deneye başlamadan önce yakıt enjektör püskürtme basıncı, püskürtme avansı ve supap ayarlarının motorun katalog değerlerine uygun olduğu tespit edilmiştir. Motor deneylerine başlamadan önce yağlama yağı ve hava filtresi değiştirilmiştir. Deney sırasında alınan veriler motor çalışma sıcaklığına (85–90 °C) ulaştıktan sonra kaydedilmiştir ve deney süresince bu sıcaklıkta tutulmuştur. Yeni bir deneye başlamadan önce motor soğumaya ve dinlenmeye bırakılmıştır. Ayrıca bir önceki deneyde test edilen yakıtın tamamen tükenmesi için motor stop edene kadar çalıştırılmaya devam edilmiş ve daha sonra yakıt deposu yeni yakıt ile doldurulmuş böylece deneylere başlanmıştır. Deneyler önce kaplanmış motorda, dizel yakıtı (D2) ve soya yağının yakıt karışım oranları için sırasına göre yapılmıştır. Daha sonra kaplanmamış motorda testler, aynı yakıt ve aynı sırada kullanılmıştır. Her bir deney 3 defa tekrarlanmış ve aritmetik ortalamaları değerlendirmeye alınmıştır. Bütün yakıtlar için motor performansı ve egzoz emisyonlarının tespitinde motor tam gaz ve 1200, 1700, 2100 ve 2500 d/d motor devirlerinde gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Motor performansı

3.1.1. Özgül yakıt tüketimi

Özgül yakıt tüketimi bir motorda kütleli yakıt tüketiminin aynı koşullarda elde edilen motor gücüne bölünmesi ile elde edilir. Başka bir deyişle özgül yakıt tüketimi kwh başına tüketilen yakıt miktarıdır.

Deney yakıtı olan Soya yağının dizel yakıtı ile karışımları ve bu karışımların kaplamalı ve normal bir dizel motorunda test edilmesi ile elde edilen özgül yakıt tüketim değerleri Şekil 5'te verilmiştir. Şekillerde görüldüğü deney yakıtı için elde edilen özgül yakıt tüketimi değerleri motorun orta devirlerinde en düşük değerini almış ve motor devrinin yükselmesiyle beraber tekrar yükselmiştir. Deney yakıtı karşılaştırıldığında hem kaplamalı hem de normal motorda en düşük özgül yakıt tüketimi değerleri dizel yakıtının kullanımında elde edilmiştir. Bunun nedeni özgül yakıtının ısı değerinin bitkisel yağlardan daha yüksek olması nedeniyle aynı motor gücünü verebilmesi için daha fazla kütleli yakıt tüketimi gerektirmesidir. Soya yağının kaplamalı ve normal motorda özgül yakıt tüketimindeki yüzde değerleri karşılaştırıldığında, kaplamalı motor KD2'de % -7,98 , KS15'te -7,70, KS38'te % -10,40 ve KS65'te % -9,31 azaldığı Şekil 5'te görülmektedir.

3.1.2. Efektif güç

Deney yakıtı olan Soya yağının dizel yakıtı ile belirli oranlardaki karışımlarının ve dizel yakıtının kaplamalı ve normal bir dizel motorunda kullanımları ile elde edilen güç değerleri Şekil 6'da verilmiştir.

Elde edilen veriler tam yükte ve değişik devirlerdeki deneylerden elde edilmiştir. Şekil 6'da görüldüğü gibi dizel yakıtı ile karıştırılmış deney yakıtının kullanımında elde edilen güç değerleri devir sayısının artması ile beraber artış göstermiştir. Ancak çok yüksek devirlerde tekrar azalma eğilimine geçmiştir. Devir sayısındaki artış ile beraber motor gücündeki artışın nedeni birim zamanda gerçekleşen çevrim

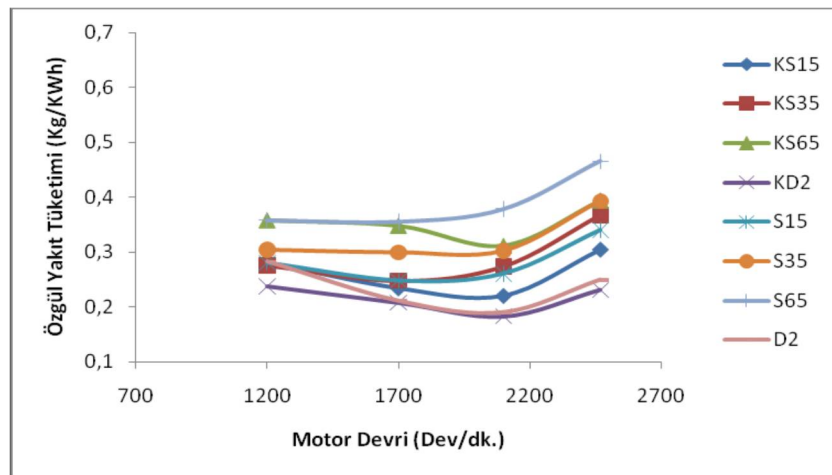
sayısının artması ve birim zamanda tüketilen yakıt kütleli artmasıdır. En düşük motor performans değerleri yüksek oranda soya yağı içeren yakıtlar için elde edilmiştir.

Bunun nedeni bitkisel yağların ısı değerinin düşük olmasından dolayı birim kütle yakıt başına yanma sonucu açığa çıkan ısının bu yağ için dizel yakıtından daha düşük olmasıdır. Kaplamalı ve normal motor deneyleri karşılaştırıldığında test yakıtlarının kaplamalı motorlarda kullanılması ile elde edilen güç değerleri genel olarak normal motordaki değerlerden daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni motorun kaplanmasıyla beraber silindir içerisinde yanma odasında oluşan sıcaklıklardan daha çok faydalanmasıdır. Soya yağının kaplamalı ve normal motorda Efektif güçlerinin yüzde değerleri karşılaştırıldığında ise kaplamalı motor KD2'de % 6,63, KS15'te 5,04, KS35'te % 6,96 ve KS65'te % 6,39 artışı tespit edilmiştir.

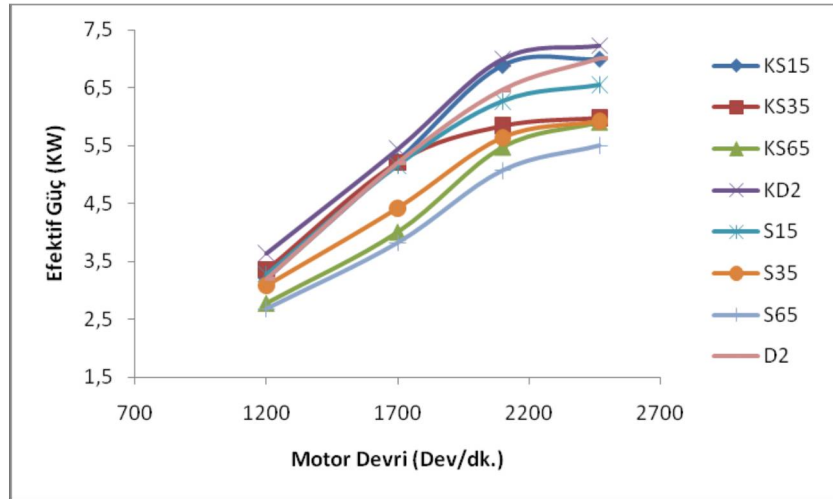
3.1.3. Motor momenti

Soya yağının dizel yakıtı ile karışımlarının motorda test edilmesi sonucu elde edilen motor moment değerleri motorun devir sayısına göre değişimi Şekil 7'de verilmiştir. Şekilde görülebileceği gibi motor devrinin artmasıyla motor momenti önce bir miktar artış göstermiştir. Motorun orta devirlerinde maksimum değerleri aldıktan sonra hızlı bir şekilde azalmıştır. Bunun nedeni artan motor hızıyla beraber hacimsel verimin ve dolayısıyla momentin düşmesidir.

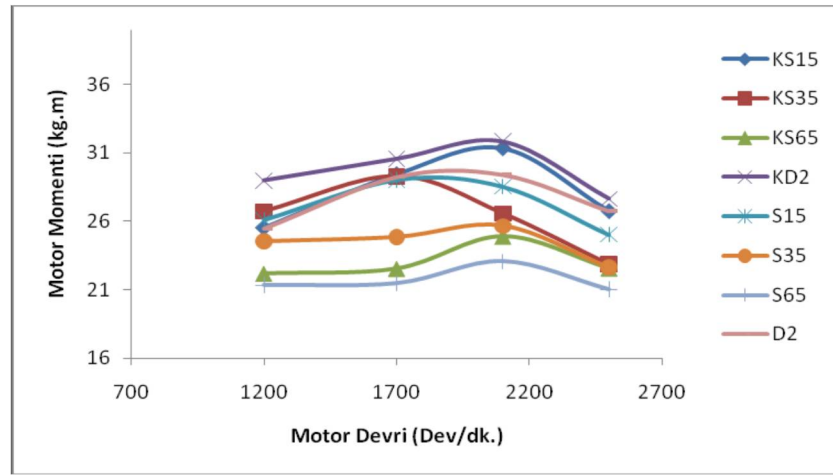
Soya yağları ile elde edilen yakıtların kullanılması sonucu moment değerleri dizel yakıtına oldukça benzer çıkmıştır. Ancak bir miktar düşüşler görülmüştür. Bu düşüşün nedeni bitkisel yağın ısı değerlerinin düşük olmasından dolayı ortalama efektif basınç değerleri ve dolayısıyla motor gücü ve momentin azalması olduğu düşünülmektedir. Motorun kaplama işleminin motor momentine etkilerinin test yakıtlarına göre değişimleri incelendiğinde ise kaplamayla beraber motor silindirlerinin dışına olan ısı transferinin azalmasıyla beraber silindir içi basınçların artmasından dolayı ortalama efektif basınç artmış ve moment değerlerinde bir miktar artış gösterilmiştir.



