



ORDU ÜNİVERSİTESİ
BİLİM ve TEKNOLOJİ
DERGİSİ

Ordu University
Journal of Science and Technology

Hakemli Elektronik Dergi

Haziran 2022 | Cilt: 12, Sayı: 1

ISSN: 2146-6440

e-ISSN: 2146-6459





ORDU ÜNİVERSİTESİ

**BİLİM ve TEKNOLOJİ
DERGİSİ**

Ordu University
Journal of Science and Technology

Hakemli Elektronik Dergi

Haziran 2022 | Cilt: 12, Sayı: 1

ISSN: 2146-6440

e-ISSN: 2146-6459





ORDU ÜNİVERSİTESİ

**BİLİM ve TEKNOLOJİ
DERGİSİ**

2022; (12) 1

ISSN: 2146 - 6440

e-ISSN: 2146 - 6459

ORDU ÜNİVERSİTESİ

BİLİM VE TEKNOLOJİ DERGİSİ

CİLT 12, SAYI: 1 | HAZİRAN 2022

"Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi" 2011 yılından bu yana, Türkçe veya İngilizce olarak hazırlanan çalışmaları açık erişimli yayınlayan bilimsel ve hakemli bir dergidir. Dergimiz, elektronik olarak yılda iki kez (Haziran ve Aralık) yayınlanmaktadır.

Dergimiz; Fen Bilimleri alanında ki Mühendislik, Temel Bilimler, Ziraat ve Fen-Matematik Eğitimi konularını kapsayan hem deneysel hem de kuramsal makalelere yer vermektedir.

Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, Index Copernicus, DRJI ve SOBIAD tarafından indexlenmektedir.

ORDU UNIVERSITY

JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

VOLUME 12, ISSUE: 1 | JUNE 2022

"Ordu University Journal of Science and Technology" is a scientific and peer-reviewed journal that has been publishing open access studies in Turkish or English since 2011. Our journal is published electronically twice a year (June and December).

Our journal includes both experimental and theoretical articles in the fields of Science, Engineering Sciences, Agriculture, and Science-Mathematics Education.

Ordu University Journal of Science and Technology currently indexed by Index Copernicus, DRJI ve SOBIAD

Makaleler "i-Thenticate" intihal incelemesinden geçmiştir.
Articles have passed the "i-Thenticate" plagiarism review.

Dergimiz, etik "Yayın Etiği Komitesi" COPE (Committee on Publication Ethics) ilkelerini benimsemektedir.

Our journal adopts the principles of COPE (Committee on Publication Ethics).



Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası Lisansı (CC BY-NC 4.0)
Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

SAHİBİ

Ordu Üniversitesi Adına
Dr. Öğr. Üyesi. Mithat AKGÜN (Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü)

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi. Mithat AKGÜN

EDİTÖR YARDIMCISI

Doç. Dr. Elvan ÜTÜN

YABANCI DİL EDİTÖRÜ

Öğr. Gör. Selin YURDAKUL

MİZANPAJ EDİTÖRÜ

Dr. Öğr. Üyesi. Necati TAŞKIN

ALAN EDİTÖRLERİ

Prof. Dr. Şevket Metin KARA
Prof. Dr. Kürşat KORKMAZ
Prof. Dr. Kamil KAYGUSUZ
Prof. Dr. Genççağ PÜRÇEK

Prof. Dr. İmdat İŞCAN
Prof. Dr. Sezai ALKAN
Doç. Dr. Mustafa AKTAŞ
Doç. Dr. Ahmet AYGÜN
Prof. Dr. Erhan SET
Doç. Dr. Faruk AKYAZI
Doç. Dr. Burhan ÖZTÜRK

Doç. Dr. Mutlu SÖNMEZ ÇELEBİ
Doç. Dr. Fatih ÖNER

Doç. Dr. Ali MİROĞLU
Doç. Dr. Ömer ATABEYOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi. Mithat AKGÜN
Dr. Öğr. Üyesi. Ergün YÜCESOY

Dr. Öğr. Üyesi. Kerem ERZURUMLU
Dr. Öğr. Üyesi. Elif ÇİL

Dr. Öğr. Üyesi. Sümeyye ŞAHİN

*Endüstri Bitkileri, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler
Bitki Fizyolojisi, Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği
Fiziksel Kimya
Kaynak Teknolojileri, Malzeme Tasarım ve
Davranışları, Üretim Teknolojileri, Kaplama
Teknolojisi, Malzeme Üretim Teknolojileri, Metal
Alaşımalar, Triboloji, Üretim Metalurjisi
Matematiksel Analiz
Kanatlı Hayvan Yetiştirme ve Islahı
Elektrik Makineleri ve Enerji Dönüşümü
Bahçe Bitkileri Yetiştirme ve Islahı
Matematiksel Analiz
Entomoloji, Nematoloji
Bahçe Bitkileri Yetiştirme ve Islahı, Hasat Sonu
Teknolojisi ve Fizyolojisi, Meyve Yetiştirme ve Islahı
Kimya, Analitik Kimya, Elektrokimya
Tarla Bitkileri Yetiştirme ve Islahı, Tahıllar ve
Yemeklik Tane Baklagiller
Hidrobiyoloji
Mimarlık, Planlama, Tasarım
Makine Mühendisliği, Gıda Bilimleri ve Mühendisliği
Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği, Yapay Öğrenme,
Yapay Zekâ, İşaret İşleme
Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği
Eğitim Bilimleri ve Öğretmen Yetiştirme, Mikrobiyoloji,
Bakteriyoloji
Gıda Bilimleri ve Mühendisliği, Gıda Bilimi, Gıda
Kimyası, Yağ Teknolojisi, Beslenme ve Diyetetik*

2022 HAZİRAN 12 (1) SAYISI HAKEM LİSTESİ

Prof. Dr. Damla BENDER ÖZENÇ	<i>Ordu Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Faruk ÖZKUTLU	<i>Ordu Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Nevin GÜRBÜZ	<i>İnönü Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Sezer ŞAHİN	<i>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Abdullah ERGÜN	<i>Sivas Cumhuriyet Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Abdullah BEYAZ	<i>Ankara Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Ergun KAYA	<i>Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Goncagül SERDAROĞLU	<i>Sivas Cumhuriyet Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Mustafa Ali DOKUYUCU	<i>Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Tolga AKTÜRK	<i>Ordu Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Halit Seyfettin ATLI	<i>Siirt Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Hayri SAĞLAM	<i>Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi. Meryem YEŞİL	<i>Ordu Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi. Serbay DURAN	<i>Adıyaman Üniversitesi</i>
Arş. Gör. Dr. Adil Koray YILDIZ	<i>Yozgat Bozok Üniversitesi</i>
Arş. Gör. Özlem ETE AYDEMİR	<i>Ordu Üniversitesi</i>
Arş. Gör. Selin GALATALI	<i>Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi</i>
Öğr. Gör. Mevlüt İNAN	<i>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi</i>


ARAŞTIRMA MAKALESİ | RESEARCH ARTICLE

- 1-10 On Exact and Numerical Solutions to the Burgers' and Coupled Burgers' Equation
Burgers ve Coupled Burgers Denklemlerinin Tam ve Nümerik Çözümleri Üzerine
Mine Babaoğlu
- 11-19 *Salvia fruticosa* Mill.'da *In Vitro* Tohum Kültürü ile Aseptik Fide Üretimi
Aseptic Seedling Production by *In Vitro* Seed Culture in *Salvia fruticosa* Mill.
Emel Yılmaz Gökdoğan, Müge Etik, Betül Bürün
- 20-30 Doğu Karadeniz Yöresinde Üretilen Bazı Çayların Alüminyum Akümülyasyonu ve
Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi
Determination of Aluminum Accumulation and Heavy Metal Content of Some Tea Produced in
Eastern Black Sea Region
Mehmet Alkayın, Nesrin Yıldız
- 31-42 Humik Asit ve Azotlu Gübrelemenin Marulun Besin Maddesi İçerikleri Üzerine Etkisi
The Effect of Humic Acid and Nitrogen Fertilization on Nutrient Content of Lettuce
Ceyhan Tarakçioğlu, Merve Baş Odabaş
- 43-51 Asmalarda Yaprak Alma Sıklığının Sürgün Büyümesi, Verim ve Bazı Kalite Değerleri
Üzerine Etkisi
The Effect of Leaf Picking Frequency on Shoot Growth, Yield and Some Quality Values in Vines
Mehmet Settar Ünal, Hasan Sezgin
- 52-63 Density Functional Theory and Molecular Docking Analysis of Newly Synthesized
and Characterized Benzimidazolium Salts
Yeni Sentezlenmiş ve Karakterize Edilmiş Benzimidazolium Tuzlarının Yoğunluk Fonksiyonel Teorisi
ve Moleküler Doking Analizi
Elvan Üstün, Neslihan Şahin

DERLEME | REVIEW

- 64-83 Tarımda Drone Kullanımı ve Geleceği
Use of Drones in Agriculture and Its Future
Mehmet Metin Özgüven, Ziya Altaş, Derya Güven, Arif Çam

On Exact and Numerical Solutions to the Burgers' and Coupled Burgers' Equation

Mine Babaoglu¹

¹University of Kahramanmaraş Sutcu Imam, Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education, Kahramanmaraş, Turkey

Geliş Tarihi / Received Date: 08.10.2021

Kabul Tarihi / Accepted Date: 26.11.2021

Abstract

In this work, one dimensional Burgers' equation and coupled Burgers' equation are solved via Homotopy perturbation method (HPM). Solutions two and three-dimensional graphics and tables of some obtained results are constructed with the help of a ready-made package program. All solutions found in this study validate the efficiency of the method. According to the results, we have found out that our gained solutions convergence very speedily to the analytical solutions. In conclusion, we can say that the present method can also be applied for the solutions of a wide range of nonlinear problems.

Keywords: one dimensional Burgers' equation, Coupled Burgers' equation, Homotopy perturbation method, embedding parameter

Burgers ve Coupled Burgers Denklemlerinin Tam ve Nümerik Çözümleri Üzerine

Öz

Bu çalışmada, bir boyutlu Burgers denklemleri ve Burgers denklemleri sistemi Homotopi pertürbasyon metodu (HPM) ile çözülmüştür. Elde edilen çözümlerin iki ve üç boyutlu grafikleri ve tabloları hazır paket programı yardımıyla oluşturulmuştur. Bu çalışmada bulunan tüm çözümler metodun etkinliğini doğrulamaktadır. Sonuçlara göre, elde ettiğimiz çözümlerin analitik çözümlere çok hızlı bir şekilde yakınsadığı ortaya çıkarılmıştır. Sonuç olarak, sunulan metodun geniş aralıktaki lineer olmayan problemlerin çözümleri için uygulanabilir olduğunu ifade etmemiz mümkündür.

Anahtar Kelimeler: bir boyutlu Burgers denklemleri, Coupled Burgers denklemleri, Homotopi pertürbasyon metodu, yerleştirilen parametre

Introduction

In most cases it is difficult to solve nonlinear problems, especially analytically. Several techniques have been developed to solve these problems (Amirov & Ergun, 2020; Ergun, 2019; 2020). Perturbation techniques (Cole, 1968; He, 1999; Nayfeh, 2000) were among the popular ones and are based on the existence of small or large parameters, namely the perturbation quantities. Unfortunately, many nonlinear problems in science and engineering do not contain such kind of perturbation quantities at all. Hence, some non-perturbative technique (Adomian, 1994; Lyapunov, 1992; Wazwaz, 2002) have been developed, in which these techniques are independent upon small parameters. However, both perturbative and non-perturbative techniques cannot provide a simple way to adjust or control the convergence region and the rate of given approximate series (Liao, 1992; 2004).

To overcome such problems, the Homotopy perturbation method (HPM) is constructed and proposed. The method is powerful and has been successfully applied to solve many types of nonlinear problems in science and engineering by many authors. In this work, we implement the Homotopy perturbation method (HPM) in order to obtain the analytic solutions of one dimensional Burgers' equation and coupled Burgers' equation.

Material and Method

Homotopy Perturbation Method

To explain the method, we take into consideration the subsequent nonlinear equation:

$$A(u) - f(r) = 0, \quad r \in \Omega, \quad (2.1)$$

with the boundary condition

$$B(u, \partial u / \partial n) = 0, \quad r \in \Gamma,$$

where A is a general differential operator, B is a boundary operator, $f(r)$ is a known analytical function and Γ is the boundary of the domain Ω (He, 1999). A can be divided into two parts which are L and N , where L is linear and N is nonlinear. Then, equation (2.1) can be rewritten as the following form

$$L(u) + N(u) - f(r) = 0.$$

By means of homotopy technique, we construct a homotopy

$$V(r, p) : \Omega \times [0, 1] \rightarrow \square$$

which satisfies

$$H(V, p) = (1-p)[L(V) - L(u_0)] + p[A(V) - f(r)] = 0, \quad p \in [0, 1], \quad r \in \Omega, \quad (2.2)$$

or

$$H(V, p) = L(V) - L(u_0) + pL(u_0) + p[N(V) - f(r)] = 0, \quad (2.3)$$

where $p \in [0, 1]$ is an embedding parameter, u_0 is the initial approximation of equation (2.1). Distinctly, we get from equations (2.2) and (2.3),

$$H(V, 0) = L(V) - L(u_0) = 0, \quad (2.4)$$

$$H(V, 1) = A(V) - f(r) = 0. \quad (2.5)$$

The changing process of p from zero to unity is just that of $V(r, p)$ from $u_0(r)$ to $u(r)$. In topology, this is called deformation, and also, $L(V) - L(u_0)$ and $A(V) - f(r)$ are called homotopy (He, 1999).

With respect to homotopy perturbation method, we can firstly use the embedding parameter p as small parameter, we will assume that the solution of equations (2.2) and (2.3) can be rewritten as a power series of p ,

$$u = \lim_{p \rightarrow 1} V = V_0 + V_1 + V_2 + \dots$$

Results and Discussion

Application of the Present Method and Numerical Results

In this section, the homotopy perturbation method (HPM) is developed to acquire the approximate solutions of the one dimensional Burgers' equation and coupled Burgers' equation is used. Primarily, we consider the one dimensional Burgers' equation is as follows,

$$u_t + uu_x - \nu u_{xx} = 0, \quad t \geq 0, \quad (3.1)$$

$$u(x, 0) = \frac{\alpha + \beta + (\beta - \alpha)e^\gamma}{1 + e^\gamma}, \quad (3.2)$$

where $\gamma = \alpha(x/\nu)$ and parameters α , β and ν are arbitrary constants. When we apply the method to the Burgers' equation, one has

$$(1-p)[\dot{Y} - \dot{u}_0] + p[\dot{Y} + YY' - \nu Y''] = 0, \quad (3.3)$$

where $\dot{Y} = \frac{dY}{dt}$, $Y' = \frac{dY}{dx}$, $Y'' = \frac{d^2Y}{dx^2}$ and $p \in [0, 1]$. By arranging equality (3.3), substituting the initial guess (3.2) identifying the zeroth component and

$$Y = Y_0 + pY_1 + p^2Y_2 + \dots,$$

$$\dot{Y} = \dot{Y}_0 + p\dot{Y}_1 + p^2\dot{Y}_2 + \dots,$$

$$Y' = Y'_0 + pY'_1 + p^2Y'_2 + \dots ,$$

$$Y'' = Y''_0 + pY''_1 + p^2Y''_2 + \dots ,$$

we have computed the remaining components $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, \dots$ etc. via recursive scheme as follows

$$Y_0 = \frac{\alpha + \beta + (\beta - \alpha)e^{\frac{\alpha x}{v}}}{1 + e^{\frac{\alpha x}{v}}},$$

$$Y_1 = \frac{2e^{\alpha x/v} t \alpha^2 \beta}{(1 + e^{\alpha x/v})^2 v},$$

$$Y_2 = \frac{e^{\alpha x/v} (-1 + e^{\alpha x/v}) t^2 \alpha^3 \beta^2}{(1 + e^{\alpha x/v})^3 v^2},$$

⋮

In this way, we obtain the approximate solution of initial value problem (3.1)-(3.2) in series form by

$$u(x, t) = \lim_{p \rightarrow 1} \sum_{k=0}^{\infty} p^k Y_k = Y_0 + Y_1 + Y_2 + \dots , \quad (3.4)$$

Also, it should be expressed that the equation has the analytic solution given by

$$u(x, t) = \frac{\alpha + \beta + (\beta - \alpha)e^{\frac{\alpha}{v}(x - \beta t)}}{1 + e^{\frac{\alpha}{v}(x - \beta t)}} , \quad (3.5)$$

Numerical assessments of one dimensional Burgers' equation are given in Figure 1-2 and Table 1.