Şekil 5. Soya yağının kaplamalı ve kaplamasız motorda devire göre özgül yakıt tüketimi değişimleri



Şekil 6. Soya yağının kaplamalı ve kaplamasız motorda devire göre efektif güç değişimleri



Şekil 7. Soya yağının kaplamalı ve kaplamasız motorda devire göre moment değişimleri

Deneysel sonuçlardan elde edilen değerlerden, Soya yağının kaplamalı ve normal motorda motor momentlerinin yüzde değerleri karşılaştırıldığında ise kaplamalı motor KD2'de % 7,38, KS15'te %4,03, KS35'te % 7,97 ve KS65'te % 6,02 artığı tespit edilmiştir.

3.2. Egzoz emisyonları

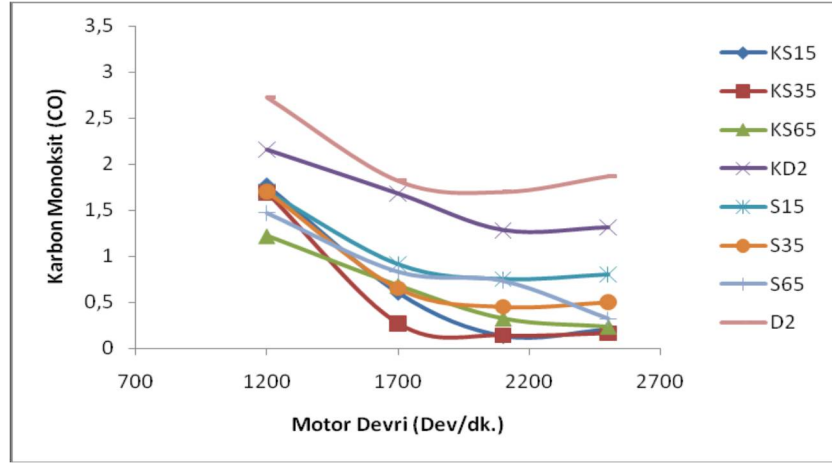
3.2.1. CO emisyonları

Şekilde 8'de görüldüğü gibi soya yağının dizel yakıtı ile karışımlarının motorda kullanılmasıyla CO emisyonlarında önemli miktarda düşüşler meydana gelmiştir. CO emisyonlarındaki bu azalmaların düzeyi karışımda kullanılan soya yağ miktarına göre gerçekleşmiştir. Kaplamalı ve kaplamasız motor uygulamaları karşılaştırıldığında CO emisyonlarının kaplamalı motorlarda

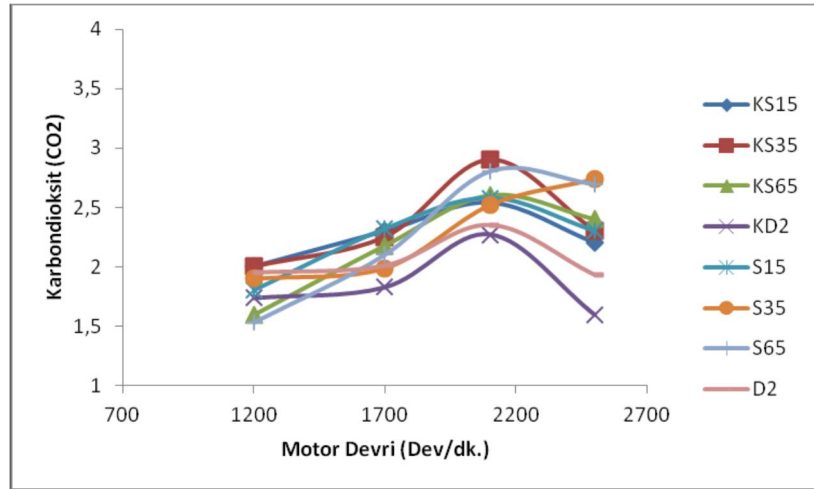
neredeyse bütün yakıtlar için normal motora göre daha az olduğu görülmektedir. Bunun nedeni motorun kaplanmasıyla birlikte silindirden ısı transferinin azalmasıyla beraber sıcaklıkların artması ve tutuşma gecikmesi sürenin azalması dolayısıyla yanmanın iyileşmesi olduğu düşünülmektedir. Soya yağının kaplamalı ve normal motorda CO yüzde değerleri karşılaştırıldığında, kaplamalı motor KD2'de % -20,71, KS15'te % -35,09, KS35'te % -31,39 ve KS65'te ise % -20,71 azaldığı Şekil 8'de görülmektedir.

3.2.2. CO₂ emisyonları

Soya yağının dizel yakıtı ile karışımları ve dizel yakıtının kaplamalı ve normal motorda kullanılması ile elde edilen CO₂ emisyonlarının motor devrine göre değişimi Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 8. Soya yağının kaplamalı ve kaplamasız motorda devire göre CO emisyonu değişimleri



Şekil 9. Soya yağının kaplamalı ve kaplamasız motorda devire göre CO₂ emisyonu değişimi

Şekil incelendiğinde motorun düşük devirlerinde dizel yakıtının kullanımında elde edilen CO₂ emisyonu değerleri gerek kaplamalı gerekse normal motorda soya yağı karışım yakıtlardan daha yüksek çıkmıştır. Ancak motorun devir sayısı yükseldikçe soya yağı karışımı yakıtların kullanımında oluşan CO₂ miktarları gerek kaplamalı gerekse normal motor için daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni yüksek motor devirlerinde bitkisel yağların sahip olduğu oksijen içeriğinden dolayı yanmanın dizel yakıtına göre daha iyi olması ve tam yanma ürünü olan CO₂'nin artmasıdır.

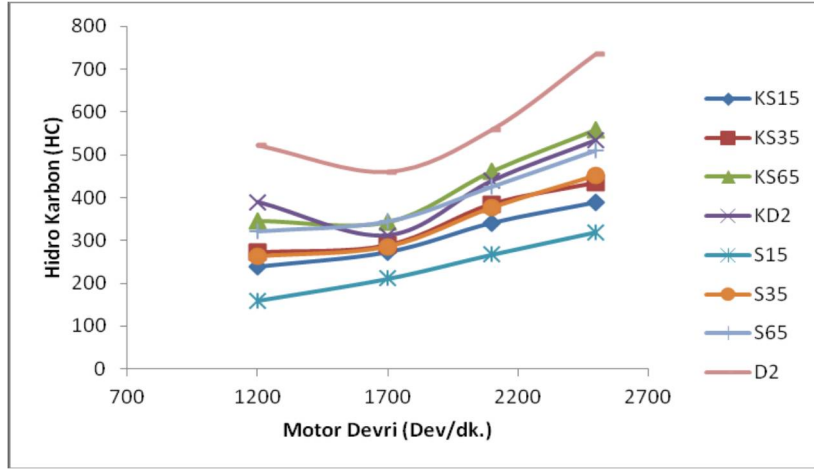
Soya yağının kaplamalı ve normal motorda CO₂ yüzde değerleri karşılaştırıldığında, kaplamalı motor KD2'de % -6,06 ve KS65'te % 12,11 azaldığı, KS15'te % 0,44 ve KS35'te %3,27 artığı deneysel çalışmalardan tespit edilmiştir.

3.2.3. HC Emisyonları

Soya yağının dizel yakıtları ile bazı oranlarda karışımlarının bir dizel motorunda kullanılması ile oluşan HC emisyonlarının kaplamalı bir dizel motorunda kullanılmalarıyla oluşan HC emisyonları Şekil 10'da

kaplamalı ve normal motorlarda kullanılması ile elde edilen veriler devir sayısına göre sunulmuştur. Görüldüğü gibi kaplamalı motorlarda bu yakıtların kullanılmasıyla HC emisyonlarının azaldığı sonucuna varılmıştır. Soya yağı için dizel yakıtıyla karışımlarının kullanımında motor egzozundan çıkan HC emisyonlarının dizel yakıtının sebep olduğu HC emisyonlarına göre daha az olduğu sonucuna varılmıştır. Kaplamalı motorda HC emisyonlarının azalmasının nedeni kaplamayla yanma odasında motor dışına ısı transferinin azalması ile beraber sıcaklıkların artması ve yanmanın tam yanmaya yakın seyretmesi ayrıca yanma sonu sıcaklıklarının yüksek olması nedeniyle HC oksidasyonun egzozu kadar devam etmesi gibi nedenler gösterilebilir. Soya yağı karışımları için HC emisyonlarının dizel yakıtına göre daha düşük olmasının nedeni ise bitkisel yağların kimyasal yapısında bulunan Oksijen içeriğinin yanmayı iyileştirmesi ve eksik yanma ürünlerinden olan HC ve CO emisyonları azaltmasıdır.

Soya yağının kaplamalı ve normal motorda HC yüzde değerleri karşılaştırıldığında, kaplamalı motor KD2'de % -11,78 ve KS35'te % -15,57 azalış, KS15'te % 9,58 ve KS65'te %7,41 artığı Şekil 10 grafiğinde görülmektedir.



Şekil 10. Soya yağının kaplamalı ve kaplamasız motorda devire göre HC emisyonu değişimleri

3.2.4. NO_x emisyonları

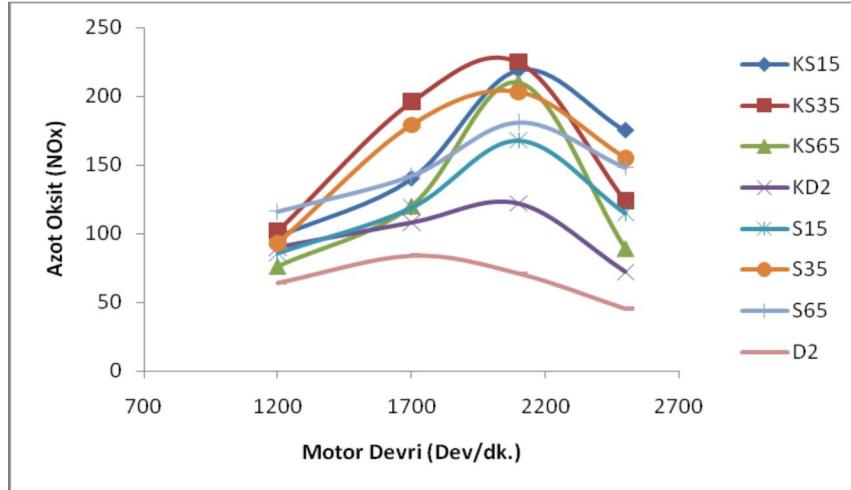
Soya yağlarının dizel yakıtı ile hacimsel karışımları ile dizel yakıtının kaplamalı ve normal bir dizel motorunda kullanımları ile oluşan NO_x emisyonlarının motor devirlerine göre değişim karşılaştırmalı olarak Şekil 11.'de verilmiştir. Soya yağı yakıtı için NO_x emisyonları motorun kaplanmasıyla beraber artış göstermiştir. Bu artışın nedeni motorun kaplanması ile beraber silindir içi sıcaklıkların yükselmesi olarak düşünülmektedir. Genel olarak soya yağları karışımları ile dizel yakıtı karşılaştırıldığında dizel yakıtının daha düşük NO_x emisyonlarına neden olduğu görülmektedir.

Soya yağları kullanımında yüksek olan oksijen içeriğinden dolayı yanma sonucu sıcaklıklarının yüksek

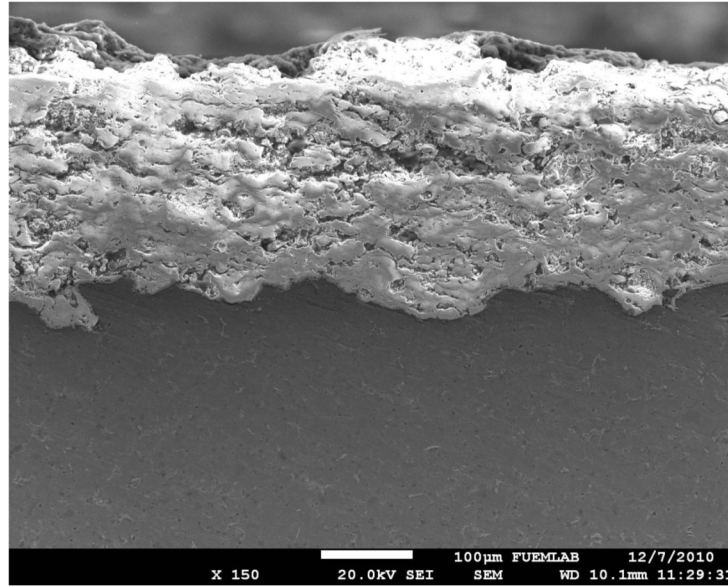
olması NO_x emisyonlarının artmasına neden olmaktadır. Soya yağının kaplamalı ve normal motorda NO_x yüzde değerleri karşılaştırıldığında, kaplamalı motor KS15'te % 29,50, KS35'te %2,68 ve KD2'de %48,48 artışı tespit edilmiştir.

3.3. Mikroyapı incelemeleri

Şekil 12.'de piston kesit yüzeyinden alınan numunenin x150 büyütmedeki SEM görüntüsü görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi SEM görüntüsünde kaplama tabakası ve ana malzeme net bir şekilde görülmektedir. Kaplama malzemesi olan ZrO₂ piston ana malzemesi ile iyi bir yapışma özelliği göstermiştir.



Şekil 11. Soya yağının kaplamalı ve kaplamasız motorda devire göre NO_x emisyonu değişimi



Şekil 12. Piston kesit yüzeyinden alınan SEM görüntüsü (x 150)

4. Sonuçlar

Dizel motorlarında kullanılacak bir alternatif yakıt olarak bitkisel yağın önemi giderek artmaktadır. Bu çalışmada soya yağı bir dizel motorunda yakıt olarak kullanılmıştır. Soya yağı dizel yakıtı ile %15, %35 ve %65 oranlarında hacimsel olarak karıştırılmıştır. Bu karışım yakıtlar ve normal dizel yakıtı, 4 zamanlı, tek silindri ve hava soğutmalı bir dizel motorunda kullanılmıştır. Daha sonra bu motor düşük ısı kayıplı bir motora dönüştürülmüştür. Motorun piston başı yüzeyi ve emme ve egzoz supaplarının yüzeyleri ZrO₂ seramik malzeme ile kaplanmıştır. Daha sonra yukarıda bahsedilen deney yakıtları kaplamalı motorda test edilmişlerdir. Elde edilen veriler sabit yükte ve değişik devirlerdeki deneylerden elde edilmiştir. Kaplamalı ve kaplamasız motordaki test sonuçları birbirleriyle karşılaştırılmış ve aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

- Kaplamalı ve normal motor deneyleri karşılaştırıldığında test yakıtlarının kaplamalı motorlarda kullanılması ile elde edilen güç değerleri genel olarak normal motordaki değerlerden daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni motorun kaplanmasıyla beraber silindir içerisinde yanma odasında oluşan sıcaklıklardan daha çok faydalanılmasıdır.
- Deney yakıtları karşılaştırıldığında soya yağından elde edilen yakıtların kullanılması ile elde edilen moment değerleri dizel yakıtına oldukça benzer çıkmıştır. Ancak bir miktar düşüşler görülmüştür. Bu düşüşün nedeni soya yağının ısı değerlerinin düşük olmasından dolayı ortalama efektif basınç değerleri ve dolayısıyla motor gücü ve momentin azalması olduğu düşünülmektedir. Motorun kaplama işleminin motor momentine etkilerinin test yakıtlarına göre değişimleri incelendiğinde ise kaplamayla beraber motor silindirlerinin dışına olan ısı transferinin azalmasıyla beraber silindir içi basınçların artmasından dolayı ortalama efektif basınç artmış ve moment değerlerinde bir miktar artış görülmüştür.
- Deney yakıtları karşılaştırıldığında hem kaplamalı hem de normal motorda en düşük özgül yakıt tüketimi değerleri dizel yakıtının kullanımda elde edilmiştir. Bunun nedeni dizel yakıtının ısı değerinin soya

yağından daha yüksek olması nedeniyle aynı motor gücünü verebilmesi için daha fazla kütleli yakıt tüketimi gerektirmesidir. Kaplamalı ve normal motor karşılaştırıldığında motorun kaplanmasıyla beraber ısı veriminin artmasından dolayı özgül yakıt tüketimi değerlerinde bir azalma görülmüştür.