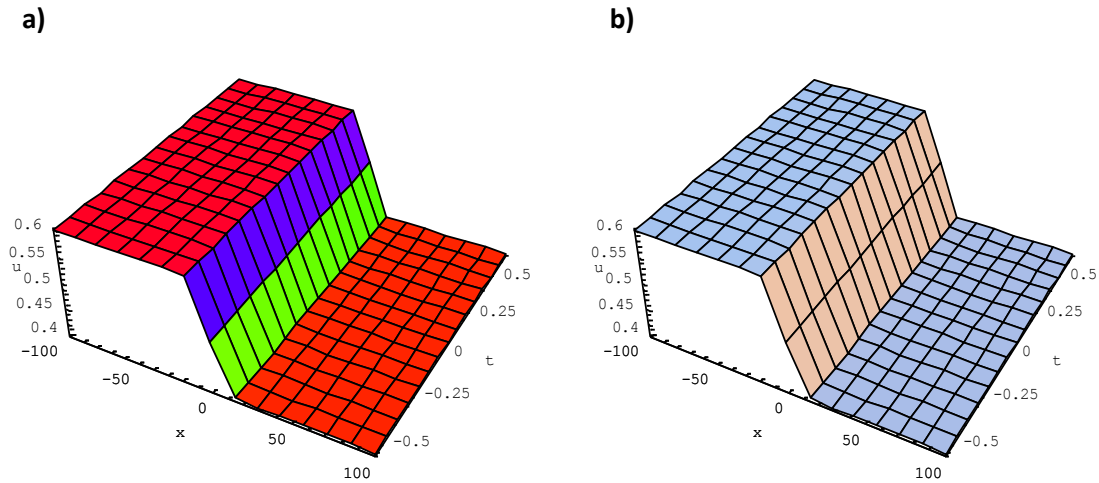


Figure 1. The 3D Graph of Approximate and Analytic Solution of One Dimensional Burgers' Equation when $\alpha = 0.1$, $\nu = 0.3$, $\beta = 0.5$

a) The 3D Graph of Approximate Solution (3.4) for $\phi_3(x, t)$ via HPM b) The 3D Graph of Analytic Solution (3.5)

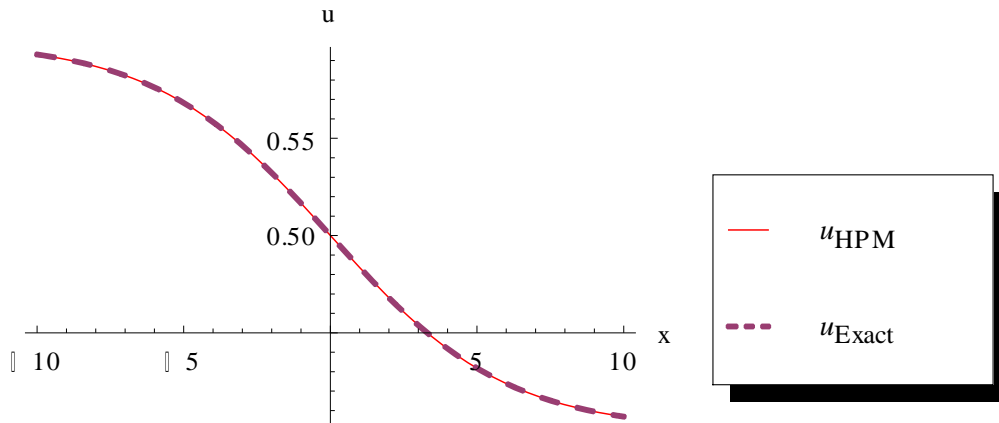


Figure 2. Comparison between HPM and Analytic Solution of One Dimensional Burgers' Equation when $\alpha = 0.1$, $\nu = 0.3$, $\beta = 0.5$

Table 1. Absolute Error of One Dimensional Burgers' Equation Attained by HPM for $\phi_3(x, t)$ ($\alpha = 0.1$, $\nu = 0.3$, $\beta = 0.5$)

$t_i \mid x_i$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.1	1.92735×10^{-8}	1.54218×10^{-7}	5.20559×10^{-7}	1.23402×10^{-6}	2.41026×10^{-6}
0.2	1.92147×10^{-8}	1.5379×10^{-7}	5.19258×10^{-7}	1.23128×10^{-6}	2.40558×10^{-6}
0.3	1.91133×10^{-8}	1.53022×10^{-7}	5.16808×10^{-7}	1.22581×10^{-6}	2.39557×10^{-6}
0.4	1.897×10^{-8}	1.51917×10^{-7}	5.13221×10^{-7}	1.21764×10^{-6}	2.38027×10^{-6}
0.5	1.87853×10^{-8}	1.5048×10^{-7}	5.08512×10^{-7}	1.20681×10^{-6}	2.35977×10^{-6}

In addition, we focus on the coupled Burgers' equation has the following form:

$$\begin{aligned} u_t - u_{xx} - 2uu_x + (uv)_x &= 0, \\ v_t - v_{xx} - 2vv_x + (uv)_x &= 0, \end{aligned} \quad (3.6)$$

with the initial conditions

$$u(x, 0) = \sin x, \quad v(x, 0) = \sin x, \quad (3.7)$$

Exact solutions of the system are given by

$$u(x, t) = v(x, t) = e^{-t} \sin x, \quad (3.8)$$

In order to solve numerically system (3.6) using HPM, we construct homotopy for this system

$$\begin{aligned} (1-p)[\dot{Y} - \dot{u}_0] + p[\dot{Y} - Y'' - 2YY' + (YT)'] &= 0, \\ (1-p)[\dot{T} - \dot{v}_0] + p[\dot{T} - T'' - 2TT' + (YT)'] &= 0, \end{aligned} \quad (3.9)$$

where $\dot{Y} = \frac{dY}{dt}$, $Y' = \frac{dY}{dx}$, $Y'' = \frac{d^2Y}{dx^2}$; $\dot{T} = \frac{dT}{dt}$, $T' = \frac{dT}{dx}$, $T'' = \frac{d^2T}{dx^2}$ and $p \in [0, 1]$. By rearranging equalities (3.9), substituting the initial guesses (3.7) and the values

$$Y = Y_0 + pY_1 + p^2Y_2 + \dots,$$

$$\dot{Y} = \dot{Y}_0 + p\dot{Y}_1 + p^2\dot{Y}_2 + \dots,$$

$$Y' = Y'_0 + pY'_1 + p^2Y'_2 + \dots,$$

$$Y'' = Y''_0 + pY''_1 + p^2Y''_2 + \dots,$$

and

$$T = T_0 + pT_1 + p^2T_2 + \dots,$$

$$\dot{T} = \dot{T}_0 + p\dot{T}_1 + p^2\dot{T}_2 + \dots,$$

$$T' = T'_0 + pT'_1 + p^2T'_2 + \dots,$$

$$T'' = T''_0 + pT''_1 + p^2T''_2 + \dots,$$

we have gained the subsequent components, respectively

$$Y_0 = \sin x ,$$

$$Y_1 = -t \sin x ,$$

$$Y_2 = \frac{t^2}{2} \sin x ,$$

⋮

and

$$T_0 = \sin x ,$$

$$T_1 = -t \sin x ,$$

$$T_2 = \frac{t^2}{2} \sin x ,$$

⋮

It is possible to add more components of approximation. By means of the above obtained components, the approximate solutions of coupled Burgers' equation (3.6) have the form,

$$\begin{aligned}
 u(x,t) &= \lim_{p \rightarrow 1} \sum_{k=0}^{\infty} p^k Y_k = Y_0 + Y_1 + Y_2 + \dots , \\
 v(x,t) &= \lim_{p \rightarrow 1} \sum_{k=0}^{\infty} p^k T_k = T_0 + T_1 + T_2 + \dots ,
 \end{aligned}
 \tag{3.10}$$

and we have attained the subsequent numerical evaluations in Figure 3-4 and Table 2 :

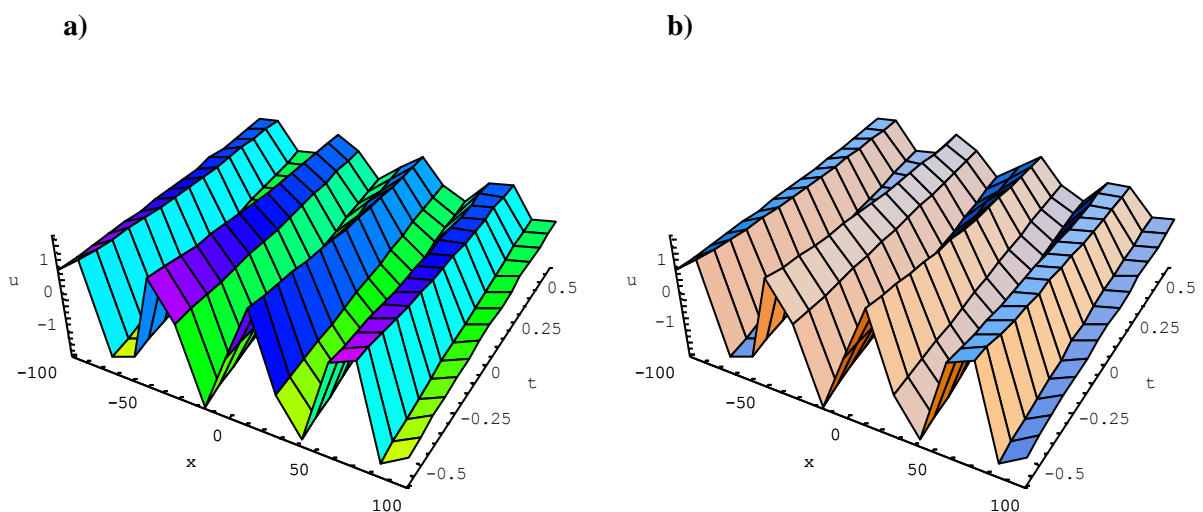


Figure 3. The 3D Graph of Approximate and Analytic Solution of Coupled Burgers' Equation
 a) The 3D Graph of Approximate Solution (3.10) for $\phi_{10}(x,t)$ via HPM b) The 3D Graph of Analytic Solution (3.8)

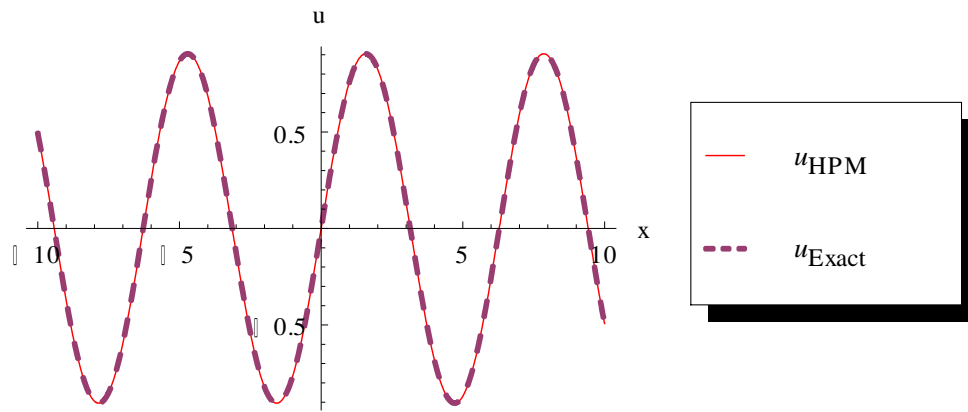


Figure 4. Comparison between HPM and Analytic Solution of Coupled Burgers' Equation

Table 2. Absolute Error of Approximate Solution of Coupled Burgers' Equation Acquired by HPM for $\phi_{10}(x,t)$

t_i	x_i	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.1		0.	2.76168×10^{-15}	1.5811×10^{-13}	2.78327×10^{-12}	2.56944×10^{-11}
0.2		2.77556×10^{-17}	5.52336×10^{-15}	3.14665×10^{-13}	5.53874×10^{-12}	5.11321×10^{-11}
0.3		0.	8.18789×10^{-15}	4.68153×10^{-13}	8.23891×10^{-12}	7.60589×10^{-11}
0.4		0.	1.07692×10^{-14}	6.1684×10^{-13}	1.08568×10^{-11}	1.00226×10^{-10}
0.5		0.	1.32672×10^{-14}	7.59393×10^{-13}	1.3366×10^{-11}	1.23391×10^{-10}

In this sub-section, we explain and discuss numerical results indicated above.

Initially, we will evaluate the results for one dimensional Burgers' equation (3.1). Numerical results attained by HPM for one dimensional Burgers' equation are demonstrated above in Figure 1-2 and Table 1. In Figure 1-2, we compare the approximate series solutions with analytic solution and show very good agreement between HPM and analytic solution. In Table 1, it is seen that even three components of the approximate series solution gained by HPM is much close to the analytic solution.

Additionally, numerical results acquired by means of HPM for coupled Burgers' equation (3.6) are constructed above in Figure 3-4 and Table 2. We illustrated the simulation of numerical values for the system which are cited in Figures 3 and 4 in terms of 3D and 2D plots, respectively. It is seen that there are very good agreement with approximate series solutions and analytic solutions. From Table 2, it is shown that numerical solutions also obtained for ten components by means of HPM are very convergent to analytic solutions. We can observe from the cited table, the hired solution algorithm is efficient and accurate. Furthermore, all gained results indicate the validity, effectiveness and applicability of the present method.

Conclusion

In this paper, we investigate the solution for one dimensional Burgers' and coupled Burgers' equations and their corresponding consequences using efficient analytical algorithm namely, HPM.

Our obtained numerical results verify and indicate the success of the method for these equations. Numerical approximations demonstrate a high degree of accuracy of the applied method. Based on the current results and findings presented in all figures and tables, implementation of the method in this way has proved an efficient means for solving such physical and mathematical models. It will be encouraging for further studies.

Consequently, the HPM is effective and powerful by determining analytic solutions for these kind of problems in science and engineering (Abbasbandy, 2007; Ganji & Rafei, 2006; Ganji & Rajabi, 2006; He, 1999). The solutions are very rapidly convergent by performing the present method.

Acknowledgement

This paper was produced from the author's graduate thesis (Thesis No. 237839).

Ethics

There are no ethical issues related to the publication of this article.

Conflict of Interest

The author state that there is no conflict of interest.

ORCID

Mine Babaoglu  <https://orcid.org/0000-0003-0819-1166>

References

- Abbasbandy, S. (2007). The application of Homotopy analysis method to solve a generalized Hirota-Satsuma coupled KdV equation. *Physics Letters A*, 361(6), 478-483. <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2006.09.105>
- Adomian, G. (1994). *Solving Frontier Problems of Physics: The Decomposition Method*. Kluwer Academic Publishers.
- Alomari, A. K., Noorani, M. S. M., & Nazar, R. (2008). The Homotopy analysis method for the exact solutions of the K(2,2), Burgers and Coupled Burgers equations. *Applied Mathematical Sciences*, 2(40), 1963-1977. <http://www.m-hikari.com/ams/ams-password-2008/ams-password37-40-2008/alomariAMS37-40-2008.pdf>
- Amirov, R., & Ergun, A. (2020). Half inverse problems for the impulsive singular diffusion operator. *Turkish Journal of Science*, 5(3), 186-198. <https://dergipark.org.tr/en/pub/tjos/issue/59057/832057>
- Babaoğlu, M. (2009). *Diferansiyel denklemlerin sayısal çözümlerinde Adomian ayrışım metodu ve Homotopi analiz metodu' nun karşılaştırılması* [Yayımlanmış yüksek lisans tezi]. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- Cole, J. D. (1968). *Perturbation Methods in Applied Mathematics*. Blaisdell Publishing Company.
- Ergun, A. (2020). The multiplicity of eigenvalues of a vectorial singular diffusion equation with discontinuous conditions. *Eastern Anatolian Journal of Science*, 6(2), 22-34. <https://dergipark.org.tr/en/pub/eajs/issue/58365/783092>
- Ergun, A. (2020). A half inverse problem for the singular diffusion operator with jump conditions. *Miskolc Mathematical Notes*, 21(2), 805-821. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.08329>

- Esipov, S. E. (1995). Coupled Burgers equations: A model of polydisperse sedimentation. *Physical Review E*, 52(4), 3711-3718. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.52.3711>
- Ganji, D. D., & Rafei, M. (2006). Solitary wave solutions for a generalized Hitora-Satsuma coupled KdV equation by homotopy perturbation method. *Physics Letters A*, 356(2), 131-137. <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2006.03.039>
- Ganji, D. D., & Rajabi, A. (2006). Assessment of homotopy-perturbation and perturbation methods in heat radiation equations. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 33(3), 391–400. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2005.11.001>
- He, J. H. (1999). Homotopy perturbation technique. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 178(3-4), 257-262. [https://doi.org/10.1016/S0045-7825\(99\)00018-3](https://doi.org/10.1016/S0045-7825(99)00018-3)
- He, J. H. (2004). Asymptotology by Homotopy perturbation method. *Applied Mathematics and Computation*, 156(3), 591-596. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2003.08.011>
- He, J. H. (2004). Comparison of homotopy perturbation method and homotopy analysis method. *Applied Mathematics and Computation*, 156(2), 527-539. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2003.08.008>
- Liao, S. J. (1992). *The proposed homotopy analysis technique for the solution of nonlinear problems* [Ph.D. Thesis]. Shanghai Jiao Tong University.
- Liao, S. J. (2004). On the homotopy analysis method for nonlinear problems. *Applied Mathematics and Computation*, 147(2), 499-513. [https://doi.org/10.1016/S0096-3003\(02\)00790-7](https://doi.org/10.1016/S0096-3003(02)00790-7)
- Liao, S. J. (2005). Comparison between the homotopy analysis method and homotopy perturbation method. *Applied Mathematics and Computation*, 169(2), 1186-1194. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2004.10.058>
- Lyapunov, A. M. (1992). *General problem of the stability of motion*. Taylor and Francis.
- Nayfeh, A. H. (2000). *Perturbation methods*. John Wiley and Sons.
- Nee, J. and Duan, J. (1998). Limit set of trajectories of the coupled viscous Burgers' equations. *Applied Mathematics Letters*, 11(1), 57-61. [https://doi.org/10.1016/S0893-9659\(97\)00133-X](https://doi.org/10.1016/S0893-9659(97)00133-X)
- Wazwaz, A. M. (2002). *Partial differential equations: Methods and applications*. Balkema Publishers.

***Salvia fruticosa* Mill.'da *In Vitro* Tohum Kültürü ile Aseptik Fide Üretimi**

Emel Yılmaz Gökdoğan¹ , Müge Etik² , Betül Bürün³ 

¹Milli Eğitim Bakanlığı, Menteşe İlçe Milli Eğitim Müdürlüğü, Muğla

^{2,3}Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Muğla

Geliş Tarihi / Received Date: 25.11.2021

Kabul Tarihi / Accepted Date: 18.01.2022

Öz

Lamiaceae familyası üyelerinden olan *Salvia* cinsi tıbbi ve aromatik olarak önemli bir cinstir. Ülkemizde yetişen ve Anadolu adaçayı olarak isimlendirilen *Salvia fruticosa* Mill. türünün uçucu yağ içeriğinin diğer türlere göre daha yüksek olması, doğadan toplanarak ticaretinin yapılmasına ve ekonomik değerinin artmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada *Salvia fruticosa* tohumlarının 1/10 Murashige-Skoog (MS) (1962) besin ortamında çimlendirilmesi ile *in vitro* kültürlerde yararlanmak üzere aseptik fide elde edilmesi araştırılmıştır. Kültür öncesi tohumlar %70 etil alkole 2 dakika batırılmış ve takiben NaOCl (klor), H₂O₂ (oksidan) ve H₂SO₄ (asit) ile muamele edilmiştir. Bu tohumlar üç gruba ayrılmış: 1. ve 2. grup tohumlara soğuk uygulaması yapılmamış, 3. gruba soğuk uygulaması yapılmıştır. 1. grup tohumlar 1 hafta karanlığı takiben fotoperiyodik koşullara alınırken; 2. ve 3. gruptaki tohumlar fotoperiyodik koşulda tutulmuşlardır. En yüksek çimlenme %50'dir ve 3 dakika %30-31 H₂O₂ ile yüzeysel sterilizasyonu yapılmış tohumların karanlığı takiben fotoperiyodik koşuldaki kültüründen elde edilmiştir. Aynı koşuldaki tohumların filtre kâğıdı üzerindeki çimlenme testinde (kontrol) ise çimlenme %48 olmuştur. Soğuk uygulama yapılan ve fotoperiyodik koşulda tutulan tohumlarda ise enfeksiyon, düşük gözlenmiştir. Sonuç olarak, *Salvia fruticosa*'nın farklı amaca yönelik *in vitro* kültürlerinde eksplant olarak kullanılabilen steril fidelerin üretimi için en yüksek çimlenme yüzdesini (%50) veren H₂O₂'nin kullanıldığı prosedür uygulanabilir özelliktedir.

Anahtar Kelimeler: anadolu adaçayı, hidrojen peroksit, *in vitro* çimlenme, sodyum hipoklorit, sülfürik asit

Aseptic Seedling Production by *In Vitro* Seed Culture in *Salvia fruticosa* Mill.

Abstract

The genus *Salvia*, which is a member of the *Lamiaceae* family, is a medicinally and aromatically important genus. The species *Salvia fruticosa* Mill., which grows in our country and is called Anatolian sage, causes both the increase of its economic value and its trade by collecting from nature because of containing the essential oil content of this species is higher than the other species. In this study, the germination of *Salvia fruticosa* seeds in 1/10 Murashige-Skoog (MS) (1962) nutrient medium was investigated obtaining aseptic seedlings for use in *in vitro* cultures. The seeds before culture were soaked in 70% ethanol for 2 minutes and then they were applied with NaOCl (chlorine), H₂O₂ (oxidant) and H₂SO₄ (acid). These seeds were divided into three groups: no cold treatment was applied to the 1st and 2nd group seeds, cold application was made to the 3rd group. While the first group seeds were taken to photoperiodic conditions after one week of darkness, the seeds in second and third groups were kept in photoperiodic conditions. The highest germination percentage was 50%, and it was obtained from the culture of seeds superficially sterilized with 30-31% H₂O₂ for 3 minutes in photoperiodic conditions after dark. In the germination test (control) of seeds on filter paper, germination was 48% under the same condition. The infection rate under the fotoperiodic condition was observed to be low in cold applied seeds. As a result, the procedure using H₂O₂, which gives the highest germination percentage (50%), is applicable for the production of sterile seedlings that can be used as explants in *in vitro* cultures of *Salvia fruticosa* for different purposes.

Keywords: anatolian sage, hydrogen peroxide, *In vitro* germination, sodium hypochlorite, sulfuric acid

Giriş

Salvia cinsinin yer aldığı *Labiatae* (sin. *Lamiaceae*) familyası, tür sayısı bakımından en zengin familyalardan biridir. Dünyada yaklaşık 1000 türü olan *Salvia* cinsinin Türkiye’de 99 türü, 8 alttürü ve 6 varyetesi (106 takson) bulunmaktadır ve bu türlerin bir kısmı endemik olup (52 tür) endemizm oranı %52.5’tur (Yılmaz-Gökdoğan ve Bürün, 2021). *Salvia* türleri içerdikleri etken maddeler ile çeşitli ilaçların yapımında ve bazı hastalıkların tedavisinde, güzel kokulu uçucu yağları ile parfümeride ve yemek endüstrisinde, güzel görünümü çiçekleri nedeniyle de peyzaj alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca ülkemizde doğal yetişen *S. fruticosa*, *S. tomentosa* türleri ve ülkemizde doğal olarak yetişmeyip kültürü yapılan *S. officinalis* L. türleri çay olarak tüketilmektedir (Özcan vd., 2014).

Ülkemizde yetişen türlerden *Salvia fruticosa* Mill. (sin. *S. triloba*-Üç loblu adaçayı) başta olmak üzere *S. cryptantha*, *S. multicaulis*, *S. sclarea* ve *S. tomentosa* türlerinin ticareti yapılmaktadır (İpek ve Gürbüz, 2010). *Salvia fruticosa* (Anadolu adaçayı) türünün uçucu yağ içeriği diğer türlere göre daha yüksek olduğundan ekonomik açıdan oldukça önemlidir (Kocabaş vd., 2007). Türkiye’de adaçayı ihracatının temelini doğadan toplanan bitkiler oluşturmaktadır. *Salvia* tarımı ve doğadan toplama ile 2015 yılındaki adaçayı üretimi 989 ton olarak gerçekleşmiştir (Bayraktar vd., 2017). Yeterli miktarda standart ve kaliteli ürün elde etmek sadece bitkilerin doğal habitatlarından toplanmasıyla mümkün olamayacağından bu bitkilerin kültüre alınarak tarımının yapılması önem arz etmektedir. Ayrıca yetiştirme, doğal vejetasyonun bozulmasını, var olan bitki türlerinin yok olmasını ve doğadan bilinçsizce toplanmasını engellemek için de önemlidir. Muğla ili adaçayı üretiminde öne çıkmasına karşın üretimine yönelik herhangi bir organik tohumluk (tohum, çelik vb.) elde edilmesine yönelik çalışma bulunmamaktadır (Bayram vd., 2010). Oysa ülkemizde 99 türü bulunan adaçayı için çeşit geliştirme ve üretim çalışmalarına önem verilerek var olan bu potansiyel değerlendirilmelidir. Ekonomik değeri olan türleri yetiştirmenin yanı sıra doku kültürü teknikleri ile tıbbi bitkilerin aktif bileşiklerini üretmek de mümkün olmaktadır. Böylece yetiştiricilikte bazı sınırlamalara sebep olan iklim, sezon, hastalık ve zararlılar gibi birtakım faktörlerin etkisi giderilebilmektedir. Ayrıca koruma çalışmaları kapsamında doku kültürü teknikleri ile istenen genotipteki bitkiler ile nadir olan, tehdit veya yok olma tehlikesi altındaki bitkiler, kısa sürede hızlı ve çok sayıda üretilebilmektedir. Çeşitli *in vitro* teknikler kullanılarak birçok *Salvia* türünde hem mikroçoğaltım hem de önemli biyoaktif bileşiklerin üretimi başarılmıştır (Arikat vd., 2004; Ghanbar vd., 2016; Ioja-Boldura vd., 2010; Petrova vd., 2015; Surgun-Acar ve Bürün, 2017; Zayova vd., 2016).

Biyçeşitliliğin korunması açısından önemli olan tohum çimlendirme çalışmalarında öncelikli olarak çalışılan türe ait tohumların çimlenme koşullarının bilinmesi gereklidir. Biyolojik çeşitliliği zengin olan ülkemizde doğal türlerin çimlenme gereksinimleri çoğunlukla bilinmemektedir ve bu nedenle tohumlarının çimlendirilmesi üzerindeki çalışmalar yetersiz kalmaktadır. Ancak son yıllarda çeşitli projeler kapsamında tohum çimlenmesinin araştırıldığı türlerin çoğu *Lamiaceae*, *Asteraceae* ve *Brassicaceae* familyalarına aittir (Surgun-Acar vd., 2017). *In vitro* kültürler için tohumlar alternatif eksplantlar olup tohum kültürleri ile elde edilen steril fidelerin çeşitli parçaları, doku kültürlerinde çeşitli amaçlar doğrultusunda aseptik eksplant kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Salvia tohumlarının sterilizasyon boyunca musilaj üretmesi nedeniyle *in vitro* koşullarda çimlenmesi zor olduğu için (Ghanbar vd., 2012) bu çalışmada Türkiye’de doğal olarak yetişen, zengin fenolik bileşikleri ile değerli olan ve ticareti yapılan *S. fruticosa*’da tohum çimlenmesi ve *in vitro* kültür çalışmalarında yararlanmak üzere steril fide elde edilmesi araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışmada kullanılan *Salvia fruticosa* Mill. tohumları Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü’nden (Menemen-İzmir) temin edilmiştir. Tohumların bin dane ağırlığı 6.10 g’dır. Ayrıca *S. fruticosa* tohumları Muğla ili florasında bulunan 5 farklı lokasyondan (Ortaca, Marmaris, Datça, Bodrum ve

Gökova) Haziran ayında toplanmış ve tohumların bin dane ağırlığı lokasyonlara göre 2.14-8.00 g arasında değişmiştir. Ortalama bin dane ağırlığı 4.16 g'dır.

Yöntem

Tohum Sterilizasyonu

Yüzeysel sterilizasyon için kullanılan dezenfektanlardan klorlu bileşik olarak sodyum hipoklorit (NaOCl), oksidan madde olarak hidrojen peroksit (H₂O₂) ve asit olarak sülfürik asit (H₂SO₄) aşağıda belirtildiği gibi uygulanmıştır.

1. %70'lik etil alkole 2 dakika batırma, 1 damla Tween-20 eklenmiş %1.25 NaOCl (¼ sulandırılmış ticari klorak) ile 10 dakika muamele ve 3-4 kez steril distile su ile çalkalama.
2. % 70'lik etil alkole 2 dakika batırma, %30-31'lik H₂O₂ ile 3 dakika muamele etme ve 3-4 kez steril distile su ile çalkalama.
3. %70'lik etil alkole 2 dakika batırma, %70'lik H₂SO₄ ile 3 dakika muamele etme ve 3-4 kez steril distile su ile çalkalama.

Soğuk Uygulaması

Yüzeysel sterilizasyonu yapılan tohumlar üç gruba ayrılarak, 1. ve 2. gruba soğuk uygulaması yapılmamış; 3. grup tohumlar ise +4°C'de 3 gün bırakılarak soğuk uygulama yapılmıştır. Soğuk uygulamasız ve soğuk uygulamalı tohumlar 1/10 MS ortamında kültüre alınmıştır. 1. grup tohumlar 1 hafta tamamen karanlıkta bırakıldıktan sonra fotoperiyodik koşulda kültürlerine devam edilmiştir. 2. ve 3. gruptaki tohumlar fotoperiyodik koşulda tutulmuşlardır.

Besin Ortamı

Murashige-Skoog (MS) (1962) besin ortamı onda bir (1/10 MS) içerikte hazırlanarak 20 g l⁻¹ sükröz eklenmiş, pH: 7.2'ye ayarlanmış ve 7 g l⁻¹ agar ile katılaştırılmıştır. Hazırlanan besin ortamı kültür kabı olarak 2.5 cm çapında, 14 cm boyundaki deney tüplerine 25'şer ml boşaltılmıştır. 120°C'de 1 atm basınçta 20 dakika otoklavda sterilize edilmiştir. Yüzeysel sterilizasyonu yapılan soğuk uygulamasız ve uygulamalı tohumlar, her tüpe bir adet olacak şekilde aktarılmıştır. Her uygulama için toplam 100 tohum kültüre alınmıştır (Kültür, her birinde 50 tohum olmak üzere iki tekerrür olarak yapılmıştır). Kontrol grubunda, tohumlar petri kaplarında filtre kağıdı üzerinde çimlendirilmiştir (ISTA, 1993). Bir petri kabında 10 tohum olmak üzere toplam 50 tohum kültüre alınmıştır.

Kültür Koşulları

Kültür odası sıcaklığı 20±2°C'dir. 16 saat aydınlık-8 saat karanlık fotoperiyodik koşuldaki aydınlanma, 40 µE m⁻² s⁻¹ foton beyaz ışık yoğunluğundadır.

Muğla Florasından Toplanan *S. fruticosa* Tohumlarında Yapılan Uygulama ve Çalışmalar

Muğla ilinin farklı lokasyonlardan toplanan *Salvia fruticosa* tohumları, oda sıcaklığında muhafaza edilmiş ve 8 ay sonra steril fide elde etmek üzere kültüre alınmıştır. Tohumlar %70'lik etil alkole 2 dakika batırılmış, %30-31'lik H₂O₂ ile 3 dakika muamele edilmiş ve 4 kez steril distile su ile çalkalandıktan sonra 20 g l⁻¹ sükröz ilaveli pH: 7.2 olan ve 7 g l⁻¹ agar ile katılaştırılmış 1/10 MS ortamında kültüre alınmıştır. Tohumlar kültüre alındıktan sonra 1 hafta karanlık ortamda bırakıldıktan sonra 16 saat aydınlık (40 µE m⁻² s⁻¹)-8 saat karanlık fotoperiyodik koşulda, 20±2°C sıcaklıktaki kültür odasına yerleştirilmiştir. Kültüre alınan tohumların çimlenme yüzdeleri enfeksiyonlu olanlar çıkarılarak hesaplanmıştır.

İstatistiki Değerlendirme

Yüzde (%) çimlenme verilerine arcsin transformasyonu karekök yapılarak SPSS programında istatistiki olarak değerlendirilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılıklar LCD testi kullanılarak çoklu karşılaştırma ile belirlenmiştir ve ortalamalar arasındaki anlamlı farklılık $P \leq 0.05$ düzeyindedir.

Bulgular ve Tartışma

Bazı *Salvia* türlerinde 20°C'de filtre kağıdı üzerinde veya arasında yapılan çimlenme testlerinde genel olarak 4-7 günde ilk çimlenmenin başladığı ve 21 günde tamamlandığı görülmüş olup (ISTA, 1993) bu çalışmada H₂O₂ uygulanan tohumlarda kültüre alınmalarından 4 gün sonra, petri kaplarında kültüre alınanlarda (kontrol) 6 gün sonra, H₂SO₄ uygulananlarda 10 gün sonra, NaOCl uygulananlarda ise 20 gün sonra tohum çimlenmesi başlamış ve genel olarak 40 gün devam etmiştir.

Doku kültürü çalışmalarında kontaminasyonları önlemek için birtakım kimyasallar kullanılmaktadır ve bu kimyasalların etkili, ucuz ve non-toksik olması gerekmektedir. Etkili bir kimyasal düşük dozlarda bile mikroorganizmaları engelleyecek kadar güçlü olmalı ancak eksplantlara zarar vermemelidir (Hasemi vd., 2017). Bu nedenle doku kültürlerinde uygun sterilantı, konsantrasyonunu ve maruz kalma süresini belirlemek oldukça önemlidir. Bu çalışmada tohumlar hiçbir işlem görmeden petri kaplarında filtre kağıdı üzerinde veya NaOCl, H₂O₂ ve H₂SO₄ ile muamele edildikten sonra 1/10 MS ortamında kültüre alınmıştır. H₂O₂ ile yüzeysel sterilizasyonu yapılmış tohumların karanlığı takiben fotoperiyodik koşuldaki kültürlerinde, çimlenme yüzdesi en yüksek bulunmuştur (%50) (Tablo 1).

Tohum dormansisini kırmak üzere ön üşütme veya kimyasal (KNO₃, GA₃, H₂SO₄ ve HNO₃) uygulamalar önerilmektedir (ISTA, 1993). Bu çalışmada da H₂SO₄ uygulamasından sonra tohum kültürü yapılarak hem çimlenme hem de enfeksiyon durumu araştırılmış ve H₂O₂ uygulamasına göre düşük çimlenme yüzdesi ile daha az enfeksiyon görülmüştür. Musarurwa vd. (2010) çalışmalarında %70 H₂SO₄ ile 5 dakika muamele ederek 1/10 MS ortamında kültüre aldıkları *Salvia stenophylla* tohumlarının çimlenme yüzdesinde önemli artış elde etmişlerdir. H₂SO₄ yanı sıra NaOCl ve H₂O₂'li yüzeysel sterilizasyonu sonrası yapılan soğuk uygulaması ile düşük çimlenme yüzdesine rağmen enfeksiyon, soğuk uygulamasız kültürler göre daha düşük gözlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Kontrol (Filtre Kâğıdı Üzerinde Petri Kaplarında) ve NaOCl, H₂O₂ ve H₂SO₄ ile Muamele Edilen Tohumların 1/10 MS Besin Ortamındaki *In Vitro* Kültürlerinde Tohumların Soğuk Uygulaması ve Kültür Başlangıcında Bir Hafta Karanlıkta Bırakılmaları Durumundaki Çimlenme Yüzdeleri ve Enfeksiyon Durumu

Uygulanan Kimyasal	Bir Hafta Karanlığı Takiben Fotoperiyodik Koşul		Fotoperiyodik Koşul			
	Çimlenme	Enfeksiyon	Soğuk Uygulamasız		Soğuk Uygulamalı	
			Çimlenme	Enfeksiyon	Çimlenme	Enfeksiyon
Kontrol	%48.0±0.54	0±0.00	%45.0±0.21	0±0.00	%27.0±0.15	0±0.00
NaOCl	%2.2±0.14*	%18±0.48*	0.0±0.00*	%19±0.32*	%10.0±0.09*	%7±0.06*
H ₂ O ₂	%50.0±0.28*	%16±0.21*	%25.0±0.19*	%14±0.05*	%12.8±0.15*	%9±0.12*
H ₂ SO ₄	%15.8±0.09*	%5±0.15*	%9.8±0.15*	%5±0.05*	%19.0±0.11*	%2±0.04*

* Aynı sütundaki değerler bakımından, uygulanan farklı kimyasalların kontrole göre istatistiksel farklılığını göstermektedir ($P \leq 0.05$).