- Soya yağının dizel yakıtıyla karışımlarının kullanımında motor egzozundan çıkan HC ve CO emisyonlarının dizel yakıtının sebep olduğu bu emisyonlarına göre daha az olduğu sonucuna varılmıştır. Kaplamalı motorda HC ve CO emisyonlarının azalmasının nedeni kaplamayla yanma odasında motor dışına ısı transferinin azalması ile beraber sıcaklıkların artması ve yanmanın tam yanmaya yakın seyretmesi ayrıca yanma sonu sıcaklıklarının yüksek olması nedeniyle HC ve CO oksidasyonun egzozu kadar devam etmesi gibi nedenler gösterilebilir. Soya yağı karışımları için HC ve CO emisyonlarının dizel yakıtına göre daha düşük olmasının nedeni ise soya yağının kimyasal yapısında bulunan oksijen içeriğinin yanmayı iyileştirmesi ve eksik yanma ürünlerinden olan HC ve CO emisyonlarını azaltmasıdır.
- Genel olarak deney yakıtları için NO_x emisyonları motorun kaplanmasıyla beraber artış göstermiştir. Bu artışın nedeni motorun kaplanması ile beraber silindir içi sıcaklıkların yükselmesi olarak düşünülmektedir. Soya yağının kullanımında yüksek olan oksijen içeriğinden dolayı yanma sonucu sıcaklıklarının yüksek olması NO_x emisyonlarının artmasına neden olmaktadır.
- Performans testi sonuçları motor performansının soya yağı kullanımı ile bir miktar düştüğünü göstermiştir. Ancak motorun kaplanmasıyla beraber soya yağı kullanımı ile kaplamalı motorda performans parametreleri, belki de silindir duvarlarında olan ısı transferinin azalması sayesinde, artışlar göstermiştir. Emisyon testi sonuçlarına gelince, hem normal kaplamasız motorda hem de kaplamalı motorda soya yağı kullanımı ile CO ve HC emisyonları azalmıştır. Ancak hem soya yağı kullanımı hem de motorun kaplanması işlemleri nedeniyle NO_x emisyonu değerleri artışlar göstermiştir.

Kaynaklar

- [1] Hejwowski, T., Weronki, A., “The Effect Of Thermal Barrier Coatings On Diesel Engine Performance” Surface Engineering, Surface Instrumentation & Vacuum Technology, 427-432. 2002.
- [2] Venkanna BK, Venkataramana C, Reddy B, Swati B, Wadawadagi. Performance, emission and combustion characteristics of direct injection diesel engine running on rice bran oil/diesel fuel blend. International Journal of Chemical and Biological engineering, 2(3):131-137. 2009.
- [3] Venkanna BK, Reddy CV. Performance, emission and combustion characteristics of DI diesel engine running on blends of honne oil/diesel fuel/kerosene. International Journal of Agriculture and Biology engineering, 4(3):1-10. 2009.
- [4] Acharya SK, Swain RK, Mohanti MK. The use of rice bran oil as a fuel for a small horse-power diesel engine. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 33(1):80-88. 2009.
- [5] Misra RD, Murthy MS. Straight vegetable oils usage in a compression ignition engine—A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14:3005–3013. 2010.
- [6] Borat, O., Balcı, M. ve Sürmen A., İçten Yanmalı Motorlar, G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Matbası, Ankara, 1995.
- [7] Heywood J., Internal Combustion Engine Fundamentals, Mc. Graw-Hill Science, Newyork, 667s. 1998.
- [8] Schumacher, L.G., 6V-92TA DDC Engine Exhaust Emission Tests Using Metyili Ester, National Soydiesel Development Board, U.S.A. 1997.
- [9] Sudhakar V. Performance analysis of adiabatic engine. SAE technical paper, 840850. 1984.
- [10] Miyairi Y, Matsuhisa T, Ozawq T. Selective heat insulation of combustion chamber wall for a DI diesel engine with manolithic ceramics. SAE technical paper, 890141. 1989.
- [11] Hazar H. Effects of biodiesel on a low heat loss diesel engine. Renewable Energy, 34(6):1533-7. 2010.
- [12] Lapuerta M, Armas O, Fernandez JR. Biodiesel engine performance and emissions in low temperature combustion. Progress in Energy Combustion Science, 34:198–223, 2008.
- [13] Aydin H, Ilkilic C. Effect of ethanol blending with biodiesel on engine performance and exhaust emissions in a CI engine. Applied Thermal Engineering, 30(10):1199–204. 2010.
- [14] MohamedMusthafa M, Sivapirakasam SP and Udayakumar M. Comparative studies on fly ash coated low heat rejection diesel engine on performance and emission characteristics fueled by rice bran and pongamia methyl ester and their blend with diesel. Energy, 36(5):2343-2351. 2011.



Türk Doğa ve Fen Dergisi Turkish Journal of Nature and Science

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



Son metodlara göre yemlerin kuru madde analizleri

Hüseyin NURSOY^{*1}, Emre ŞAHİN¹

Özet

Bu derlemede, gıda ve yemlerin son metodlara göre nem veya kuru madde (KM) analizlerinin amaç, prensip, prosedür ve güvenlik önlemleri hakkında önemli bilgiler verilmektedir. Son yıllarda araştırma makalelerinin “Materyal ve Metod” bölümlerinde prosedürler ayrıntılı olarak istenmekte, “Literatürler” bölümlerinde ise literatür metninde metod numaralarının da yazılması önerilmektedir. Bu derleme ile ülkemizdeki analistler için standart oluşturulması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nem analizi; kuru madde analizi; mikrodalga fırını; NIRS; Karl Fisher titrasyonu; gaz kromatografisi; toluen distilasyon

Dry matter analysis of feedstuffs based on current methods

Abstract

In this review, important information is provided on the purpose, principle, procedure and safety precautions of moisture or dry matter (DM) analyzes of food and feed by using the latest methods. In recent years, the procedures in the "Materials and Methods" sections of the research articles are requested in detail, and in the "Literatures" sections, it is suggested to write the method numbers in the literature text. This review aims to establish a standard for analysts in our country.

Keywords: Moisture analysis; dry matter analysis; microwave oven; NIRS; Karl Fisher titration; gas chromatography; toluene distillation

1. Giriş

1.1. Kuru Madde Analizleri İçin Örneklerin Hazırlanması

Kuru Madde (KM) veya nem analizlerine uygun ve homojen numune hazırlanmak için yemlerdeki tel, taş, toprak, kökler, farklı yemler, vb. temizlenmelidir. Yem değirmene girebilecek büyüklüğe getirilmeli veya uygun doğranmalıdır. Öğütülen yemler tekrar karıştırılmalı, hava cereyanında savrulmamalı ve hava almayan desikatörlerde bekletilmelidir. KM oranı düşük veya çok yaş yemler öğütülmemeli kısmi kurutma yapılmalıdır. KM oranı %85-95 aralığında olan kuru-konsantre yemler için değirmenin öğütme ibresi 1 mm'ye ayarlanır. KM oranı %85'ten aşağı kaba yemler (Silajlar ve haylajların (soldurulmuş, haylage) ortalama partikül uzunlukları 2.5 cm olmalıdır) için 50 mm çaplı ve 40 mm derinlikli alüminyum tabaklarda önce 65°C'de ve 48 saatte kısmi kurutma yapılır sonra değirmenin öğütme ayarı 4-6 mm'ye ayarlanır. İkinci kurutmadan sonra konsantre yemler gibi örnekler 1 mm'de öğütülürler. Öğütme işleminde her seferde düzenli olarak fırçalarla değirmen temizlenmeli gerekirse vakumlu araçlar kullanılmalı, başka örnek kalıntıları bulunmamalıdır. Öğütülen örnekler ısı ve ışıktan uzak tutulmalı, hava

almayan desikatörlerde bekletilmelidir. Desikatörlerde, desikant olarak CaO, CaCl₂, BaO, Al₂O₃, P₂O₅, CaSO₄ ve KOH kullanılmaktadır [1, 2].

1.2. Güvenlik Önlemleri

Öğütücülerin giysileri uygun olmalı laboratuvar gözlüğü, tozların inhalasyonuna karşı ağız - burun maskeleri kullanılmalı ve sese karşı kulaklık takılmalıdır. Cihazın kullanım kurallarına uyulmalıdır. Çoğu değirmenlerde, aşırı öğütme motorun yanmasına neden olduğu için aralıklı yapmak gereklidir. Makinenin bıçakları periyodik olarak bilmeli veya değiştirilmelidir. Aynı şekilde motor kısmının tozlanmaması için temizliği sağlanmalıdır. Bu amaçla vakumlu araçlar kullanılabilir. Parmaklar ve kullanılan objeler değirmenin milleri arasına kaptırılmamalı dalgınlığa yer verilmemelidir [3].

2. KM Analizleri

2.1. Hava Akımlı Kurutma Fırınlarda KM Analizleri

2.1.1. Kısmi KM Analizi

KM içeriği %85'in altındaki silajlar, yaş otlar veya diğer yaş numuneler öğütülemez. Bu nedenle 55-60 °C derecelerde ön, kurutma yapmakla, kimyasal kompozisyon (su veya nem

¹ Bingöl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, 12000 Bingöl, Türkiye

*Sorumlu yazar E-posta: nursoymalatya@hotmail.com

dışında) minimal etkilenmektedir. Ön kurutmadan sonra esas veya son kurutma yapılır, sonra öğütülür ve diğer kimyasal analizlere geçilir. Ancak son kurutmaya geçmeden önce, ön kurutmadan çıkan numunelerde selüloz, asit deterjanda çözünmeyen azot (ADIN) ve lignin analizleri yapılır ve sonra son kurutmadaki KM değerine göre düzeltme yapılır. Hava akımlı kurutma fırını (Forced-air drying oven); raflı, vantilatörlü ve hava çıkışı olan bir cihazdır. Isıtma esasında hava çıkışı açık tutulmalıdır. Analitik elektronik tartı, (0.01g hassasiyetli) kaba yem ve benzeri numuneler için 250-300 g kapasiteli alüminyum kaplar ve desikatöre ihtiyaç vardır [2].