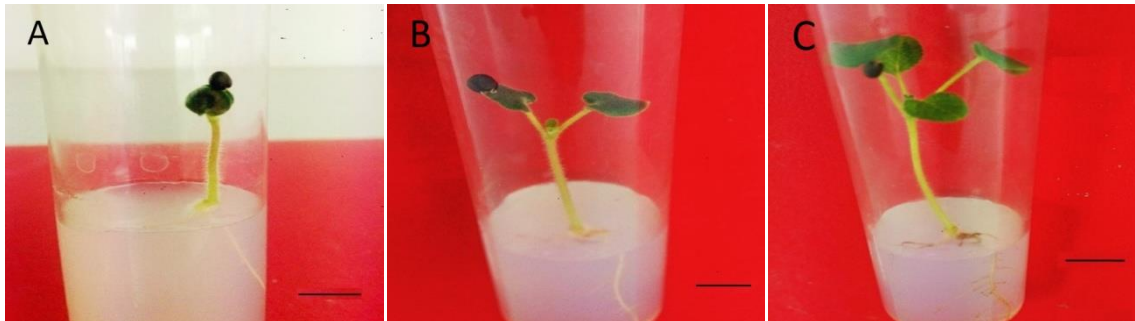
Petri kaplarında yapılan çimlenme testinde enfeksiyon (%0) gözlenmezken, tohumların 1/10 MS ortamındaki kültürlerinde en düşük enfeksiyon %2 ile yüzeysel sterilizasyonu H₂SO₄ ile yapılan soğuk uygulamalı tohumların kültüründe, en yüksek ise %19 olarak çimlenmenin gerçekleşmediği NaOCl ile sterilize edilen soğuk uygulamasız tohumların kültüründe görülmüştür (Tablo 1). %50 olarak en yüksek çimlenmenin görüldüğü H₂O₂ ile yüzeysel sterilizasyonu yapılan tohumların kültüründe ortalama %16 enfeksiyon görülmüştür. Soğuk uygulamalı tohum kültüründe enfeksiyon yüzdeleri, soğuk uygulamasız tohumların kültürlerine göre daha düşük bulunmuştur. Pamuk tohumlarında da H₂O₂ ile muamele

edilenlerin; klorin gazı, etanol (C₂H₅OH), NaOCl, HgCl₂, Sodyum Dodesil Sülfat (SDS) ile muamele edilen tohumlara göre kontaminasyon düzeyleri ve çimlenme oranlarında önemli bir artış olduğu rapor edilmiştir (Bakhsh vd., 2016; Barampuram vd., 2014). Ayrıca Anadolu sığlası (*Liquidambar orientalis* Mill.) tohumlarının ½ MS ortamındaki kültürlerinde de tohumların yüzeysel sterilizasyonunda yüksek çimlenme yüzdesi ve düşük enfeksiyon ile NaOCl'ye göre H₂O₂ daha başarılı bulunmuştur (Baran-Ayaz vd., 2015).

Sönmez vd. (2019), hiçbir işlem görmemiş *S. fructicosa* tohumlarının 25°C sıcaklıkta çimlenme yüzdesini %31, Özcan vd. (2014) %22.5 bulurken bu çalışmada %48 ile daha yüksek çimlenme yüzdesi elde edilmiştir. Ancak Sönmez vd. (2019), GA₃ uygulaması ile çimlenmede %82'ye, polimer+GA₃ uygulaması ile de %85 olmak üzere daha yüksek çimlenmelere ulaşmışlardır. Ayrıca bu çalışmada Muğla florasından toplanan tohumların sterilizasyonu H₂O₂ ile yapılarak 1/10 MS ortamındaki kültürlerinde %14.30 çimlenme, %24.24 enfeksiyon görülmüş ve diğer çalışmalarda elde edilen çimlenme yüzdesine göre daha düşük bulunmuştur. Thanos ve Doussi (1995) ise Girit adasından topladıkları *S. fructicosa* tohumlarının (tohum ağırlığı 5.54 mg) karanlıkta 25°C'de %50, 20°C'de ise %80 çimlendiklerini tespit etmişlerdir.

In vitro kültürlerde eksplant sterilizasyonunda başta NaOCl veya Ca(OCl)₂ olmak üzere C₂H₅OH, HgCl₂, H₂O₂, AgNO₃ gibi maddeler de yaygın şekilde kullanılmaktadır. *Salvia* türlerinde mikroçoğaltım veya sekonder metabolit üretimi amaçlı *in vitro* kültür çalışmalarında aseptik eksplant elde etmek üzere tohum kültürlerinde öncelikle, tohumlar değişik konsantrasyon ve sürelerde etanole batırılmış sonra farklı sterilant maddelerle muamele edildikten sonra kültüre alınmıştır. *Salvia* tohumlarının *in vitro* kültürlerinde yüzeysel sterilizasyonda çoğunlukla NaOCl kullanılmıştır (Ghanbar vd., 2016; Ghanbar vd., 2012; Grzegorzczak vd., 2005; Makunga ve van Staden, 2008; Skafa ve Wysokińska, 2004; Soundararajan vd., 2013). Karam vd. (2003) ile Arıkat vd. (2004) *Salvia fructicosa* tohumlarını %0.1 Tween-20 ilaveli %2 NaOCl solüsyonunda 15 dakika muamele ederek ½ MS ortamında kültüre almışlar ve *in vitro* steril fidelerin sürgün uçlarını sekonder metabolit üretmek üzere mikroçoğaltımda kullanmışlardır. Ayrıca *Salvia* türlerinde sterilizasyonun HgCl₂ ile yapıldığı çalışmalar da vardır (Elena vd., 2019; Huii vd., 2012; Ioja-Boldura vd., 2010; Wu vd., 2022). *Salvia* türlerinde H₂O₂ ile sterilizasyon uygulamasına rastlanmamış ve bu çalışmada tohum çimlenmesinde NaOCl'ye göre daha yüksek sonuç alınmıştır.

Doku kültürü tekniklerinden tohum kültürlerinde yaygın olarak MS ortamı kullanılmaktadır. Ancak tohumların MS ortamındaki yüksek tuz içeriğine duyarlılıkları nedeniyle tohum kültürlerinde tam güçlü MS yerine ½, ¼, 1/10 vb. seyrelterek kullanılmaları da tercih edilmektedir. *Salvia* türlerinde steril fide elde etmek üzere yapılan *in vitro* kültürlerde tam güçlü MS ortamı (Elena vd., 2019; Grzegorzczak vd., 2005; Huii vd., 2012; Ioja-Boldura vd., 2010; Santos-Gomes vd. 2002; Skafa ve Wysokińska, 2004; Wu vd., 2020), yarı güçlü MS (½ MS) ortamı (Arıkat vd., 2004; Karam vd., 2003; Soundararajan vd., 2013) veya 1/10 MS ortamı (Makunga ve van Staden, 2008; Musarurwa vd., 2010) kullanılmıştır. Bu çalışmada da 1/10 MS kullanılmış ve *in vitro* kültürler için uygun steril fideler elde edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. *Salvia fructicosa* Tohumlarının Çimlenmesi ve Steril Fide Elde Edilmesi

A: Çimlenen Tohum, B: Çimlenmeden 5 Gün, C: Çimlenmeden 10 Gün Sonraki Fideler

Adaçayının tohum ile çoğaltımında çimlenme ortamının pH'sının çok önemli olduğu ve pH'nın 5.5-6.0 arasında olması gerektiği belirtilmektedir (Kaczperski ve Carlson, 1989). *Salvia in vitro* tohum

kültürlerinin kullanıldığı pek çok çalışmada pH 5.7 ile 5.8'e ayarlanmış olmakla beraber (Hui vd., 2012; Makunga ve van Staden, 2008; Santos-Gomes vd., 2002; Soundararajan vd., 2013), *Salvia sclarea* tohumlarının çimlenmesinde MS ortamının pH'sının etkisini araştıran Ghanbar vd. (2012) en yüksek çimlenme yüzdelere pH'sı 7-8 olan MS ortamlarında elde etmişlerdir. *S. verbenaca*'da çimlenmeyi etkileyen çevre faktörlerinin etkisini araştıran Javaid vd. (2018), en yüksek çimlenmeyi pH 7'de elde etmişler ancak pH 5 ile 10 arasında istatistiki önemli bir farklılık bulmamışlardır. Bu çalışmada da besin ortamının pH'ı 7.2 olarak ayarlanmıştır.

Steril fide elde etmek üzere yapılan kültürler genellikle fotoperiyodik koşullarda ya da kültür başlangıcında tamamen karanlıkta bırakılıp çimlenmenin başlaması ile (genellikle 1 hafta sonra) 40-60 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ aydınlanmalı fotoperiyodik koşula (16 saat aydınlık-8 saat karanlık) alınmakla beraber (Arıkat vd., 2004; Ghanbar vd., 2016; Karam vd., 2003; Santos-Gomes vd., 2002) devamlı ışık altında yapılan kültürler de vardır (Grzegorzczak vd., 2005; Skafa ve Wysokińska, 2004). Çalışmamızda en yüksek çimlenme (%50), %30-31'lik H_2O_2 ile 3 dakika muamele edilerek yüzey sterilizasyonu yapılan, 1/10 MS ortamında kültüre alınan ve 1 hafta karanlığı takiben fotoperiyodik koşulda devam eden kültürlerden elde edilmiştir.

Sonuç ve Öneriler

Steril fide elde etmek amacı ile *in vitro* koşullar altında tohum çimlenme yüzdesini arttırmak, doku kültürü çalışmalarında ilk ve en kritik adımı oluşturmaktadır. Ülkemizde doğal olarak yetişen ve ekonomik değeri yüksek olan *Salvia fruticosa* türünün yetiştirilmesi önemli olup bu konuda *in vitro* kültür tekniklerinin avantajlarından yararlanılmalıdır. Bu amaçla *Salvia fruticosa*'da steril fide elde etmek üzere çimlenmenin yüksek, enfeksiyonun düşük olacağı bir yöntem belirlenmeye çalışılmıştır. *In vitro* kültürlerde yüzeysel sterilizasyon yöntemlerinde çoğunlukla NaOCl kullanılıyor olmakla beraber bu çalışmada çimlenme ve enfeksiyon dikkate alındığında H_2O_2 uygulamasından daha iyi sonuçlar alınmıştır. Yapılan soğuk uygulaması ise çimlenme yüzdesini arttırmamasına rağmen enfeksiyonu azaltıcı etki göstermiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre *Salvia fruticosa* türünde steril fide elde etmek ve daha sonra yapılacak çalışmalara devam edebilmek amacı ile H_2O_2 ile muamele edilen tohumların çimlenmesinde bir hafta karanlığı takiben fotoperiyodik koşulda yapılan *in vitro* tohum kültürleri önerilebilmektedir. Çalışmamızda tohumlar %30-31'lik H_2O_2 ile 3 dakika muamele edilmiş olup H_2O_2 'nin farklı doz ve uygulama süreleri, soğuk uygulamasının ve kültür koşullarının da etkisi araştırılarak çimlenmenin yüksek, enfeksiyonun düşük olduğu yeni protokollerin geliştirilmesi uygun olacaktır.

Yazar Katkısı

Emel Yılmaz Gökdoğan, deneysel ortamı hazırladı, makaleyi düzenledi, istatistiksel analizi gerçekleştirdi. *Müge Etik*, deneyleri yaptı. *Betül Bürün*, deneysel süreci takip edip makaleyi yazdı. Yazarlar makaleyi okudu ve onayladı.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

Emel Yılmaz Gökdoğan  <https://orcid.org/0000-0002-8605-7301>

Müge Etik  <https://orcid.org/0000-0001-5736-0443>

Betül Bürün  <https://orcid.org/0000-0002-3758-0630>

Kaynaklar

- Arıkat, N. A., Jawad, F. M., Karam, N. S. ve Shibli, R. A. (2004). Micropropagation and accumulation of essential oils in wild sage (*Salvia fruticosa* Mill.). *Scientia Horticulturae*, 100, 193-202. <http://doi.org/10.1016/j.scienta.2003.07.006>
- Bakhsh, A., Anayol, E., Sancak, C. ve Özcan, S. 2016. An efficient and cost effective sterilizing method with least microbial contamination and maximum germination ratio for *in vitro* cotton (*Gossypium hirsutum* L.) culture. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 26(3), 868-873. <https://www.researchgate.net/publication/303696595>
- Barampuram, S., Allen, G. ve Krasnyanski, S. (2014). Effect of various sterilization procedures on the *in vitro* germination of cotton seeds. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 118, 179-185. <http://doi.org/10.1007/s11240-014-0472-x>
- Baran-Ayaz, Ö., Surgun, Y. ve Bürün, B. (2015). Endemik Anadolu sığlası (*Liquidambar orientalis* Mill.)'nda tohum sterilizasyonu ve çimlenme. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(Özel sayı 2), 82-86. <http://plant-materials.nrcs.usda.gov>
- Bayraktar, Ö. V., Öztürk, G. ve Arslan, D. (2017). Türkiye'de bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin üretimi ve pazarlanmasındaki gelişmelerin değerlendirilmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26 (2), 216-229. <http://doi.org/10.21566/tarbitderg.369928>
- Bayram, E., Kırıcı, S., Tansı, S., Yılmaz, G., Arabacı, O., Kızıl, S. ve Telci İ. (2010, Ocak, 11-15). *Tıbbi ve aromatik bitkiler üretiminin arttırılması olanakları*. Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Ankara, Türkiye.
- Elena, T. M., Camen, D., Moatăr, M., Petolescu, C., Boldea, M., Iordanescu, O. ve Sala, F. (2019). Research regarding the influence of the preparing methods on seed germination on *Salvia officinalis*. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 23(2), 53-57. <https://journal-hfb.usab-tm.ro>
- Ghanbar, T., Hosseini, B. ve Jabbarzadeh, Z. (2012). Improving *Salvia sclarea* L. seed germination under *in vitro* condition. *International Journal of Agriculture: Research and Review*, 2(S), 1051-1058. <http://facultystaff.urmia.ac.ir>
- Ghanbar, T., Hosseini, B., Jabbarzadeh, Z., Farokhzad, A. ve Sharafi, A. (2016). High-frequency *in vitro* direct shoots regeneration from axillary nodal and shoot tip explants of clarysage (*Salvia sclarea* L.). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22(1), 73-78. <https://www.researchgate.net/publication/296675191>
- Grzegorzczuk, I., Bilickowski, I., Mikiciuk-Olasik, E. ve Wysokińska, H. (2005). *In vitro* cultures of *Salvia officinalis* L. as a source of antioxidant compounds. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 74(1), 17-21. <https://doi.org/10.5586/asbp.2005.003>
- Huij, L., Guoping Z., Guozheng, S., Songlin, R. ve Qiaojuan, F. (2012). Callus induction and plant regeneration from mature seeds of *Salvia splendens*. *International Journal of Agriculture and Biology*, 14(3), 445-449. https://www.fspublishers.org/published_papers/73876_.pdf
- Ioja-Boldura, O.M., Radu, F., Popescu, S. ve Borozan, A. (2010). Regeneration, micropropagation, callus cultures and somatic embryogenesis of common sage (*Salvia officinalis* L.). *Bulletin UASVM Horticulture*, 67(1), 308-313. [DOI:10.15835/BUASVMCN-HORT:5732](https://doi.org/10.15835/BUASVMCN-HORT:5732)
- ISTA (1993). *International Rules For Seed Testing*, International Seed Testing Association. *Seed Sci Technol* 21, p. 289, Zürich, Switzerland.
- İpek, A. ve Gürbüz, B. (2012). Türkiye florasında bulunan *Salvia* türleri ve tehlike durumları. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 19(1-2), 30-35. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/118448>

- Javid, M.M., Florentine, S., Ali, H.H. ve Weller, S. (2018). Effect of environmental factors on the germination and emergence of *Salvia verbenaca* L. cultivars (verbenaca and vernalis): An invasive species in semi-arid and arid rangeland regions. *PLOS ONE*, 13(3), 1-20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194319>
- Kaczperski, M. P. ve Carlson, W.H. (1989). A Commercial Growers Guide, Producing *Salvia*. *Cooperative Extension Service*, Michigan State University, Extension Bulletin E-1663.
- Karam, N. S., Jawad, F. M., Arikat, N. A. ve Shibli, R A. (2003). Growth and rosmarinic acid accumulation in callus, cell suspension, and root cultures of wild *Salvia fruticosa*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 73, 117-121. <https://doi.org/10.1023/A:1022806420209>
- Kocabaş, I., Sönmez, İ., Kalkan, H. ve Kaplan, M. (2007). Farklı organik gübrelerin adaçayı (*Salvia fruticosa* Mill.)'nin uçucu yağ oranı ve bitki besin maddeleri içeriğine etkileri. *Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 20(1), 105-110. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/18136>
- Makunga, N. P. ve van Staden, J. (2008). An efficient system for the production of clonal plantlets of the medicinally important aromatic plant: *Salvia africana-lutea* L. *Plant Cell Tiss Organ Cult*, 9, 63-72. <https://doi.org/10.1007/s11240-007-9305-5>
- Murashige, T. ve Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiology Plantarum*, 15, 473-497. <https://florestal81.webnode.com/files/200000040-03153040fe/07%20Artigo%20MS%201962.pdf>
- Musarurwa, H. T., van Staden, J. ve Makunga, N. P. (2010). *In vitro* seed germination and cultivation of the aromatic medicinal *Salvia stenophylla* (Burch. ex Benth.) provides an alternative source of α -bisabolol. *Plant Growth Regul.*, 61, 287-295. <https://doi.org/10.1007/s10725-010-9476-7>
- Özcan, İ.İ., Arabacı, O. ve Öğretmen, N.G. (2014). Bazı adaçayı türlerinde farklı tohum çimlendirme uygulamalarının belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(5), 203-207. <http://www.agrifoodscience.com/index.php/TURJAF/article/view/58/52>
- Petrova, M., Nikolova, M., Dimitrova, L. ve Zayova, E. (2015). Micropropagation and evaluation of flavonoid content and antioxidant activity of *Salvia officinalis* L. *Genetics and Plant Physiology*, 5(1), 48-60. <https://www.researchgate.net/publication/301888959>
- Santos-Gomes, P.C., Seabra, M.R., Andrade, P.B. ve Fernandes-Ferreira, M. (2002). Phenolic antioxidant compounds produced by *in vitro* shoots of sage (*Salvia officinalis* L.). *Plant Science*, 162, 981-987. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00052-3](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00052-3)
- Skała, E. ve Wysokińska, H. (2004). *In vitro* regeneration of *Salvia nemorosa* L. from shoot tips and leaf explants. *In Vitro Cell Dev. Biol.-Plant*, 40, 596-602. <https://doi.org/10.1079/IVP2004580>
- Soundararajan, P., Sivanesan, I., Jo, E. H. ve Jeong, B.R. (2013). Silicon promotes shoot proliferation and shoot growth of *Salvia splendens* under salt stress *in vitro*. *Hort. Environ. Biotechnol.*, 54(4), 311-318. <https://doi.org/10.1007/s13580-013-0118-7>
- Surgun-Acar, Y. ve Bürün, B. (2017, May, 9-11). *Plant tissue culture studies in genus Salvia and its importance*. International Congress on Medicinal and Aromatic Plants: "Natural and Healthy Life" (TABKON17), 09-11 May 2017, Proceedings Book, p.303-309, Konya, Türkiye.
- Surgun-Acar, Y., Yokaş, İ. ve Bürün, B. (2017, July, 5-8). *Seed germination studies in native species for conservation of biodiversity*. The 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity (SEAB 2017), Abstract e-Book page:663, Minsk, Belarus.
- Thanos, C.A ve Doussi, M.A. (1995). Ecophysiology of seed germination in endemic labiates of crete. *Israel Journal of Plant Sciences*, 43, 227-237. <https://doi.org/10.1080/07929978.1995.10676607>