Prosedür: Kuru alüminyum folyo üzerine kodlama yapılır. Alüminyum ve benzeri metal kaplar ve porselen krozelere 105°C'de 2 saat, kağıt malzemeli ve benzeri kaplar 55°C'de 8 saat boş olarak fırında kurutulurlar. Fırından sonra hemen desikatöre alınır ve 20-30 dk. soğuması beklenir. Boş ağırlık belirlenir (A1). Saf numune tartılır A2 olarak kaydedilir. Düşük nemli (% 50'den az KM) kaba yem örnekleri için 70-130 g, yüksek nemli (% 50'den fazla KM) kaba yem örnekleri için 150-250 g, mısır silajı örnekleri için 150-250 g, yüksek nemli tane mısır örnekleri için 150-250 g örnekler alınır. Tabaklar çalkalanır ve numunenin üniform ve maksimum alanda kuruması sağlanır. Örnekler hava akımlı kurutma dolabında, 55°C'de 16-24 saat kurutulur. Fırında hava akımı olmalı aşırı doldurulmamalıdır. Proteinlerin zarar görmemesi için fırın içi sıcaklığı 60°C'yi kesinlikle geçmemelidir. Bu sıcaklık uçucu asitleri korumak için katılan toluenli silaj örneklerine yakın bir KM sıcaklık değeridir. Örnekler desikatöre alınmadan, dışarıda 2-4 saat bırakılır. Sonra teraziye alınır, 0.1 mg'lık bir rakam farklılığı oluşuncaya kadar sabitleme beklenir ve A3 olarak yazılır. KM oranı % 85'in üzerine çıkması işlemin doğruluğunu gösterir [2, 4].

Hesaplama:

$KM, g = (A3 - A1 / A2)$.

A1 = alüminyum folyo darası,

A2 = saf yem ağırlığı,

A3 = Kurutulduktan ve soğutulduktan sonra dara+ yem,

[4].

Güvenlik Önlemleri: Elektrikli fırının kullanım kurallarına uyulmalıdır. Fırının metoduna uygun sıcaklık ve sürede çalıştırılmasına uyulmalıdır. Fırın aşırı doldurulmamalı hava sirkülasyonu sağlanmalıdır. Desikatör

kapağının sıcaklık basıncına bağlı olarak açılmamasına karşı gres yağı veya vazelinle kaydırılabilir hale getirildikten sonra kullanılmalı ve bu basınca karşı ilk aşamada çok az bir kapak açıklığı verilmelidir. Desikatörün nemi absorbe eden materyali (kireç, vb.) yılda 2 defa değiştirilmelidir. Her numune en az 2-3 paralel yapılmalıdır. Paraleller arası standart sapma 0.10^4 geçmemelidir [2, 4].

2.1.2. Normal KM Analizi

Kuru madde analizleri, yem alırken fazla neme veya suya para vermemek, besin maddelerinin tablo değerleri KM'ye göre belirlendiği için doğru rasyonların hazırlanması ve küf oluşumunu önlemek, depolanacak yemlerde nem içeriğinin %12.5'ten fazla olmaması için mutlaka yapılması gereken temel bir yem analizidir. Prensipten olarak yemdeki nemin buharlaştırılması ve gravimetrik (kütle ölçümüne dayalı) ölçümle bu miktarın bulunmasıdır. Konsantr yemler ve toprak gibi materyallerde en çok kullanılan KM analiz metodudur. KM oranı düşük silaj, yeşil yemler gibi uçucu asitler ve alkol (-OH) içeren materyallerde selüloz, asit deterjanda çözünmeyen azot (ADIN) ve lignin analizleri bu metodla yanlış sonuç vermektedir. Ekipman olarak; 2.1. bölümdeki ekipmanlara ilave olarak konsantr yem v.b numuneler için yaklaşık 50 ml hacimli porselen krozelere veya potalar kullanılır [2].

Prosedür: Kuru alüminyum folyo veya porselen krozelere etiketlendirme yapılır. Alüminyum ve benzeri metal kaplar ile porselen krozelere 105°C'de 2 saat, kağıt malzemeli ve benzeri kaplar 55 °C'de 8 saat boş olarak fırında kurutulurlar [5].

2.2. Vakumlu/Basınçlı Kurutma Fırınında KM Analizleri

Bu KM analizleri, fırın içi basıncı 20 mm Hg'dan aşağı olmayan ve sıcaklığı 20-100 °C arasında olan vakum fırınlarında 5-20 saat numunenin kurutulmasıyla yapılır. Şeker ve su içeriği yüksek yemlerde, şeker su moleküllerine bağlandığı ve normal fırında basınç olmadığı için su ayrılmamaktadır. Melas ve benzeri yemlerin KM analizleri vakumlu/basınçlı kurutma dolabında yapılmalıdır [2, 6].

Tablo 1. Konsantr yemlerin hava akımlı kurutma dolabında yapılan KM Analizlerinin Prosedürleri [6].

Materyal	Örnek Miktarı	Fırın Sıcaklığı	Süre	AOAC Metod Numarası
Tüm konsantr yemler	2 ± 0.01 g	105 °C± 2 °C	16 saat (1 gece) ± 5dk.	AOAC-967.03
Tüm konsantr yemler	2 ± 0.01 g	100 °C± 2 °C	24 saat ± 5dk.	AOAC-967.03
Tüm konsantr yemler, yağ, üre, şeker içeriği % 4'ten fazla olan yemler ve sütler, UYA ve alkol içeriği düşük olan kaba yemlere uygulanır. Bu metod ileri kimyasal analizler yapılacak numuneler için uygun değildir.	2 ± 0.01 g	135 °C± 2 °C	2 saat ± 5dk.	AOAC-930.15
Unlar	2 g	130°C	1 saat	AOAC 925.10
Soya Unu	5 g	130°C	2 saat	AOAC 925.10
Malt	5-10 g	103-104°C	3 saat	AOAC 935.29
Ham veya rafine şekerler, şekerleme ürünleri	5 g	100°C son 10 dk. 110°C'ye çıkarılır.	3 saat	AOAC 925.45
Et ve tavuk unu (yağ oranı düşük)	2 g	100-102°C	16-18 saat	AOAC 950.46a
Süt	5 g	100 ± 2 °C	3 saat	AOAC 990.19

Tablo 2. Bazı maddelerin vakumlu kurutma dolabında yapılan KM Analizlerinin Prosedürleri [6]

Materyal	Örnek miktarı	Basınç, mm Hg	Sıcaklık	Süre	AOAC Metod Numarası
Kuru yemler (Üre içeriği % 5'ten az olan yemler için)	2 g	≤100	95-100°C	5 saat	AOAC 934.01
Yüksek şekerli yemler melas, sıvı veya yarı-katı yemler	2 g	≤20	70°C	18 saat	AOAC 31.007
Yüksek melaslı yem karmaları	2 g	≤50	70°C	20 saat	AOAC 934.01
Un, (İçinde NaHCO ₃ olmamalıdır)	2 g	≤25	98-100°C	5 saat	AOAC 925.09
Et ve tavuk unu (Yağ oranı düşük)	2 g	≤100	95-100°C	5 saat	AOAC 950.46a
Ham veya rafine şekerler	2-5 g	≤50	60°C	18 saat	AOAC 925.45
Sıvı ve katı yağlar	5 g	≤100	20-25°C	1 saat	AOAC 926.12

2.3. Mikroalga Fırınında KM Analizi

Mikroalga fırını ile hızlı, basit fakat güvenilir olmayan nem içeriği belirlenebilir. Mikroalga fırını 1-1000 GHz arasında frekans ve 0.1-100 cm arası elektromanyetik dalga yayan aletlerdir. Evlerde kullanılan mikroalga fırınlarında suyun rezonans veya emilim değeri 2.45 GHz frekansındadır. Bu dalga boyunda su molekülleri ısınmakta ve maddenin kendisi de pişmektedir [7]. Bu metotta 100 g numune, mikroalgaya dayanıklı porselenlerde mikroalga fırınında maksimum 3 dakika tutulur. Fazla tutulması numuneyi yakar. Kuru otlar gibi uçucu yağ asitleri az olan örnekler için bu fırınlar sadece KM içeriğinin belirlenmesi için kullanılabilir. Ancak mikroalga ile kurutulan örneklerde selüloz, lignin, ADIN ve NIR analizi yapılmaz, çünkü fırın sıcaklığı 70°C'nin üzerindedir [8]. Oetzel ve ark. [9] mikroalga fırınında kurutulan mısır silajı ve yonca silajının normal fırında kurutulanlarla benzer KM değerleri verdiğini bildirmektedirler. Prensipte olarak; Nem içeriğinin mikroalga radyasyonu ile buharlaştırılması ve kalan kısmın gravimetrik (ağırlık esasına göre) olarak belirlenmesi prensibine dayanır [2].

Ekipman: Minimum 500-600 wattlık, dönen tablalı, mikroalga fırını, 0.01g hassasiyetli analitik elektronik tartı, kaba yem ve benzeri numuneler (3-5 cm kesilirler) için 250-300 g ve konsantre yemler için 10-20 g kapasiteli kağıt, mikroalgaya dayanıklı porselen, cam veya özel plastik kaplar kullanılabilir. [10].

Önemli Uyarılar: Mikroalga fırını periyodik olarak radyasyon kaçırma riskine karşı test edilmelidir. Çünkü bu kaçak radyasyon dalgaları vücudumuz tarafından absorbe edilmekte, vücut ısısını arttırmakta, kalp pili olan kişilerde ölümlere neden olmaktadır. Ayrıca göz lensini parçalamaktadır. Metal, alüminyum folyo, alüminyum kaplamalı süt kutuları, naylon ve plastik materyaller ve mikroalgaya dayanıksız porselenler mikroalga fırında parçalandığı için kesinlikle kullanılmamalıdır. Mikroalga fırınına, yanmaya karşı dayanıklı plastik kapta 20 ml soğuk su bırakılmalıdır. Numuneler 5 dk.'dan fazla fırında tutulmamalıdır [10].

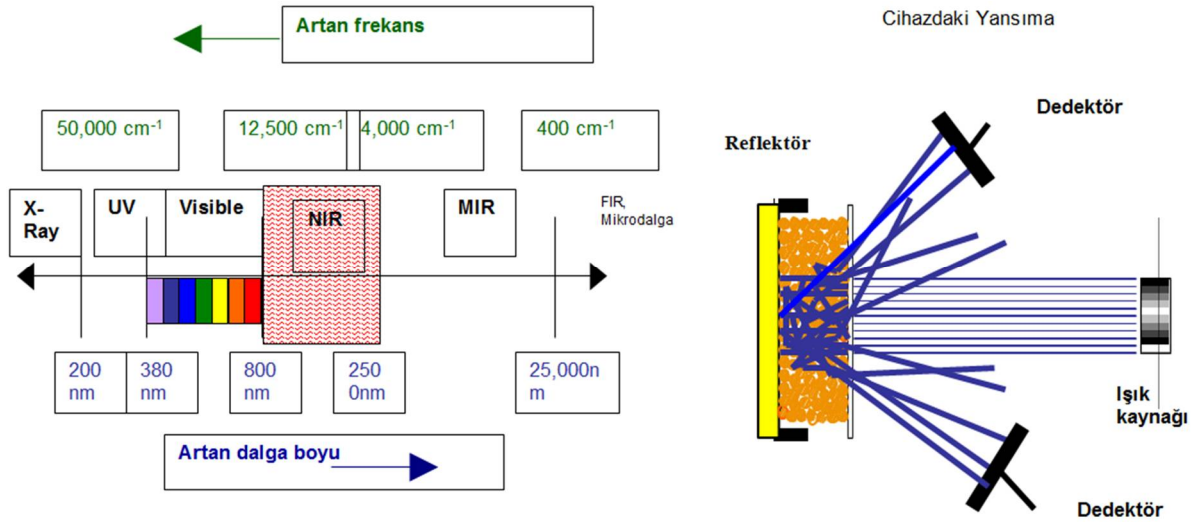
Prosedür: Kuru boş kap alınır 3 dk. full çalıştırılır. Dışarı alınır ve havada soğutulduktan sonra tartılır, A1. Kuru numune eklenir, A2. Kap+Numune fırına yerleştirilir. Fırın yaklaşık 3-5 dk. ve %80-100 güçte çalıştırılır. Numunenin yanmasını önlemek için 5 dk.'dan fazla fırında tutulmamalıdır. Kap+Numune fırından çıkartılır, 3-5 dk. dışarıda soğutulur, tartılır ve tekrar fırına yerleştirilir. Süre 1 dk. ve güç %50 azaltılır, bu işlem %50'den fazla nemli maddeler için 4-5 kez, aşağısı için 3 kez yapılır. Son tartımda 0'dan sonraki rakamlarda oynama 0.01'e kadar düşerse ağırlık kaybı sabitlenmiş demektir. Ayrıca bir önceki tartımla aralarında 0.5 g fark olursa son tartım kabul edilir. Fazla fırında kalması numunenin yanmasına, yanık kokusuna, siyahlaşmaya neden olursa KM yüksek çıkar (2, 10]. Hesaplama: $KM, \% = (A3 - A1/A2) \times 100$ A1 = Kabin

darası, g A2 = Saf yem ağırlığı, g A3 = Kurutulduktan sonra dara+ yem, g [10]

2.4. Kızılötesine Yakın Işın Yansıtma (İletme) Spektroskopisi (Near Infrared Reflectance (Transmittance) Spectroscopy, NIR (T) S) ile KM Tayini

Yemlerin nem içeriği, Kızılötesine Yakın Işın Yansıtma veya İletme Spektroskopisi (NIR(T)S) cihazı ile yemler öğütülmeden çok hızlı şekilde belirlenmektedir. Granül ve sıvı formda analizler yapılabilmektedir. NIRS'ta kimyasal maddeler kullanılmaz. Numunenin, kalibrasyonu doğru olan cihazdan 1 defa geçirilmesi nem veya KM tayini için yeterlidir. Genel olarak organik maddelerde Hidrojen bağı olduğu için NIRS'ın kızılötesi ışıkları veya dalgaları yansıma yapabilmektedir. Ca, P gibi mineral ölçümleri için farklı yansıtma kaynakları geliştirilmiştir. Yemlerdeki su, protein, yağ, NDF, ADF selüloz vb. gibi maddelerin içindeki C-H, N-H, O-H, S-H, vb. Hidrojen bağlarının üzerine en az 400-2500 nm dalga boylarındaki bir tungsten telli halojen bir lamba veya ışık (en az 100 W) kaynağından dalgaların gönderilmesi ve bu bağlardaki tekrar yansıtılan ışık enerjisinin bir spektrometre tarafından 2 nm'de bir absorbe edilmesi ve logaritmik rakama çevrilmesine dayanır. Absorbe edilen bu dalga değerleri $\log (1/R)^6$ olarak kaydedilir. Burada, R:Yansımanın dalga boyudur. Örneğin 800 nm dalga boyunda 1 saniyede yansıtılan bir ritmik enerji $1/800 \times 1000000 = 125000 \text{ cm}^{-1}$ dalga sayısı (frekans) üretir [2,11,12].

Aşağıda, X-Işınları (X-Ray); Görünen (Visible); Morötesi (Ultraviyole, UV); Yakın Kızılötesi Bölge/Radyasyon/Yansıma=Region, Radiation, Reflectance, (Near Infrared, NIR); Orta Kızılötesi (Mid Infrared, MIR) ve Uzak Kızılötesi (Far Infrared, FIR) ışınların dalga boyları ve saniyedeki frekansları görülmektedir [12, 13]. Genel olarak kaba yemler için R değeri 1100-2500 nm dalga boyu aralığındadır [2]. Şu anda kullanılan monokromator (tek renkli) NIRS cihazlarında KM, yağ, protein, şeker, selüloz, antinutrisyonel faktörler güvenilir olarak analiz edilirken, fazla güvenilir olmayan mineral maddelerin analizleri yapılabilmektedir. Cihazın kalibrasyonu için veya referans data sağlamak için farklı yemlerden en az 150-350 kimyasal analize gereksinim vardır, bunlardan daha düşük kalibrasyon örneklemeleri yapılmamalıdır. Ancak toplam olarak düşünüldüğünde NIRS kullanımı ile daha az kimyasal madde kullanılmakta, çalışan insanlara ve çevreye atık ürün olarak zarar verilmemekte, daha az laboratuvar malzemesi kullanılmakta, cihazın kullanım eğitimi daha az zaman almakta, daha az masrafla ve yaklaşık 10 saniye gibi çok kısa sürede yemlerdeki bazı maddelerinin miktarları belirlenebilmektedir. NIRS cihazlarında kalibrasyonlar için network kurulumu çok önemlidir. Örneğin MLR-Multiple Linear Regression az verili küçük kalibrasyonlarda güvenilir olmayan bir metottur. PLS-Partial Least Square ve MPLS-Modified form of PLS orta ölçekli bireysel kalibrasyonlar da



Şekil 1. Farklı Işınlr ve NIRS Cihazlarındaki Yansıma Modeli [13]

tercih edilir. ANN-Artificial Neural Network büyük ölçekli kalibrasyonlarda doğrusallık sorununu çözen en sağlam kalibrasyon geliştirme metodudur. NIRS cihazının fiyatı günden güne düşmesine rağmen yine de bugünkü koşullara göre pahalıdır [2,11,12].