- Wu, Q., Zhang, C., Yang, H., Sun, Y., Hu, J. ve Zou, L., (2022). *In vitro* propagation via organogenesis and formation of globular bodies of *Salvia plebeia*: A valuable medicinal plant. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*, 58, 51–60. <https://doi.org/10.1007/s11627-021-10223-y>
- Yılmaz-Gökdoğan, E. ve Bürün, B. (2021, July, 1-3). The seed germination and *in vitro* culture studies on *Salvia* species in flora of Turkey. The 5th International Symposium on EuroAsian Biodiversity (SEAB2021), Muğla, Turkey.
- Zayova, E., Nikolova, M., Dimitrova, L. ve Petrova, M. (2016). Comparative study of *in vitro*, *ex vitro* and *in vivo* propagated *Salvia hispanica* (*Chia*) plants: Morphometric analysis and antioxidant activity. *AgroLife Scientific Journal*, 5(2), 166-173. http://agrolifejournal.usamv.ro/pdf/vol.V_2/Art27.pdf

Doğu Karadeniz Yöresinde Üretilen Bazı Çayların Alüminyum Akümülayonu ve Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi

Mehmet Alkayın¹ , Nesrin Yıldız² 

¹T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Rize İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Rize

²Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Erzurum

Geliş Tarihi / Received Date: 01.03.2022

Kabul Tarihi / Accepted Date: 24.05.2022

Öz

Çay (*Camellia sinensis*) ülkemizde ve dünyada en popüler içeceklerden biridir. Çay gibi doğal gıda materyalleri ve özellikle gıda katkı maddesi olarak alüminyum (Al) bileşiklerini içeren gıdalar halk için Al maruziyetinin ana yolunu temsil eder. Bu araştırmanın amacı; Doğu Karadeniz bölgesinde yaygın olarak üretilen bazı çay marka ve çeşitlerinin toplam ve infüze Al ve potansiyel toksik ağır metal (Pb, Cr, Co, Ni ve Cd) içeriğinin belirlenmesidir. Bu amaçla, 54 farklı siyah çay örneği toplanmıştır. Toplam alüminyum içerikleri ve potansiyel toksik ağır metaller nitrik-perklorik asitle yaş yakma sonucu edilen çözeltide belirlenmiştir. Infüze Al ekstraksiyonu ve analizi; 1 g öğütülmüş siyah çaylara 40 ml destile sıcak su eklenmiş (20 dak) ve daha sonra berrak süzükte Al konsantrasyonları belirlenmiştir. Sonuç olarak, siyah çayların toplam Al içeriği referans aralığında bulunmuştur. Ancak, infüzyon ekstraktında Al, WHO/UE referans değerlerine göre çok yüksek (>0,2 ppm) bulunmuştur. Toplam Al'dan % 1.16-1.56 oranında infüze olmuştur. Sıcak suda infüze olan çay örneklerinin ince öğütülmüş olmasının (poşet çay) hızlı infüzyona sebep olabileceğine ayrıca yaşlı çay yapraklarının genç yapraklardan daha fazla Al akümüle etmesi nedeniyle, araştırmada yaşlı yaprak hasat ürünü çay örnekleri kullanılmış olması da diğer bir olasılıktır. Çay tüketiminde insan bünyesine geçen yüksek Al düzeyinin sağlık açısından uzun metrajlı çalışmalarla insanlar üzerindeki olası etkisinin sağlık otoriteleri tarafından değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Çay bitkisi örneklerinde, potansiyel toksik diğer ağır metaller (Cd, Pb, Co, Ni, Cr) açısından sağlık için tehlikeli sınır değerini aşmadığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: çay, alüminyum, ağır metal, akümülayon, infüzyon

Determination of Aluminum Accumulation and Heavy Metal Content of Some Tea Produced in Eastern Black Sea Region

Abstract

Tea (*Camellia sinensis*) is one of the most popular beverages all over the World. Aluminum (Al) intake from natural foods like tea and those containing aluminum compound used as food additives represents the major route of aluminum exposure for the general public. The aim of this research was to determine content of total and infused Al and potentially toxic heavy metal (Pb, Cr, Co, Ni and Cd) content of some tea brands and varieties widely produced in the Eastern Black Sea region. For this purpose, 54 different black tea samples were collected. Total aluminum contents and potentially toxic heavy metals were determined in the wet-burning solution with nitric-perchloric acid. Total contents of Aluminum and heavy metals were digest with nitric-perchloric acid mix and concentrations of mineral contents and total were determined in the obtained clear solutions using ICP-MS. Infusion; 40 ml of hot distilled water was added to 1 g ground black tea particles (20 min) and then filtered to obtain the clear solution for further processing. As a result: total aluminum contents in the black tea samples were between normal level. But unfortunately the solubility of aluminum in both infusion extracts very high value or toxic level (> 0.2 ppm) according to WHO/EU references values. It was noted that tea samples brewed in hot water may be finely ground (such as teabag teas), which may also be rapid and large amounts of infusion agents. The ratio of Al in total aluminum to infusions ranged from 1.56 to 1.16%. On the other hand, it is another possibility that the tea samples used in the research are harvest products of the old leaves because the old tea leaves accumulate more amount of Al than the young leaves. It was concluded that health authorities should evaluate the possible effect of high aluminum level on human consumption in tea consumption through long-term studies in terms of health. It was concluded that the dangerous limit value for health was not exceeded in terms of other potentially toxic heavy metals (Cd, Pb, Co, Ni, Cr) in tea plant samples.

Keywords: tea, aluminum, heavy metal, accumulation, infusion

Giriş

Angiospermae sınıfından olan çay bitkisi (*Camellia sinensis*), Dicotyledonea alt sınıfı içerisinde Theaceae (*Camellia*) familyasındandır. 1950 yılında çayın ismi *Thea sinensis* L. olarak kabul edilmiştir. Daha sonra yapılan sistematikte çay *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze olarak isimlendirilmiştir. *Camellia* familyasındaki bitkiler genel anlamda tüm mevsimlerde yeşil renkli, sık yapraklı ve boyları 1,5 metreye kadar yükselebilir özelliktedirler. Çay bitkisi 100 yıla kadar yaşayabilir ancak 50. senenin üzerinde verim düşmeye başlar. Çay bitkisinde çiçek açma dönemi Temmuz-Ocak, Ağustos-Aralık veya Ekim-Aralık aylarında olabilmektedir. Çay çiçekleri, genellikle yabancı çiçek tozları ile döllenir (Kacar, 1987).

Çay bitkisi dünya üzerinde geniş bir coğrafyada yetişen yarı tropik denilebilecek çok yıllık bir bitkidir (Ozkutlu vd., 2015). 1.000 m rakıma kadar rahatlıkla yetiştirilebilen çay bitkisi, bazı ülkelerde 1.000 m üzerinde de yetişebilmektedir. 14-40 °C arasında sürgün gelişimi görülen çay bitkisinde 12,5 °C'nin altındaki sıcaklık derecelerinde sürgün gelişimi tamamen durmakta, -15 °C'nin altında ve 40 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ise çay bitkisinde zarar oluşmaktadır. Çay bitkisi asit tepkimeli, kumdan kile kadar değişen bünyelerde yetişebilen, kalsiyum sevmeyen pH 4,5-6,0 arasında en uygun gelişim gösteren, normal bitki besin elementlerinin yanında Alüminyuma (Al) özel ihtiyaç duyan (nadir görülür) bir bitkidir (Kacar, 2010, Ozkutlu vd., 2015). Latince adıyla *Camellia sinensis* olarak bilinen çay bitkisi, dünyada sudan sonra en fazla tüketilen içecektir. Bugün Hindistan, Çin, Sri Lanka, Japonya ve Tayvan başta olmak üzere yaklaşık 30 ülkede çay üretilmektedir (Üstün ve Demirci, 2013).

Bitki gelişiminde iyon dağılımı ve dengesi oldukça önemlidir (Korkmaz vd., 2021; Ozkutlu vd., 2016). Bu kapsamda mutlak gerekli bir element olmamasına karşın Al, asit koşullara adapte olmuş kimi bitkiler için yararlı temel fizyolojik etkilere sahip bir elementtir. Al içeriklerine göre doğada yetişen bitkiler: 1) Alüminyum biriktirenler, 2) Al biriktirmeyenler şeklinde iki grup altında toplanmaktadır (Watanabe ve Osaki, 2002). Bitkilerin çok büyük bir bölümü ikinci gruba yani alüminyum biriktirmeyenler grubuna girer. Kimi bitkiler olumsuz şekilde etkilenmeden ve zarar görmeden önemli miktarda alüminyum biriktirir. Örneğin çay bitkisinin gelişmesi üzerinde alüminyumun etkisi olmazsa olmaz düzeyindedir. Çay bitkisi alüminyum biriktiren bitkilerden biri ve belki de birincisidir. Çay bitkisi yanında yosunlar, eğrelti otu taşkıran çiçeği, süpürge otu ve sarkık otu alüminyuma dayanıklı bitkiler olarak gruplandırılmıştır. (Takahashi ve Miyake, 1977). Çay bitkisinde Al temelde olgun yapraklarda birikir (Ruan ve Wong, 2001). Matsumoto vd. (1976) Kyoto Üniversite çiftliğinde 10 yaşındaki çay bitkisinin (*Camelia sinensis*, varyabukita) yaşlı yapraklarında Al miktarının 30690 µg g⁻¹ ve genç yaprakların da 600 µg g⁻¹ olduğunu belirlemişlerdir. Çay bitkisinin alüminyum içeriği üzerine çeşitli etmenler etki yapar. Bunlar: a) Yaprığın yaşı, b) Çay bitkisinin yaşı, C) Genetik yapı d) Yağış miktarı, e) Yörenin denizden yüksekliği ve f) Çay toprağının özellikleridir (Fung vd., 2003; Ruan ve Wonk, 2001; Shu vd., 2003).

Alüminyum kapsamının yüksek olmasını ve çay topraklarının göreceli olarak fazla miktarda alüminyum içermelerini dikkate alan Chenery (1955) çay bitkisi için alüminyumun mutlak gerekli bir element olabileceğini belirtmiştir. Alüminyumun çay bitkisinin gelişmesi üzerine olumlu etkilerinin olduğu Matsuda vd. (1975) ile Sivasubramaniam ve Talibudeen (1971) tarafından yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur. Alüminyumun farklı bitkiler üzerine olumlu etki yaptığını çeşitli araştırmacılar da rapor etmişlerdir. Örneğin; Stoklasa (1922) sucul bitkilerde, Sommer (1926) bezelye ve darı bitkisinde ve Lipman (1938) mısır bitkisinde alüminyumun gelişme üzerinde dikkate değer olumlu etkilerini saptamışlardır. Buna karşın doğadaki bitkilerin çok büyük bir bölümü ikinci gruba yani alüminyumun biriktirmeyenler grubuna girmektedir (Kacar, 2014)

Pytlakowska vd. (2011) bitkisel çay çalışmış ve Polonya'da satılan çayların yapraklardaki alüminyum içeriğini 13,0-297 arasında tespit etmişlerdir, 10 dakikalık çay demlendikten sonra infüzyondaki alüminyum içeriğinin 0,862-53,4 µg/g arasında değiştiğini, 30 dakika sonra 6,42-52,2 µg/g içinde olduğunu tespit edilmiştir.

Bedir ve Altıntığ (2010) yaptığı çalışmada; Çeşitli bitki çayları (Nane, Rezene, Kekik, Kantaron, Melisa), network firma çayları (Herbalife, Foreverliving) ve siyah çaylardan (marketlerden alınan) alınan 13 çay

numunesinde ICP-OES cihazı ile Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, ve Pb metallerinin deme geçen derişimleri incelemiş, sonuç olarak tüm çay örneklerinde deme geçen metallerin insan vücuduna alınması gereken miktarların üzerinde olduğunu, bu metal miktarlarının paket çaylarda Fazla olduğunu, açık çaylarda ise paket çaylara göre nispeten daha az olduğunu, ayrıca açık ve poşet çaylardaki metal miktarları 2, 5, 10 dakikalık sürelerle deme geçen süreleri karşılaştırıldığında, demleme süresi arttığında çaya geçen metal miktarının arttığını ifade etmiştir.

Zhang vd. (2018) planladıkları bir çalışmada, çay yapraklarında ve yetiştirildiği topraklarda (0-30 cm) alüminyum (Al) ve ağır metallerin (Mn, Pb, Cd, Hg, As, Cr, Ni, Cu ve Zn) konsantrasyonlarının incelemişlerdir. Araştırma Çin'de Puan County'de (Guizhou Eyaleti,) gerçekleştirilmiştir. Söz konusu ağır metallerin Ortalama konsantrasyonları toprakta sırasıyla; Al, Mn, Pb, Cd, Hg, As, Cr, Ni, Cu ve Zn 103, 214, 20,9, 0,09, 0,12, 17,5, 121, 27,8, 131,2 ve 64 mg kg-1. Genç çay yapraklarındaki Al, Mn, Pb, Cd, Hg, As, Cr, Ni, Cu ve Zn konsantrasyonlarının aralığı 250–660, 194–1130, 0,107-0,400, 0,012-0,092, 0,014-0,085, 0,073-0,456, 0,33-1,26, 6,33–14,90, 14,90–26,10 ve sırasıyla 35,8-50,3 mg kg-1. Olgun çay yapraklarında sırasıyla 4300–10,400, 536–4610, 0,560–1,265, 0,040–0,087, 0,043-0,089, 0,189-0,453, 0,69-2,91, 3,43–14,20, 6,17–16,25 ve 9,1–20,0 mg kg-1 olduğu belirlenmiştir.

Karimi vd. (2008) planladıkları çalışmada, Al, As, Cu, Hg ve Pb içeren beş ağır metalin konsantrasyonu, Mashhad pazarından toplanan örnekler üzerinde AAS ile belirlenmişlerdir. Al ve As için sırasıyla En yüksek ($908,30 \pm 377,70 \mu\text{g/g}$) ve en düşük ($0,09 \pm 0,02 \mu\text{g/g}$) değerler tespit etmişlerdir. Genel olarak, siyah çayın metal içeriklerinin, çay infüzyonundan yüksek olduğu bulunmuştur.

Yetişkinlerde diyetle, çayla ve suyla alınan alüminyumun izin verilebilir değerleri: Avustralya (1,9-2,4 mg/gün), Finlandiya (6,7 mg/gün), Almanya (8–11 mg/gün), Japonya (4,5 mg/gün), Hollanda (3,1 mg/gün), İsveç (13 mg/gün), İsviçre (4,4 mg/gün), Birleşik Krallık (3,9 mg/gün) ve ABD (7,1-8,2 mg/gün) şeklindedir. 5-8 yaş arası çocuklarda; Almanya'da günde 0,8 mg, günde 6,5 mg olarak bulunmuştur. Kanada, İngiltere ve ABD'de alüminyum bebeklerde 0,03 ila 0,7 mg/gün arasında değişmiştir (WHO, 1997). Bu kapsamda bitkilerde ağır metal birikimi insan sağlığı açısından oldukça önemlidir ve bitkilerde ağır metallerin izlenmesi gereklidir (Korkmaz ve ark., 2017; Korkmaz ve Türkş 2021). Bu araştırmanın amacı; Doğu Karadeniz bölgesinde yaygın olarak üretilen bazı çay marka ve çeşitlerinin toplam ve infüze Al ve potansiyel toksik ağırmetal (Pb, Cr, Co, Ni ve Cd) içeriğinin belirlenmesidir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma sahası, 3092 Sayılı Çay Kanunu (Çay Kanunu, 1984) ile ve bu kanuna göre çıkarılan yönetmeliklerle I. Kalite Çay Üretim bölgesi olarak belirlenen, Artvin, Rize, Trabzon ve Giresun illerindeki çay üretim bölgelerinden oluşmaktadır.

Alınan kuru çay örnekleri; ÇAYKUR'a ait Kamelya Çayı Organik Hemşin Çayı, Altınbaş Klasik, Organik Zümrüt Yeşil Çay, Rize Turist Çayı, Organik Rize Çayı, Çay Çiçeği, 42 Nolu Tirebolu Çayı, Burcum Yeşil Çay, Anadolu Filiz Çayı, Ayder Çayı, Gap Çayı, Nadidem Misafir Çayı, Her Dem Yeşil çayı, özel sektöre ait Rize Güneysu Örnek Çay, Nalkıran Çay Rize Merkez, Doğu Çay Salarha Rize Merkez, Hantal Çay Rize Derepazarı, Özgür Çay Dağsu Rize Merkez, Of Çay Rize Pazar (Organik), Karali Çay, Alkan Çay, Nergiz Çay Güneysu Merkez, Kader Çay (Dağınıksu) Rize Merkez, Zülfikar Çay, Nur Çay Doğu Çay, Altınbaşak Çay, Karali Çay, Ocak Çay, Erdiñ Çay, Kardeşler Çay, Güneyce Çay, Bey Çay, Lipton marka çaylardır.

Çalışmada; Ortodoks yöntemiyle (Özdemir vd., 1999) üretilmiş çay numuneleri analize hazırlanmış ve kuru çay örnekleri nitrik-perklorik asit karışımında (Yaş Yakma) yakılmış bitki çözeltileri elde edilmiştir. Nitrik-perklorik asit karışımı ile yaş yakmada 0,5'er gram bitki örneği üzerine 10 cc kadar asit karışımı ilave edilerek optimum 240 °C de renksiz çözelti elde edince ye kadar yakılmış ve çözelti belli bir hacme tamamlanmıştır. Elde edilen bitki çözeltilerinde ağır metal analizleri haricinde asıl çalışmanın temel hedef analiz olan Alüminyum analizi yapılmıştır.

Çay örnekleri analize hazırlık sürecinde sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar 70 °C derecede bekletildikten sonra, 0,5 gr tartılıp üzerine 10 ml Nitrik-perklorik asit eklenmiş ve yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yakma ürünleri Watman 42 filtre kâğıdı ile süzülüp saf su ile süzükler 25 ml tamamlanmıştır. Hazırlanan

süzüklerde (yaş yakma yöntemi ile oluşturulan) ağır metalleri (Al, Pb, Cr, Co, Ni, Cd) belirlemek üzere ICP-MS cihazında DAYTAM 'da okumalar yapılmıştır (Kacar ve İnal, 2008).

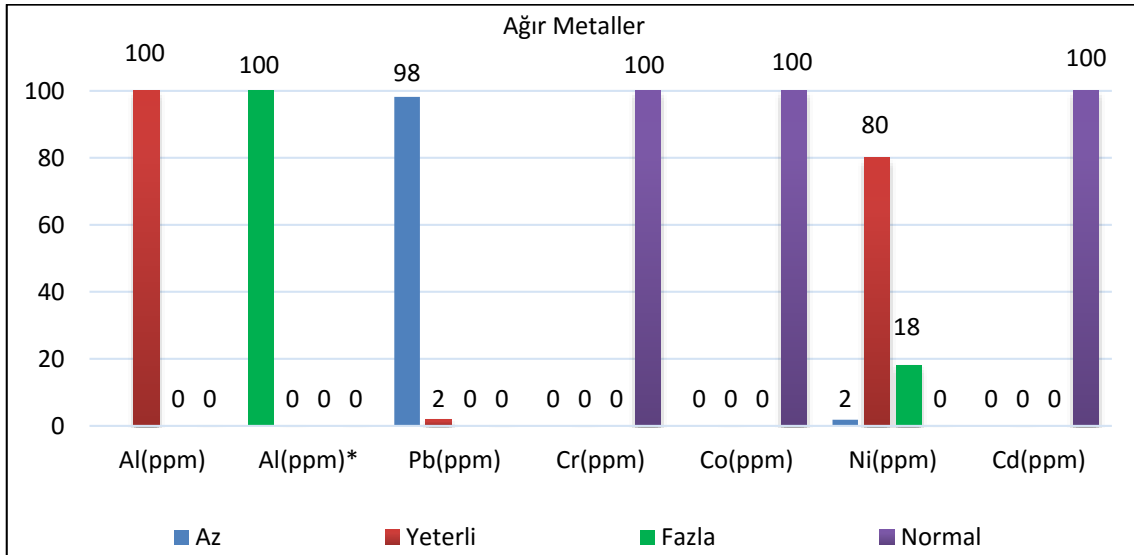
Ortalama piyasadaki sallama poşet çayların miktarı esas alınarak, 1-2 mm incelikte öğütülmüş olan çay yaprak örneklerinden 1 gr tartılıp 40 cc kaynar su ekleyip 20 dakika beklenmiş, oluşan çözeltiler Whatman-42 filtre kâğıdı ile süzülerek infüze çözeltiler oluşturulmuş ve ICP-MS cihazında alüminyum okumaları yapılmıştır.

Bitki örneklerinde belirlenen kimyasal analiz sonuçları arasında ilişki olup olmadığını belirlemek amacıyla örnekler arasında korelasyon yapılmış ve %0,05 ve %0,01'e göre (Jump 11.2.0 ver. İstatistik programı) önemlilik düzeyleri değerlendirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Çay bitkisine geçen besin elementleri analizleri yapılmış, istatistiki açıdan önemli çıkan değerler Reuters ve Robinson (1997), Chu ve Juneja (1997)'a ve Kabata-Pendias ve Pendias (1984) ve Johns vd. (1991)'e göre yorumlanmıştır. Çay Alüminyum Referans Değerleri Al; (mg kg⁻¹) < 420 (az) 420 -3500 (yeterli) 3500 den büyükse (fazla) (Chu ve Juneja, 1997) şeklinde değerlendirilmiştir. Ağır metaller (ppm); Al için en yüksek değer 3379,94ppm, en düşük 646,66ppm, ortalama 2204,75ppm (normal), infüze Al için en yüksek 39,52ppm, en düşük 10,25ppm, ortalama 20,75ppm (fazla), Pb için en yüksek 2,46ppm, en düşük 0,59ppm, ortalama 0,89ppm (az), Cr için en yüksek 3,37, en düşük 0,79ppm, ortalama 1,56 (normal), Co için en yüksek 0,70ppm, en düşük 0,03ppm, ortalama 0,30ppm (normal), Ni için en yüksek 8,45ppm, en düşük 2,60ppm, ortalama 5,08ppm (yeterli), Cd için en yüksek 0,12ppm, en düşük 0,02ppm, ortalama 0,06ppm (normal) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1.)

Karadeniz Bölgesini temsilen, 10 farklı noktadan ve piyasadaki alınan toplam 54 kuru çay örneğinin; ağır metaller analiz sonuçlarının element içeriği bakımından Al içeriği %100 yeterli, Al* %100 fazla, Pb %98 normal, %2 yeterli, Cr %100 normal, Co %100 normal, Ni %2 az, %80 yeterli, %18 fazla, Cd %100 normal düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Ağır Metallerin Yeterlilik Düzeyleri

Tablo 1. Yaş Yakma Bitki Çözeltilerinde Ağır Metal Konsantrasyonları

Örnek No	*Al(ppm) (Kuru Çay Yaş Yakma)	Yorum	**Al(ppm) (Çay Süzüğü)	Yorum	Toplam Al Miktarından Deme Geçen Al (%)	Pb (ppm)	Yorum	Cr (ppm)	Yorum	Co (ppm)	Yorum	Ni (ppm)	Yorum	Cd (ppm)	Yorum
1	1580,67	Yeterli	11,95	Fazla	0,76	1,43	Normal	1,77	Normal	0,34	Normal	4,22	Yeterli	0,07	Normal
2	2157,75	Yeterli	27,98	Fazla	1,30	2,46	Yeterli	1,41	Normal	0,30	Normal	4,79	Yeterli	0,07	Normal
3	1768,56	Yeterli	27,29	Fazla	1,54	1,03	Normal	1,41	Normal	0,27	Normal	4,68	Yeterli	0,06	Normal
4	2532,80	Yeterli	25,12	Fazla	0,99	1,18	Normal	1,57	Normal	0,40	Normal	5,35	Yeterli	0,09	Normal
5	2608,59	Yeterli	29,84	Fazla	1,14	0,85	Normal	2,31	Normal	0,34	Normal	5,54	Yeterli	0,09	Normal
6	2384,89	Yeterli	21,13	Fazla	0,89	0,93	Normal	1,69	Normal	0,37	Normal	5,73	Yeterli	0,06	Normal
7	2409,70	Yeterli	28,49	Fazla	1,18	0,93	Normal	1,59	Normal	0,37	Normal	5,24	Yeterli	0,07	Normal
8	2208,75	Yeterli	24,12	Fazla	1,09	0,91	Normal	1,29	Normal	0,26	Normal	3,39	Yeterli	0,07	Normal
9	2067,71	Yeterli	19,86	Fazla	0,96	0,91	Normal	1,06	Normal	0,55	Normal	4,67	Yeterli	0,06	Normal
10	2040,52	Yeterli	19,10	Fazla	0,94	1,12	Normal	1,72	Normal	0,32	Normal	5,45	Yeterli	0,05	Normal
11	1924,12	Yeterli	26,24	Fazla	1,36	0,86	Normal	1,42	Normal	0,26	Normal	4,42	Yeterli	0,06	Normal
12	3153,12	Yeterli	30,05	Fazla	0,95	0,78	Normal	1,73	Normal	0,19	Normal	5,16	Yeterli	0,06	Normal
13	2231,66	Yeterli	28,14	Fazla	1,26	0,75	Normal	1,25	Normal	0,03	Normal	4,75	Yeterli	0,04	Normal
14	2080,61	Yeterli	27,76	Fazla	1,33	0,71	Normal	0,79	Normal	0,19	Normal	3,65	Yeterli	0,06	Normal
15	2595,12	Yeterli	28,63	Fazla	1,10	0,74	Normal	1,86	Normal	0,34	Normal	4,99	Yeterli	0,07	Normal
16	2545,65	Yeterli	22,11	Fazla	0,87	0,71	Normal	1,89	Normal	0,11	Normal	4,52	Yeterli	0,05	Normal
17	2161,71	Yeterli	19,68	Fazla	0,91	0,71	Normal	1,72	Normal	0,26	Normal	4,95	Yeterli	0,06	Normal
18	2253,87	Yeterli	22,26	Fazla	0,99	0,75	Normal	1,57	Normal	0,34	Normal	6,27	Fazla	0,06	Normal
19	2372,17	Yeterli	18,29	Fazla	0,77	0,96	Normal	1,65	Normal	0,37	Normal	7,02	Fazla	0,06	Normal
20	2470,73	Yeterli	23,05	Fazla	0,93	0,93	Normal	1,56	Normal	0,33	Normal	5,17	Yeterli	0,06	Normal
21	2731,97	Yeterli	30,11	Fazla	1,10	1,24	Normal	1,75	Normal	0,41	Normal	6,51	Fazla	0,12	Normal
22	2506,43	Yeterli	20,63	Fazla	0,82	1,52	Normal	1,39	Normal	0,47	Normal	6,04	Fazla	0,07	Normal
23	2440,78	Yeterli	19,10	Fazla	0,78	1,02	Normal	1,06	Normal	0,34	Normal	5,00	Yeterli	0,07	Normal
24	3375,11	Yeterli	23,71	Fazla	0,70	1,29	Normal	3,37	Normal	0,62	Normal	8,45	Fazla	0,09	Normal

* Kuru çaya geçen Al konsantrasyonunu belirlemek için yaş yakma yöntemi ile hazırlanan süzüklerin sonuçları.

** Demlendiğinde çaya geçen Al konsantrasyonunu belirlemek için demleme yöntemi ile hazırlanan süzüklerin sonuçları.

Örnek No	*Al(ppm) (Çay Yaş Yakma)	Yorum	**Al(ppm) (Çay Süzüğü)	Yorum	Toplam Al Miktarından Deme Geçen Al (%)	Pb (ppm)	Yorum	Cr (ppm)	Yorum	Co (ppm)	Yorum	Ni (ppm)	Yorum	Cd (ppm)	Yorum
25	2802,85	Yeterli	21,98	Fazla	0,78	0,64	Normal	1,82	Normal	0,35	Normal	5,68	Yeterli	0,07	Normal
26	2540,15	Yeterli	19,65	Fazla	0,77	0,66	Normal	1,36	Normal	0,37	Normal	4,42	Yeterli	0,07	Normal
27	2756,45	Yeterli	20,39	Fazla	0,74	0,85	Normal	1,63	Normal	0,42	Normal	5,86	Yeterli	0,07	Normal
28	1867,76	Yeterli	16,43	Fazla	0,88	0,79	Normal	1,59	Normal	0,19	Normal	5,80	Yeterli	0,05	Normal
29	2194,91	Yeterli	17,17	Fazla	0,78	1,23	Normal	1,08	Normal	0,40	Normal	7,03	Fazla	0,06	Normal
30	1372,15	Yeterli	12,92	Fazla	0,94	0,65	Normal	0,81	Normal	0,17	Normal	3,60	Yeterli	0,04	Normal
31	3379,95	Yeterli	24,27	Fazla	0,72	0,76	Normal	1,75	Normal	0,53	Normal	5,53	Yeterli	0,06	Normal
32	2320,28	Yeterli	25,59	Fazla	1,10	0,93	Normal	1,28	Normal	0,35	Normal	4,41	Yeterli	0,07	Normal
33	1867,43	Yeterli	22,41	Fazla	1,20	0,73	Normal	2,70	Normal	0,39	Normal	5,62	Yeterli	0,05	Normal
34	1950,76	Yeterli	22,12	Fazla	1,13	0,67	Normal	1,62	Normal	0,21	Normal	5,03	Yeterli	0,05	Normal
35	2718,85	Yeterli	28,97	Fazla	1,07	0,83	Normal	1,74	Normal	0,43	Normal	5,46	Yeterli	0,08	Normal
36	1732,79	Yeterli	15,80	Fazla	0,91	0,86	Normal	1,59	Normal	0,20	Normal	6,08	Fazla	0,05	Normal
37	2700,32	Yeterli	22,02	Fazla	0,82	0,88	Normal	2,02	Normal	0,40	Normal	5,87	Yeterli	0,08	Normal
38	2411,07	Yeterli	19,66	Fazla	0,82	0,86	Normal	1,28	Normal	0,42	Normal	8,21	Fazla	0,06	Normal
39	1850,40	Yeterli	17,81	Fazla	0,96	0,65	Normal	1,06	Normal	0,38	Normal	6,06	Fazla	0,06	Normal
40	2400,68	Yeterli	20,76	Fazla	0,86	1,02	Normal	1,45	Normal	0,70	Normal	5,47	Yeterli	0,07	Normal
41	3086,75	Yeterli	39,52	Fazla	1,28	0,85	Normal	1,78	Normal	0,13	Normal	4,51	Yeterli	0,06	Normal
42	2413,35	Yeterli	27,77	Fazla	1,15	0,71	Normal	1,36	Normal	0,33	Normal	5,24	Yeterli	0,06	Normal
43	1725,36	Yeterli	15,30	Fazla	0,89	0,70	Normal	0,99	Normal	0,19	Normal	2,60	Yeterli	0,06	Normal
44	2095,10	Yeterli	16,08	Fazla	0,77	0,66	Normal	1,13	Normal	0,15	Normal	3,66	Yeterli	0,04	Normal
45	1902,96	Yeterli	16,44	Fazla	0,86	0,65	Normal	1,58	Normal	0,10	Normal	4,54	Yeterli	0,05	Normal
46	1765,56	Yeterli	13,74	Fazla	0,78	0,74	Normal	1,10	Normal	0,13	Normal	4,55	Yeterli	0,04	Normal
47	1586,71	Yeterli	13,98	Fazla	0,88	0,59	Normal	0,82	Normal	0,08	Normal	3,69	Yeterli	0,04	Normal
48	2365,40	Yeterli	16,40	Fazla	0,69	0,87	Normal	1,73	Normal	0,34	Normal	6,56	Fazla	0,05	Normal
49	1986,27	Yeterli	10,29	Fazla	0,52	0,87	Normal	1,60	Normal	0,11	Normal	4,21	Yeterli	0,03	Normal
50	2247,84	Yeterli	15,99	Fazla	0,71	0,87	Normal	2,00	Normal	0,40	Normal	3,95	Yeterli	0,06	Normal
51	1844,84	Yeterli	13,79	Fazla	0,75	0,86	Normal	1,48	Normal	0,13	Normal	4,84	Yeterli	0,05	Normal
52	2049,01	Yeterli	15,44	Fazla	0,75	0,76	Normal	1,65	Normal	0,28	Normal	5,06	Yeterli	0,05	Normal
53	646,66	Yeterli	12,22	Fazla	1,89	0,77	Normal	0,98	Normal	0,10	Normal	4,52	Yeterli	0,02	Normal
54	2007,89	Yeterli	11,47	Fazla	0,57	0,93	Normal	2,83	Normal	0,21	Normal	5,14	Yeterli	0,07	Normal

* Kuru çaya geçen Al konsantrasyonunu belirlemek için yaş yakma yöntemi ile hazırlanan süzüklerin sonuçları.

** Demlendiğinde çaya geçen Al konsantrasyonunu belirlemek için demleme yöntemi ile hazırlanan süzüklerin sonuçları.

Tablo 2. Çay Bitkisinin Alüminyum ve Toksik Ağır Metal Konsantrasyonlarına Ait Korelasyon Analiz Sonuçları

	Al ^x	Al ^{xx}	Pb	Cr	Co	Ni
Al ^x						
Al ^{xx}	0,702**					
Pb	0,174	0,196				
Cr	0,460*	0,163	0,134			
Co	0,505*	0,245	0,339*	0,311*		
Ni	0,587*	0,312*	0,270	0,442*	0,544*	
Cd	0,682*	0,588*	0,433*	0,382*	0,622*	0,525*

* İşaretili F değeri $p < 0,05$; ** işaretili F değerleri ise $p < 0,01$ olasılık düzeyinde önemlidir.

^x Kuru çaya geçen Al konsantrasyonunu belirlemek için yaş yakma yöntemi ile hazırlanan süzüklerin sonuçları.

^{xx} Demlendiğinde çaya geçen Al konsantrasyonunu belirlemek için demleme yöntemi ile hazırlanan süzüklerin sonuçları.