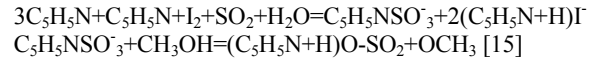
Prosedür: İyi bir kalibrasyon için en az 150-350 örnek analiz edilir ve sonuç değerleri programa aktarılır. Cihazın en iyi sonuçları soğukken değil bir miktar çalıştırıldıktan (lambası yanmadan) (15 dk.-1 saat) sonra elde edilir. Konulacağı kapların derinliği 1-4.3 cm'yi geçmemeli ve temiz olmalıdır. Gerekirse vakumla çok iyi temizlenmelidir. Bu amaçla temiz cam krozeler kullanılabilir. Taneli, toz, katı, sıvı, pasta ve kıvamlı her numune için darası alınmış özel kaplar veya cam petripler kullanılmaktadır. Bu malzemeler 135°C'de 2 saat kurutulduktan sonra içlerine numuneler bırakılır. Normal olarak yemler öğütülmeden ve tartılmadan cihaza konulabilir. NIRS'ta tüm tartımları cihaz yapmaktadır. Eğer kalibrasyonda örnekler kurutulmuş ve öğütülmüşse aynı şekilde öğütülmelidir. Örneğin; KM oranı %85'ten fazla olan yemlerin hem kalibrasyon yemleri hem de örnekleri 1 mm elekli değirmende öğütüldükten sonra okutulabilir. Numune miktarı cihazın kullanım kılavuzuna göre belirlenir. Örneğin, KM oranı %85'ten fazla ve 1 mm'de öğütülmüş kaba yemler genellikle 0.75-1.75 g kullanılır. Numune yerleştirildikten sonra kapağı sıkıca kapatılır, tarama yapılır veya okutulur. NIRS'ta okutulan aynı yem numunesinden 2 g alınır ve normal KM ile karşılaştırma yapılır [2, 11, 12]. Üretici firmanın NIRS cihazı kullanım kılavuzuna uyulmalıdır. NIRS cihazı tozlu yerlerde kesinlikle konuşlandırılmamalıdır. Oda sıcaklığı 25-30°C ve nispi nem %60 olmalıdır. Radyasyon yayan fırın, ütü, kurutma dolapları, telefon, radyo, televizyon, vb. elektrikli cihazlardan uzak tutulmalı veya aynı anda çalıştırılmamalıdır [11].

Donnelly ve ark. [14], kalibrasyonu düzgün yapılan NIRS cihazında mısır ve yonca silajlarının nem veya KM içeriğinin fırında 60 °C'de kurutulan numunelere benzer değerler verdiğini bildirmişlerdir.

2.5. Karl Fischer Titrasyon Metodu İle KM Analizi

Uçucu asitleri olan sıvı yağlar, bal, protein, organik asit ve sebzelerin nem veya KM içeriklerinin belirlenmesinde kullanılan bir metottur. Kimyasal maliyetinden dolayı yemlerin nem analizinde rutin olarak kullanılmamaktadır. Ancak melastaki su miktarının belirlenmesinde tercih edilmektedir. Volümetrik titrasyonda; Karl fisher Cihazı, Otomatik büret, titrasyon erleni, otomatik karıştırıcıya

ihtiyaç vardır [15]. Prensiptir olarak; Metilsülfonik asit anyonu, su ve SO₂ ile birlikte I₂'yi oksitler ve harcanan iyodun volumetrik veya kulometrik (iyodun elektriksel iyodid iyonuna dönüşmesi ve sudaki iyodun elektroliz miktarını belirleme metoduna dayanır) olarak ölçülmesiyle serbest su miktarı hesaplanır. Methanolun %25 ve üzeri çözücü olduğu reaktiflerde pH'nın 5-8 olması sağlanır ve bu pH'da her mol su için 1 mol I₂ harcanır. Yani aşağıdaki denklemdaki gibi iyotlu Karl Fisher reaktifi ve su 1:1 oranında reaksiyon oluşturmaktadır:



Karl Fisher Reaktifi: 2-Methoxyethanol % 52.25, kükürt dioksit % 7.80, iyot %14.55 ve piridin (C₅H₅N) % 25.40 kullanılır. Piridin baz toksik olduğu için son yıllarda imidazol veya primer aminler kullanılmaktadır. Hazırlanışı: 425 mL anhidrik piridin içinde 133g I₂ çözülür. Bu çözelti üzerine 425 mL anhidrik metanol veya etilen glkol mono etil eter eklenir. Buzdolabında soğutulur, sonra üzerine 102-105 g SO₂ eklenir, karıştırılır ve 12 saat buzdolabında tekrar bekletilir. Karl Fisher KM analizi için bazı firmalar hazır Volümetrik ve kulometrik Karl Fischer Titrator'lerini geliştirmişlerdir [15,16]. Karl Fisher metodu ile sıvı ve katı yağlardaki nem içeriği AOAC 984-20 nolu metotla da belirlenebilmektedir [2, 6].

Prosedür:

1-KM Oranı % 70-80 Olan Yemler İçin; AOAC 991.02 nolu metotla göre [6, 15, 16]; 8-10 g, nem oranı % 20-30 ve ucucu asitleri olan yemler doğrayıcıdan (ev tipi karıştırıcı) geçirildikten sonra erlene alınır üzerine 200 ml anhidrik metanol eklenir ve manyetik karıştırıcıda 15 dk. karıştırılır. Üst sıvıdan 10 ml alınır ve küçük tüplere bırakılır. Büret yardımıyla önce metanolle sonra Karl Fisher Reaktifi ile titre edilir. Çift platinli elektrotla yaklaşık -250 mv'luk elektrik düzeyinde titrasyon son noktaya gelmektedir. Hesaplama: Su, % = (2x (Harcanan Karl Fisher Reaktif miktarı, ml x Faktör (mg H₂O/mL Reaktif oranı)) / Yem miktarı, g.

2-Silaj ve Melas İçin: 15 g 10 mm uzunluğunda doğranmış silaj numunesi erlene alınıp üzerine 150 ml anhidrik metanol eklenir ve 24 saat oda sıcaklığında bekletilir. Bu esnada 5-6 kez çalkalanır. 2100 g x 10 dk. santrifüj edilir ve 1 saat çöktürülür. Supernatanttan 2 ml sıvı tüplere alınır ve ve büret yardımıyla önce yaklaşık 25 ml metanolle sonra Karl Fisher Reaktifi ile titre edilir. Çift

platinli elektrotla yaklaşık -250 mv'luk elektrik düzeyinde genellikle titrasyon son noktaya gelmektedir. Silajdaki Su, g/kg = Su için titre edilen Karl Fisher Reaktif tüketimi, ml x faktör (mg H₂O/mL Reaktif oranı) /silaj sıvısı volümü, ml [15]. Melastaki su: Melas için faktör 5 mg/mL alınır. Su, % = Faktör x mL Karl Fisher reaktif/ melas miktarı, g x 10, [15].

2.6. Gaz Kromatografi (GC) ile KM Analizi

Silaj gibi yemlerin nem içeriğinin belirlenmesinde GC'den de yararlanır. Petit ve ark [17] göre Toluenli distilasyon, Gaz Kromatografi (GC) ve Karl Fisher metodları ile 65°C ve 3 saat olan metod arasında KM oranı bakımından bir farklılık görülmediği bildirilmektedir. Porter ve Borton [18] ise toluenli silajlarda kg silajda 0.008 kg laktik asit, uçucu yağ asitleri, alkol ve amonyaktan dolayı kurutma dolabındaki 65°C de kurutulanlara göre daha az olduğunu bildirmektedirler. Ayrıca GC ve Karl Fisher metodlarının daha emniyetli ancak GC ile KM analizinin rutin numunenin olduğu laboratuvarlarda daha düşük maliyetli olduğunu bildirmektedirler. Prensipten dolayı; yem maddesindeki suyun metanole bağlanması ve pik eğrileri su içeriğinin belirlenmesi esasına dayanır.

Prosedür: 20 g silaj numunesi üzerine 150 ml anhidrik metanol eklenir 24 saat bekletilir 5-6 kez çalkalanır.

2.8. Nem Ölçer Cihazlarıyla KM Analizleri

Rutubet Ölçer Adı	Çalışma Prensipleri	Kaynak
Dielektrik Sabitleyicili Nem İndikatörü	Serbest elektronu olmayan veya yalıtkan özelliği olan ancak elektriksel alan veya kutuplaşmadan etkilenebilen maddelere dielektrik maddeler denir. Silajlar, şeker pancarı posası mısır, arpa, vb. gibi su veya nem içeren yem ve gıdalara uygulanan elektromanyetik spektrumun radyo frekanslarının algılanmasından yararlanılarak nem içeriği belirlenmektedir. Daha önce test edilen yemlerle kalibrasyon yapılır ve iletkenlik miktarına göre numunenin nem içeriği saptanır. Bu tür portatif, kullanışlı ve taşınabilir nemölçer cihazları özellikle tahıllar için yem ve gıda sanayinde veya çiftliklerde kullanılmaktadır. Örneğin gece vakti gelen bir dökme mısır dolu bir kamyondan 200 g numune cihaza bırakılır ve yem maddesinin nemi belirlenir. Bu tür nem ölçümlerinin doğruluk derecesi gravimetrik ölçümlerden daha düşüktür.	20, 21, 22
Elektrik Direncine Göre Nem Ölçer	Cihazın nem ölçme metodu, iletkenliğin belirlenmesine dayanır. Özellikle ahşabın veya nem içeriği % 25 ve aşağı olan tüm maddeler için hata payı daha düşüktür. Numunede elektriğe karşı oluşan direnç, kalibre edilen örneklerle kıyaslanır.	22, 23
Refraktometrik Nem Ölçer	Işığın 20 °C'deki saf sakkaroz çözeltisindeki kırılma indisine göre örneğin yansıma değerleri belirlenir. Sadece berrak çözeltilerde analiz yapılabilir. Bulanık veya katı parçalar içeren çözeltilerde ışığın yansıması da yanlış olacaktır. El ve Abbe refraktometresi olarak 2 tür cihazı vardır.	24
Metal Rezistanlı Hızlı Nem Dedektörleri	Carter-Simon® (150 °C), Brabender® (200 °C), Bühler® (en az 40 bar), Computrac® (20-275°C), Mettler®, Koster®, vb. markalı cihazlar yemlerin nem içeriği farklı sıcaklık derecelerinde veya basınçta metal rezistanslarla ısıtma yaparak hızlı ölçüm yapabilmektedirler. Örneğin Carter-Simon® cihazına yaklaşık 7 g numune alınır ve darası alınan alüminyum tabağa konur, cihaza yerleştirilir ve 150°C ve 20 dk. ısıtılır, 10 dk. desikatörde soğutulan numune tartılır ve KM hesabı yapılır.	25, 26
Halojen Lambalı Gravimetrik Nem Ölçer	Metal rezistan ve infrared ışık yayan halojen lambadan dolayı numunedeki nemin buharlaşarak ağırlığın azalması ilkesine göre nem içeriği maksimum 20 dk. da belirlenir. Sadece numune cihaza yerleştirilir, tüm okumalar cihaz tarafından yapılır. Bu metodun doğruluk derecesi 2-3 saatte hava akımlı kurutma dolaplarında yapılan klasik KM analizlerine oldukça yakındır.	26

Supernatanttan 10 ml sıvı tüplere alınır ve 3500x g 10 dk. santrifüj edilir. Sonra 4 ml üst sıvı alınır ve 2 mikrolitre GC'ye enjekte edilir. GC'nin termal dedektörü ve 80/100 mesh Porapak QS kolonlu olması gereklidir [18].

2.7. Toluen Distilasyon Metodu İle KM Analizi

AOAC 925.04 nolu metoda göre [19]; su ile karışmayan organik, yanıcı ve deriyi tahriş eden bir çözücü olan toluenle özellikle baharatlar, soldurulmuş (haylage) veya normal silajlar ile katı ve sıvı yağlar gibi yemlerdeki suyun çıkarılması, toplanması ile miktarının belirlenmesi esasına dayanır.

Düşük sıcaklıklarda bile fırında kurutma yapılırken organik asitler ve alkollerle birlikte su kaybı da olmaktadır. En az 25 g yağ örneği (A), 500 ml'lik behere alınır, üzerine kaynama sıcaklığına yakın 5 ml sıcak su eklenir ve beraber kaynatılır. Buharı geri soğutmalı düzeneğe 1 saat distile edilir, su hacmi tartılır (B). Toluen, sudan daha hafiftir. $KM \% = 1 - (B/A) \times 100$ ve Rutubet, $\% = 100 - KM, \%$ [2].

Kaynaklar

- [1] Anonim, Animal Feed: Sample Preparation (950.02) Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, 15th edition, Washington DC, 1990.
- [2] Undersander D., Mertens D.R., Thix N., Forage Analyses Procedures, South Dakota State University, National Forage Testing Association, Omaha Nebraska, 1993.
- [3] Anonim, National Forage Testing Association (NFTA), Forage analysis procedures, section a. laboratory sample preparation, http://www.foragetesting.org/lab_procedure/old/sample.html, Erişim Tarihi: 20.04.2017.
- [4] Anonim, National Forage Testing Association (NFTA), Partial dry matter using forced-air drying ovens, http://www.foragetesting.org/lab_procedure/sectionB/2.2/part2.2.1.1.htm, Erişim Tarihi: 20.04.2017.
- [5] Anonim, National Forage Testing Association (NFTA), Total dry matter by oven drying at 100 °c for 24 hr or 105 °c for 16 hr., http://www.foragetesting.org/lab_procedure/sectionB/2.1/part2.1.2.htm, Erişim Tarihi: 20.04.2017.
- [6] Anonim, Association of Official Analytical Chemists, AOAC, Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th Edition, Maryland, 2000.
- [7] Anonim, Mikrodalga, Wikipedia, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Mikrodalga>, Erişim Tarihi: 14.05.2010.
- [8] Griggs, T.C., Determining forage dry matter concentration with a microwave oven, http://extension.usu.edu/files/publications/publication/AG_Forage_&_Pasture_2005-01.pdf, Erişim Tarihi: 20.04.2017.
- [9] Oetzel, G.R., Villalba, F.P. Goodger, W.J. Nordlund. K.V., A comparison of on-farm methods for estimating the dry matter content of feed ingredients. *J. Dairy Sci*, 76:293-299, 1993.
- [10] Anonim, National Forage Testing Association (NFTA), Total dry matter by microwave drying to constant weight, http://www.foragetesting.org/lab_procedure/sectionB/2.2/part2.2.2.3.htm, Erişim Tarihi: 20.04.2017.
- [11] Anonim, AOAC-991.01Chapter 4: Animal Feed. Moisture in Forage, Near Infrared Reflectance Spectroscopy. In: Official Methods of Analysis of AOAC International, Association of Official Analytical Chemists, 17th Edition, Maryland, , 2000.
- [12] Anonim, National Forage Testing Association (NFTA), 2017, Dry Matter by Near Infrared Reflectance Spectroscopy, http://www.foragetesting.org/lab_procedure/_old/ldm.html#2.2.2.4 Erişim Tarihi: 20.04.2017.
- [13] Anonim, Foss NIRS Systems Inc. Analyzers/BenefitsAndFeatures.aspx. <http://www.foss.dk/Solutions/ProductsDirect/FeedForage> Erişim Tarihi: 20.04.2010.
- [14] Donnelly D.M., Yang H., Combs D.K., Comparison of dry matter measurements between three hand-held near-infrared units with oven drying at sixty degrees Celsius for forty-eight hours, *Journal of Animal Science*, 94, Suppl. 5, 311, doi:10.2527/jam2016-0652., 2016.
- [15] Thix N.J., Erem, T.V., Determination of water (moisture) and dry matter in animal feed, grain and forage (plant tissue) by Karl fisher titration: Collaborative Study, *Journal of AOAC International* , 85, 2: 318-327, 2002.
- [16] Anonim, The Japan Food Chemical Research Foundation, B. General Tests, Water Determination (Karl Fischer Method), [http://www.ffcr.or.jp/zaidan/FFCRHOME.nsf/7bd44c20b0dc562649256502001b65e9/146fd852cd5e269049256f32001a133e/\\$FILE/B43.pdf](http://www.ffcr.or.jp/zaidan/FFCRHOME.nsf/7bd44c20b0dc562649256502001b65e9/146fd852cd5e269049256f32001a133e/$FILE/B43.pdf) Erişim Tarihi: 11.04.2017.
- [17] Petit H.V., Lafreniere C., Veira D.M., Comparison of Methods to Determine Dry Matter in Silages, *J of Dairy Sci*, 80, 3, 558-562, [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)75970-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)75970-8), 1997.
- [18] Porter M.G., Borton D.A., Comparison of methods for the determination of dry matter concentration in grass silage including an extraction method for water, *Animul Feed Science Technology*, 68, 67-76, 1997.
- [19] Anonim, AOAC-925.04, Chapter 4:Moisture in Animal feed. Distillation ith Toluene In: Official Methods of Analysis of AOAC International, Association of Official Analytical Chemists, 17th Edition, , p.1, Maryland, 2000.
- [20] Anonim, AACC-44-11.01, Moisture-Dielectric Meter Method, American Association of Cereal Chemists, <http://methods.aaccnet.org/summaries/44-11-01.aspx>, Erişim Tarihi: 20.04.2017.
- [21] Tomaraei P., Tahıllda Nem Ölçümü İçin RF Nem Algılayıcısının Geliştirilmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, (Yüksek Lisans Tezi), Ankara, 2010.
- [22] Uytun A., Pekey, B., Kalemci, M., Toprak Nemi Ölçümler, VIII. Ulusal Ölçümbilim Kongresi, p. 1-9, Gebze-Kocaeli, 26-28 Eylül 2013.
- [23] Anonim, Nem Ölçme Yöntemleri, <https://www.ahsap.com/teknik/ahsap-ve-su/nem-olcme-yontemleri/>, Erişim Tarihi: 20.04.2017.
- [24] Karabulut A., Canbolat Ö., Yem Değerlendirme ve Analiz Yöntemleri, Uludağ Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 2.05.048.0424., Bursa, 2005.
- [25] Anonim, AACC, American Association of Cereal Chemists, <http://www.aaccnet.org/resources/checksample/cksubscribers/documents/checksampled.pdf>, Erişim Tarihi: 20.04.2017.
- [26] Anonim, Moisture Analyzer, http://www.made-in-china.com/products-search/hot-china-products/Moisture_Analyzer.html, Erişim Tarihi: 20.04.2017.