Sonuç ve Öneriler

Doğu Karadeniz yöresinde yaygın olarak tüketilen veya ülke çapında pazarlanan çay çeşitlerinden toplanan örneklerin gerek yaprak toplam alüminyum konsantrasyonu ve gerekse demlenen çay süzüğünde serbest Alüminyumun (infüzyon) konsantrasyon değerlerinin belirlenmesi temeline dayalı olan bu araştırma çalışmasında bitki toplam Alüminyum akümülyasyon referans değerleri (420-3500 ppm) aşmamıştır. Ancak infüzyon değerlerine bakılacak olursa, 20 dakikalık demleme süresince içtiğimiz çaya geçen Al konsantrasyon değerleri (süzük Al konsantrasyon değerleri) FAO/WHO (2007), WHO (1998) ve EU (1993) kritik değerlerine göre ve Meksika İçme Suyu Standartlarına göre [ODF, 1994]], suya geçen maksimum alüminyum konsantrasyonu için sınır değer olarak kabul edilen 0.2 ppm (infüze olan Al miktarlarının referansa değer olan 0,2 ppm) in çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu araştırma çalışmasında infüze olan Al konsantrasyonunun belirlenmesinde kullanılan çay yapraklarının 1-2 mm incelikte öğütülmesinin infüze olan Al oranının yükselmesinde önemli bir etken olacağı da muhtemeldir. Ayrıca, Wagatsuma (1984) den aktarıldığına göre yaşlı çay yapraklarının genç yapraklara oranlar çok daha yüksek düzeyde Al akümüle ettiği varsayılırsa, çalışmada kullanılan çay örneklerinin büyük olasılıkla çay bitkisinin yaşlı yapraklarından hasat edilerek piyasa sürülmüş çaylar olduğu da diğer bir olasılıktır. Söz konusu çaylarla çözeltilmeye geçen ve günlük çay tüketiminde insan bünyesine geçen yüksek Alüminyum düzeyinin sağlık açısından uzun metrajlı çalışmalarla insanlar üzerindeki olası etkisinin sağlık otoriteleri tarafından değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Araştırmada gerek piyasadaki temin edilen ve gerekse üretim sahasından alınan 54 çay örneğinden toplam Al içeriği bakımından en düşük değer 646,66 ppm ile 53 nolu örnek olan Nergiz Çaya ait, en yüksek değer ise 3379,95 ppm ile 31 nolu örnek olan ÇAYKUR Gündoğdu Çay Fabrikasına ait çay örneğinde tespit edilmiş ve yabancı kökenli çay olan 2007,89 ppm ile 54 nolu örnek olan İran çayı olup bu değerlerin kritik değer (420-3500 ppm) aralığında olduğu tespit edilmiştir.

İnfüze olan Al konsantrasyonlarına bakılacak olursa; en düşük değer 10,29 ppm ile 49 nolu örnek olan Kader Çaya ait, en yüksek değer ise 39,52 ppm ile 41 nolu örnek olan ÇAYKUR Kalkandere Kalecik Organik Çay Fabrikasına ait çay örneğinde tespit edilmiş, yabancı kökenli çaya ait değer ise 11,47 ppm ile 54 nolu örnek olan İran çayı olup bu değerlerin kritik değer (0,2 ppm)' in çok üzerinde olduğu sonucuna varılmıştır.

Peng vd. (2018), çay yapraklarındaki alüminyum (Al), manganez (Mn), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve bakırın (Cu) çevresel ve bitkisel faktörler (toprak durumu, çeşit, mevsim ve olgunluk) ve maruz kalma risklerini araştırmışlardır. Herhangi bir mevsimde çay çeşitleri arasında Al, Mn ve Cd seviyelerinde farklılıklar tespit etmişler. Mevsimsel olarak, sonbahar çayı ve/veya yaz çayı, ilkbahar çayından çok daha yüksek Al, Mn, Pb ve Cd seviyelerine sahip bulunmuştur. Çay yaprağı olgunluğu Al, Mn, Pb ve Cd konsantrasyonları ile pozitif, Cu ile negatif korelasyon göstermiştir. Bu metal elementlerin hesaplanan

ortalama günlük alım dozları (mg/ [kg]) 0.14 (Al), 0.11 (Mn), 2.70×10^{-3} (Cu), 2.80×10^{-4} (Pb) ve 2.88×10^{-6} (Cd) olarak tespit edilmiştir. Her metalin tehlike katsayısı değerlerinin tümü risk seviyesinden (=1) önemli ölçüde düşük bulunmuştur, bu da genel nüfus için çay tüketiminin aşırı miktarda Al, Mn, Pb, Cd veya Cu alımıyla sonuçlanmadığını göstermiştir. Bu çalışma ile tüketicinin çay tüketimi yoluyla Al ve Mn'a maruz kalmasını azaltmak için sahada izlenebilecek faktörlerin kontrol edilebileceği sonucuna varmışlardır.

Kacar vd. (1991) den aktarıldığına göre, ÇAYKUR tarafından üretilen ve 8 ilden alınan değişik siyah çay örneklerindeki alüminyumun (Al) deme geçme (infüze olan) oranları genel olarak ; %8.5 ile 23.8 ve özel sektör tarafından üretilen ve paketlenen çay örneklerindeki deme geçen Al oranları; %8.2 ila 24.4 arasında, yabancı kökenli çaylardaki deme geçen Al oranları; %6.4 ile 24.5 arasında değişmektedir.

Çay insanlar için alışlagelmiş önemli bir diyet seçeneğidir. Silva vd. (2016) Çaydan Al alımını azaltmak için stratejiler geliştirmek için çevresel faktörlerin çay yapraklarındaki Al birikimini nasıl etkilediğini anlamaya çalışmak için farklı plantasyon koşullarına özel araştırma yapmışlardır. Toprak tozu kontaminasyonundan kaçınmak, daha yüksek rakımlardaki veya daha genç plantasyonlardan çay sürgünlerini toplamanın çay Al konsantrasyonunu düşürebileceği görüşünü öne sürmüşlerdir.

Bu çalışmada infüze Al oranları; %0,52 ile 1,89 ortalama %0,96 arasında, özel sektörde üretilen çaylarda; %0,52 ile 1,89 ortalama %0,95, ÇAYKUR çaylarında; %0,70 ile 1,36 ortalama %0,94, Organik çaylarda ise %0,87 ile 1,26 ortalama %1,10 ve yabancı kökenli çaylarda %0,57 arasında değişmiştir. Bu açıdan değerlendirme yapılacak olursa, çalışmada kullanılan çay bitkisi örneklerinde toplam alüminyum birikimlerine göre kaynar suda deme geçen (infüze olan) Al konsantrasyon değerleri oransal olarak çok daha düşük bulunmuştur. Ayrıca organik olarak üretilen ve paketlenen çaylarda deme geçen (infüze olan) Al konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur. Çay bitkisi örneklerinde, potansiyel toksik diğer ağır metaller (Cd, Pb, Co, Ni, Cr) açısından sağlık için tehlikeli sınır değerini aşmadığı sonucuna varılmıştır.

Yazar Katkısı

Yapılan bu çalışmanın başlangıcından sonuna kadar olan tüm süreci yazarlar birlikte yürütmüştür.

Destek ve Teşekkür

Bu makale Mehmet Alkayın'ın yüksek lisans tezinden (Tez No: 595625) türetilmiştir. Bu çalışmada Atatürk Üniversitesi BAP Projeleri konseptinde (Proje kodu; 6890 FYL-2018-6890) destek alınmıştır. DAYTAM merkezinde analizlerin yapılmasında emeği geçenlere ve üniversitemize teşekkürü borç biliriz.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

Mehmet Alkayın  <https://orcid.org/0000-0001-6183-2458>

Nesrin Yıldız  <https://orcid.org/0000-0002-8179-6228>

Kaynaklar

Altıntığ, E., Yalçın, N. ve Sevinç, V. (2001). *FAAS ile Çayda Ağır Metal Analizleri* [Sözlü sunum]. XV. Ulusal Kimya Kongresi, İstanbul, Türkiye

- Balcı, M., Taşkın, M. B., Kaya, E. C., Soba, M. R., Özer, P., Kabaoğlu, A., Turan, M. A. ve Taban, S. (2016). Doğu Karadeniz bölgesinde çay tarımı yapılan toprakların ve çay bitkisinin demir, bakır, çinko ve mangan durumları. *Toprak ve Su Dergisi*, 5(2), 65-74. <https://doi.org/10.21657/topraksu.269370>
- Bedir, N. (2010). *Açık ve paket çaylarda bulunan ağır metallerin icp-oes ile analizleri* [Yayımlanmış yüksek lisans tezi]. Sakarya Üniversitesi.
- Chenery, E. M. (1955). A preliminary study of aluminium and the tea bush. *Plant and Soil*, 6(2), 174-200. <https://doi.org/10.1007/BF01343446>
- Chu, D. C. ve Juneja, L. R. (1997). General chemical composition of green tea and its infusion. Yamamoto, T., Juneja, L.R., Chu, D.C. ve Kim, M. (Eds), *Chemistry and applications of green tea* (s. 13-22) içinde. CRC Press.
- Chuan-yi Peng , Xiao-hui Zhu, Ru-yan Hou, Gao-fei Ge, Ri-mao Hua, Xiao-chun Wan ve Hui-mei Cai (2018). Aluminum and heavy metal accumulation in tea leaves: An interplay of environmental and plant factors and an assessment of exposure risks to consumers. *Journal of Food Science*, 83(4), 1165-1172. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14093>
- Çay Kanunu (1984, 19 Aralık). 18610 sayılı T.C. resmi gazete. <https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/18610.pdf> adresinden 01 Şubat 2019 tarihinde alınmıştır.
- Çaykur, (2017). 2017 Yılı Çay Sektörü Raporu. <https://www.caykur.gov.tr/Pages/Yayinlar/SektorelRaporlar.aspx> adresinden 10 Kasım 2018 tarihinde alınmıştır.
- EU, (1993). EU's drinking water standards. Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption. Adopted by the Council on 3 November 1998. <https://leap.unep.org/countries/eu/national-legislation/council-directive-9883ec-quality-water-intended-human-consumption> adresinden 10 Kasım 2018 tarihinde alınmıştır.
- FAO/WHO, (2007) Aluminium (from all sources, including food additives). *Evaluation of certain food additives and contaminants* (WHO Technical Report Series, No. 940, s. 33-44) içinde. World Health Organization. http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_940_eng.pdf adresinden 10 Kasım 2018 tarihinde alınmıştır.
- Fung, K. F., Zhang, Z. Q., Wong, J. W. C. ve Wong, M. H. (2003). Aluminium and fluoride concentrations of three tea varieties growing at Lantau Island, Hong Kong. *Environmental Geochemistry and Health*, 25(2), 219-232. <https://doi.org/10.1023/A:1023233226620>
- Kabata-Pendias, A. ve Pendias, H. (1984). *Trace elements in soils and plants*. CRC Press, Inc.
- Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace elements in soils and plants* (4. Baskı). CRC Press.
- Kacar.B., Przemec, E., Özgümüş, A., Turan, C., Katkat, A. V. ve Kayıkçıoğlu, İ. (1979). Türkiye’de çay tarımı yapılan toprakların ve çay bitkisinin mikro element gereksinimleri üzerinde bir araştırma. TÜBİTAK-TOAG/321. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Besleme Kürsüsü, Ankara.
- Kacar, B. (1987). *Çayın biyokimyası ve işleme teknolojisi* (Yayın No:6, s. 1-71). Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü Çay-Kur Yay.
- Kacar, B. (2010). *Çay bitkisi, biyokimyası, gübrelemesi ve işleme teknolojisi* (Yayın No:1549, s. 17-26). Nobel Yayınları.
- Kacar, B. (2014). *Bitki, toprak ve gübre analizleri 2. Kolay uygulanabilir bitki analizleri* (Yayın No: 910). Nobel Yayın Evi.
- Kacar, B. ve İnal, A. (2008). *Bitki analizleri* (Cilt 1, s. 892). Nobel Yayın Evi.
- Karimi, G., Hasanzadeh, M. K., Nili, A., Khashayarmanesh, Z., Samiei, Z., Nazari, F. ve Teimuri, M. (2008). Concentrations and health risk of heavy metals in tea samples marketed in IRAN.

- Pharmacologyonline*, 3, 164-174.
<https://pharmacologyonline.silae.it/files/newsletter/2008/vol3/17.Karimi.pdf>
- Korkmaz, K., Kara, S. M., Özkutlu, F., Akgün, M. ve Cenkal, B. C. (2017). Profile of heavy metal and nutrient elements in some sideritis species. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 51(3), 209-212. <https://doi.org/10.5530/ijper.51.3s.14>
- Korkmaz, K. & Türkış, S. (2021). Türkiye'deki bazı orkide türlerinin mineral besin elementi ve ağır metal konsantrasyonları. *Akademik Ziraat Dergisi*, 10 (1) , 137-144. <https://doi.org/10.29278/azd.813308>
- Korkmaz, K., Akgün, M., Özcan, M.M., Özkutlu, F. ve Kara, Ş.M. (2021). Interaction effects of phosphorus (P) and zinc (Zn) on dry matter, concentration and uptake of P and Zn in chia. *Journal of Plant Nutrition*, 44(5), 755-764. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1845373>
- Lipman, C. B. (1938). Importance of silicon, aluminum, and chlorine for higher plants. *Soil Science*, 45(3), 189-198. <https://doi.org/10.1097/00010694-193803000-00003>
- Matsuda, K., Kobayashi, K., Konishi, S. ve Baba, M (1975). The role of aluminium on the plant. The effect of aluminium in the uptake of phosphorus of tea plant. *The Society of the Science of Soil and Manure*, Japan 21, 52-54.
- Matsumoto, H., Hirsawa, E., Morimura, S. ve Takahashi, E. (1976). Lacazilation of aluminium in tea leaves. *Plant and Cell Physiol*, 17, 627-631. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a075318>
- ODF, (1994). *Official mexican standards NOM-127-SSA1-1994. Environmental health. Water for use and human consumption*. Official Diary of the Federation.
- Özdemir, F., Topuz, A. ve Erbaş, M. (1999). Ortodoks ve Çaykur yöntemleri ile üretilen farklı sınıf siyah çayların mineral içerikleri. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(Ek Sayı 4), 809-815. <https://doi.org/10.3906/tar-5-97168>
- Özkutlu, F., Akkaya, Ö. H., Ete, Ö., Şahin, Ö. ve Korkmaz, K. (2015). Rize ilindeki bazı çay bahçelerinin toprak ve yaprak analizi ile besin element düzeylerinin belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 19(2), 94-103. <https://dergipark.org.tr/en/pub/harranziraat/issue/18451/194262>
- Özkutlu, F., Akkaya, Ö. H., Ete, Ö. ve Akgün, M. (2016). Bazı çay bahçelerinin B(bor) beslenmesi ve toprak özellikleriyle ilişkilerinin belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(1), 125-136. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ordubtd/issue/24680/261011>
- Pytlakowska, K., Kita, A., Janoska, P., Połowniak, M. ve Kozik, V. (2012). Multi-element analysis of mineral and trace elements in medicinal herbs and their infusions. *Food chemistry*, 135(2), 494-501. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.002>
- Reuter, D. J. ve Robinson, J. B. (1997). *Plant analysis. An interpretation manual* (2. Baskı). CSIRO Publishing.
- Ruan, J. ve Wong, M. H. (2001). Accumulation of fluoride and aluminium related to different varieties of tea plant. *Environmental Geochemistry and Health*, 23, 53-63. <https://doi.org/10.1023/A:1011082608631>
- Silva, Jacquie de., Gabriel Tuwei. ve Fang-J. (2016). Environmental factors influencing aluminium accumulation in tea (*Camellia sinensis* L.), *Plant Soil*, 400, 223-230. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2729-5>
- Sivasubramaniam, S. ve Talibudeen, O. (1971). Effect of aluminium on growth of tea (*Camellia sinensis*) and its uptake of potassium and phosphorus. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 22(7), 325-329. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740220702>

- Shu, W., Zhang, Z. Q., Lan, C. Y. ve Wong, M. H. (2003). Flüoride and aluminium concentrations of tea plants and tea products from Scihuan Province, PR China. *Chemophere*, 52, 1475-1482. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(03\)00485-5](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(03)00485-5)
- Sommer, A. L. (1926). *Studies concerning the essential nature of aluminium and silicon for plant growth*. University of California Press.
- Stoklasa, J. (1922). *Über die Verbreitung des Aluminiums in der Natur und seine Bedeutung beim Bau- und Betriebsstoffwechsel der Pflanzen*. Fischer.
- Takahashi, E. ve Miyake., Y. (1977). Silica and plant growth. *Proceedings of the International Seminar on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture*. 603-611.
- Taşkın, M. B., Balcı, M., Soba, M. R., Kaya, E. C., Özer, P., Tanyel, G., Kabaoğlu, A., Turan, M. A. ve Taban, S. (2015). Doğu Karadeniz Bölgesinde çay tarımı yapılan toprakların ve çay bitkisinin azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve kükürt durumları. *Toprak Su Dergisi*, 4(2), 30-40. <https://doi.org/10.21657/tsd.05240>
- Üstün, Ç. ve Demirci., N. (2013). Çay bitkisinin (Camellia Sınensis L.) tarihsel gelişimi ve tıbbi açıdan değerlendirilmesi [Sözlü sunum]. II. Rize Kalkınma Sempozyumu, Rize, Türkiye.
- Wagatsuma, T. (1984). Characteristics of upward translocation of aluminum in plants. *Soil Science and Plant Nutrition*, 30(3), 345-358. <https://doi.org/10.1080/00380768.1984.10434700>
- Watanabe, T. ve Osaki, M. (2002). Mechanisms of adaptation to high aluminum condition in native plant species growing in acid soils: A review. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33(7-8), 1247-1260. <https://doi.org/10.1081/CSS-120003885>
- World Health Organization (WHO). (1998). *Guidelines for drinking water quality* (2. Basım). WHO.
- Zhang, J., Yang, R., Chen, R., Peng, Y., Wen, X. ve Gao, L. (2018). Accumulation of heavy metals in tea leaves and potential health risk assessment: A case study from Puan County, Guizhou Province, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(1), 133. <https://doi.org/10.3390/ijerph15010133>

Humik Asit ve Azotlu Gübrelemenin Marulun Besin Maddesi İçerikleri Üzerine Etkisi

Ceyhan Tarakçıoğlu¹ , Merve Baş Odabaş¹ 

¹Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ordu

Geliş Tarihi / Received Date: 19.04.2022

Kabul Tarihi / Accepted Date: 24.05.2022

Öz

Bu araştırmada, humik asit ve azotlu gübrelemenin iki farklı marul bitkisinin besin element içerikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla iki sıvı humik asidin 0-400-800-1200 mg kg⁻¹ dozları ile üre ve amonyum nitrat gübresi uygulanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, Model marul çeşidinde amonyum nitrat gübre uygulaması ile humik asidin 800 mg kg⁻¹ dozundan en yüksek yaş ve kuru ağırlık elde edilirken; Carmesi marul çeşidinde üre ve amonyum nitrat gübresi ile humik asidin 800 ve 400 mg kg⁻¹ dozundan elde edilmiştir. Bitkinin K içeriğinin 800 mg kg⁻¹, Fe içeriği ise 800 ile 1200 mg kg⁻¹ humik asit dozlarına kadar artmıştır. Bitkinin toplam N ve nitrat ile Ca, Mn, Zn ve Cu içeriklerinin dozla birlikte genellikle düzenli bir şekilde arttığı; Mg içeriğinin düzenli bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: humik asit, azotlu gübre, besin elementi, nitrat, marul

The Effect of Humic Acid and Nitrogen Fertilization on Nutrient Content of Lettuce

Abstract

In this study, effects of humic acid and nitrogen fertilizations on the nutrient contents of two different lettuce plants were investigated. For this purpose, 0-400-800-1200 mg kg⁻¹ doses of two liquid humic acids and ammonium nitrate and urea fertilizers were applied. According to the results of the investigation, while the highest fresh and dry weight in Model lettuce cultivar was obtained from 800 mg kg⁻¹ humic acid and ammonium nitrate fertilizer application, in Carmesi lettuce cultivar 800 and 400 mg kg⁻¹ was obtained from urea and ammonium nitrate fertilizer. The K content of the plant generally increased until 800 mg kg⁻¹, and Fe content increased until 800-1200 mg kg⁻¹ humic acid doses. It was determined that the total N and nitrate and Ca, Mn, Zn and Cu contents of the plant increased regularly with the dose, while the Mg content decreased regularly.

Keywords: humic acid, nitrogen fertilizer, nutrient, nitrate, lettuce

Giriş

Ülkemiz topraklarının organik madde içerikleri bakımından %88'inin yetersiz düzeyde olduğu bildirilmiş (Anonim, 2018) olup; bu durum tarım topraklarımızın yüksek verim alınmasını sınırlandıracak düzeyde olduğunu göstermektedir. Ülkemizin tarımsal üretimini artırmak için topraklarımızın organik madde miktarının artırılması gerektiği, fakat yeteri kadar organik gübrenin bulunmadığı, organik maddenin aktif fraksiyonu olan fulvik ve humik asitlerin organik gübrelere göre az miktarlarda kullanılarak topraklarımızın verimliliğinin arttırılabileceği belirtilmiştir (Gezgin vd., 2012). Kolloidal özelliklere sahip olan humik ve fulvik asitlerin kil, silt ve kum fraksiyonlarını bağlayarak agregatlaşmayı arttırdığı, toprak yapısını iyileştirdiği, erozyonla toprak kaybını önlediği, sonuç olarak toprak sıkışması ve kaymak tabakası oluşumunun azaldığı, hava ve suyun topraktaki hareketini düzenlediği, toprağın su tutma kapasitesinin arttığı, bitkilerin su alımını arttırdığı Gezgin vd. (2012) tarafından bildirilmiştir. Yüksek iyon değiştirme gücüne sahip olan humik ve fulvik asitlerden açığa çıkan amino asitler ve organik asitler, toprağın tamponlama ve katyon değişim kapasitesini artırarak besin maddelerinin kaybını azaltırken yararlılığını ve bitkiler tarafından alımını arttırmakta, toprakta reaksiyon değişimine ve toprağın tuzluluğuna karşı tamponlama özelliğini artırarak bitkilerin tuzdan daha az zarar görmesini sağlamaktadırlar. Aynı zamanda topraktaki mikrobiyal aktiviteyi arttırarak toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine olumlu etkide bulunduğunu, tohumun çimlenmesini, kök ve gövde gelişimini ve çiçeklenmeyi arttırdığı, inorganik gübrelere etkinliğini artırarak gübrelere aşırı kullanımını engellediği ve bu nedenden dolayı toprağın korunmasına katkıda bulunduğunu bildirilmiştir (Gezgin vd., 2012).

Humik asitler (HA) kireci çözerek pH'yı düzenlemekte, iyon değişimi ve organik-metal kompleksi oluşturma özelliği ile toprakta karbonat, klorit, sülfat, oksit ve silikatlı bileşikler şeklindeki minerallerin yapısını bozarak serbest kalan bu metal iyonlarını organik forma dönüştürmekte, bitki kökleri tarafından alımını kolaylaştırmakta ve böylece bitkilerin daha sağlıklı, strese dayanıklı, meyvelerin daha büyük ve gösterişli, olgun ve canlı renkte olmasını sağlamaktadır (Ay, 2015).

Fahramand vd. (2014), humik asitlerin bitki büyümesini uyardığını ve sonuç olarak hücre solunumu, fotosentez, protein sentezi, su ve besin alımı, enzim aktiviteleri ile ilgili mekanizmalar üzerinde hareket ederek verim artışı sağladığını ifade etmişlerdir. Ayrıca HA'ların hücre duvarında, membran veya sitoplazmada hormonal etkisiyle çeşitli biyokimyasal olaylarda direkt; toprakta besin elementlerinin zenginleşmesi, mikrobiyal popülasyonun artması, daha yüksek katyon değişim kapasitesi, toprak yapısının iyileştirilmesi, kök gelişimini artırması gibi dolaylı etkileriyle bitki gelişimini teşvik ettiğini, doğrudan humik maddelerin bitki dokuları içerisine alınması ve taşınması ile ilgili süreçleri de etkilediklerini bildirmişlerdir. Humik asitlerin kök ve bitki gelişimi üzerine etkilerini gösteren araştırmalar da mevcuttur (De Hita vd., 2020; Karaman vd., 2012; Nardi, 2002; Olk vd., 2018; Wages vd., 2014).

Nardi vd. (2016), humik asitlerin bitki gelişimini ve fizyolojisini pozitif yönde etkilediğini, hormon benzeri (oksin, gibberellin, sitokinin) etkide bulunarak lateral kök oluşumunu arttırdığını, özellikle kökte H⁺-ATPase aktivitesini ve nitratın kök gövdedeki dağılımını etkileyerek bitkinin gövde gelişimini arttırdığını belirtmişlerdir. Yine, Nardi vd. (2021), düşük moleküllü humik materyallerin (HM) kök hücrelerine girdiğini, HM'nin asıl hedefinin besin elementi taşıyıcısı olduğunu, plazma membranında H⁺-ATPase, azotun asimilasyonunda hormon ve enzim etkisi, hücre bölünmesi ve gelişiminde HM'nin bitkide önemli rolünün olduğunu, toprağın kimyası, fiziği ve biyolojisini düzenlemesiyle direkt, besin elementlerinin taşınımında indirek etkisinin olduğunu, özellikle azotlu gübre kullanımında %30-50 oranında tasarruf sağladığını açıklamışlardır.

Olk vd. (2018), humik asitlerin farklı toprak faktörlerini kontrol ederek mikrobiyal dönüşümlerle (N), pH ve difüzyon oranlarıyla (P, Fe, Mn), toprak mineralleriyle kimyasal etkileşimle bazı besinlerin (K) alımının arttığını bildirmiştir. Humik bileşikler bitkinin daha iyi kök sistemi oluşturmasına, iyi tohum çıkışı ve kuvvetli filiz oluşumuna yardım ederek verimi arttırmakta, sebze ve meyvelerde şeker miktarını

yükseltmektedir. Toprağın biyolojik aktivitesini yükselmekte, toprak strüktürünü geliştirmekte ve toprağın su tutma kapasitesini artırmaktadır (Kunç, 2002).

Kimyasal ürünlerin aşırı miktarda ve bilinçsiz kullanımı bitkilerde nitrit, nitrat birikimiyle birlikte toprak, su ve bitkilere de bulaşmaktadır (Saber, 2001). Özellikle aşırı miktarda azotlu gübrelerin kullanılması ile sebzelerin nitrit ve nitrat miktarının arttığı, insan sağlığını olumsuz etkilediği bildirilmiştir. Kimyasal gübrelerin organik gübreye göre bitkilerde daha fazla nitrat birikimine neden olduğu araştırmalarda ortaya konulmuştur (Özgen ve Sekerci, 2011). Garcia-Mina vd. (2012), humik asitlerin kökteki etilen, IAA, ABA ve NO konsantrasyonunu etkilediğini, kökten gövdeye sitokinin aktivitesini artırarak nitratin kökten alınımını ve gövdeye taşınımını sağlayarak bitki gelişimini teşvik ettiğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmada, humik asit çeşit ve dozları ile iki farklı azotlu gübrelerin (amonyum nitrat ve üre) yeşil ve kırmızı yapraklı marul bitkisinin yaş ve kuru ağırlığı ile bitkinin nitrat ve bazı bitki besin maddesi içerikleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü alçak tünel serasında 3 kg toprak alan saksılarda yürütülmüştür. Denemede kullanılan toprak kumlu tınlı bünyeye sahip olup, pH'sı (1:2.5 saf su) 7.80, kireç kapsamı %2.89, organik madde ve toplam N içeriği %1.62 ve %0.053, bitkiye yararlı P 5.70 mg kg⁻¹ 'dir. Toprakta ekstrakte edilebilir K, Ca, Mg içeriği 0.183, 9.02, 2.32 cmol kg⁻¹, yine ekstrakte edilebilir Fe, Mn, Zn ve Cu içerikleri sırasıyla 5.05, 2.30, 0.79 ve 6.07 mg kg⁻¹ bulunmuş olup, toprak analizleri Kacar (2009) tarafından aktarılan yöntemlerle Atomik Absorpsiyon Spektrometresi'nde (AAS)'de belirlenmiştir.

Denemede farklı pH'ya sahip (AHA: pH=4.8-6.8, toplam humik-fulvik asit=%26, toplam organik madde %40, toplam P₂O₅= %0.1, suda çözünebilir K₂O= %3 ve BHA: pH= 11-13, toplam humik-fulvik asit= %12, suda çözünebilir K₂O=%2) iki humik asit (HA) çeşidi kullanılmış; humik asidin 0-400-800-1200 mg kg⁻¹ dozları ayrı ayrı 1:5 oranında sulandırılarak her bir saksıya sıvı şekilde verilmiştir. Ayrıca deneme planına göre toprağa amonyum nitrat (ANT, %33) ve üre (ÜRE, %46) gübrelerinden azot 150 mg kg⁻¹, 100 mg kg⁻¹ P ve 125 mg kg⁻¹ K ise KH₂PO₄ 'ten uygulanmıştır.

Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Bitki materyali olarak, *Lactuca sativa L.* var. *Crispa* cv. olup Model (kıvırcık yeşil yapraklı) ve Carmesi Lollo Rossa (kıvırcık koyu kırmızı yapraklı) marul çeşitleri kullanılmış; fideler 25 Ekim 2016 tarihinde saksılara ekilip 90 günlük gelişimden sonra hasat edilmiştir. Saf su ile yıkanan bitki örnekleri 65-70 °C de kurutulduktan sonra öğütülmüştür. Bitkide toplam N Kjeldahl yöntemine (Bremner, 1965) göre belirlenirken; nitrik asit ile kuru yakılan bitkilerde toplam P molibdo fosforik sarı renk yöntemine (Kitson ve Mellon, 1944) göre spektrofotometrede, toplam K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn değerleri Kacar ve İnal (2008) tarafından aktarılan metotlarla Atomik Absorpsiyon Spektrometresi'nde (AAS)'de belirlenmiştir. Kuru bitkide nitrat analizi Cataldo vd. (1975), toplam B ise Azomethine-H ile renklendirilerek spektrofotometrede belirlenmiştir (John vd., 1975). Bitki besin elementi referans aralıkları John vd. (1991)'e göre değerlendirilmiştir.

Araştırmada sonucunda elde edilen verilerin varyans analizi (ANOVA) Minitab istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır. Ortalamalar arasında farklar Tukey testi (p<0.05) kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Model marul (yeşil) çeşidinin yaş ağırlığı üzerine HA çeşidi x Azot çeşidi x HA doz interaksyonları %1 düzeyinde önemli etkide bulunurken, kuru ağırlık üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Yeşil marulda ANT gübresinde AHA'nın 800 mg kg⁻¹ dozunda en yüksek yaş ağırlık (100.8 g) elde edilirken; ÜRE gübresinde BHA'nın 400 mg kg⁻¹ dozundan (99.3 g) elde edilmiştir. Bu çeşitte istatistiksel olarak önemsiz olmakla birlikte en yüksek kuru ağırlık her iki HA'de 800 mg kg⁻¹ dozunda benzer düzeyde etkili olduğu görülmüştür (Tablo 1). Carmesi marul çeşidinin (kırmızı) hem yaş hem de kuru ağırlığı üzerine üçlü interaksyonun etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık (56.5 g) ÜRE'de

BHA'nın 800 mg kg⁻¹ dozunda, en yüksek kuru ağırlık (6.4 g) ANT gübresinde ve BHA'nın 400 mg kg⁻¹ dozundan elde edilmiştir. BHA'nın ve ÜRE gübresinin yaş ve kuru ağırlık üzerine daha fazla etkili olduğu belirlenmiştir (Tablo 1). Mora vd. (2010), humik maddelerin kökteki özel bitki hormonlarını etkileyerek besin elementlerinin alınması, taşınması ve asimilasyonundaki rolü ile bitki gelişimini teşvik ettiğini ifade etmişlerdir. Benzer olarak, Aşık vd. (2012), humik maddelerin bitkilerin çimlenmesine ve büyümesine uyarıcı etki yaptığını, bitki besin elementlerinin kök ve bitki içerisinde taşınmasını teşvik ettiğini ve bitkilerde büyüme hormonlarına benzer davranışlar sergileyebildiği bildirmişlerdir. Li (2020), topraktaki ürenin bitkiler tarafından üreaz enzimi vasıtasıyla amonyağa dönüştürdüğünü, yüksek miktardaki amonyağın tamamen fikse olarak bitkiye yararlılığının azaldığını ve humik asitin ürenin stabilizasyonunu sağlayarak üreli gübrenin alınmasını kolaylaştırdığını bildirmiştir.

Tablo 1. Humik Asit ve Azotlu Gübre Çeşitlerinin Marul Bitkisinin Yaş ve Kuru Ağırlıklar ile Bazı Bitki Besin Maddesi İçerikleri Üzerine Etkisi

HA çeşidi	Model Marul Çeşidi				Carmesi Marul Çeşidi				
	AHA		BHA		AHA		BHA		
HA dozu, mg kg ⁻¹	ÜRE	ANT	ÜRE	ANT	ÜRE	ANT	ÜRE	ANT	
Yaş Ağırlık, g	0	92.8abc	92.8abc	81.0e	83.7de	43.7de	41.9e	47.1cd	44.4de
	400	93.9abc	98.3ab	99.3a	87.4cde	54.7ab	51.3bc	49.9bc	51.8abc
	800	97.5ab	100.8a	93.4abc	94.8abc	49.8bc	44.0de	56.5a	46.8cde
	1200	91.0bcd	90.3bcd	83.4de	87.8cde	44.5de	43.1de	51.7abc	44.1de
	Ort.	93.8A	95.5A	89.3B	88.4B	48.2B	45.0C	51.3A	46.8BC
Kuru Ağırlık, g	0	9.2	9.8	10.3	9.9	4.4cd	4.6bcd	4.7bcd	4.7bcd
	400	9.8	10.1	10.8	10.2	5.4b	5.2bc	5.0bcd	6.4a
	800	11.3	11.3	11.4	11.5	5.2bc	4.6bcd	5.5ab	4.7bcd
	1200	10.1	10.0	10.4	10.6	4.7bcd	4.2d	5.3bc	4.4cd
	Ort.	10.1	10.3	10.7	10.5	4.9AB	4.7B	5.1A	5.0A
Bitkide K, %	0	5.60cd	5.72c	4.18h	4.59g	6.11e-h	5.85hı	5.66ı	5.97gh
	400	6.12d-h	6.40b	4.64g	4.86fg	6.58bc	6.06fgh	6.44cd	6.04fgh
	800	6.32b	6.88a	5.03ef	5.53cd	6.97a	6.31c-f	6.87ab	6.42cde
	1200	6.17b	6.22b	4.73fg	5.30de	6.20d-g	6.11e-h	6.46cd	6.23d-g
	Ort.	6.05B	6.30A	4.65D	5.07C	6.47A	6.08B	6.36A	6.16B
Bitkide Zn, mg kg ⁻¹	0	59.8def	61.6c-f	39.4ı	55.9fg	50.7hı	52.9ghı	46.4ı	52.4ghı
	400	64.8cd	66.8bcd	44.9hı	56.6fg	55.1c-g	53.9d-h	50.4ı	53.9e-h
	800	67.8abc	64.3cde	52.1gh	57.3efg	57.4bcd	55.7b-g	53.5f-ı	57.1b-e
	1200	73.1ab	75.0a	54.5fg	55.2fg	58.8ab	56.6b-f	62.0a	58.3bc
	Ort.	66.4A	66.9A	47.7C	56.2B	55.5A	54.8A	53.1B	55.4A
Bitkide Mn, mg kg ⁻¹	0	25.2de	19.9f	29.1bc	26.4cd	23.2de	20.6e	23.2de	24.2cde
	400	26.8cd	21.1f	31.3b	27.4cd	24.4cd	23.1e	24.1cde	25.1bcd
	800	27.2cd	22.3ef	32.4ab	27.4cd	26.3bcd	31.0a	26.5bcd	28.5ab
	1200	26.4cd	22.6ef	35.1a	27.8cd	23.1de	27.2bc	24.0cde	24.9bcd
	Ort.	26.4	21.5	32.0	27.2	24.3	25.5	24.5	25.7
Bitkide Cu, mg kg ⁻¹	0	8.27def	7.07ghı	5.60j	6.27ij	14.87ab	11.47ef	7.50g	8.83g
	400	9.70bc	8.73cde	5.77j	7.43fgh	15.47a	13.33cd	8.00g	10.73f
	800	10.43 ab	9.10cd	6.47hij	7.90efg	15.60a	13.83bd	8.07g	12.73de
	1200	10.97a	10.57ab	7.17f-ı	7.27f-ı	14.73ac	10.97f	11.60ef	15.03ab
	Ort.	9.84A	8.87B	6.25D	7.21C	15.17A	12.40B	8.79D	11.83C

Man-hang vd. (2020), humik asitlerin çevresel faktörleri düzenleyerek toprak ıslahını sağladığını, besin elementlerin alımını düzenleyerek stomal iletkenlik, net fotosentez oranı, transpirasyon oranı, hücreler arası CO₂ konsantrasyonu gibi fotosentetik parametreleri artırarak bitki gelişimini ve verimi teşvik ettiğini bildirmiştir. Uğur vd. (2014) artan dozlarda uygulanan azotlu gübreye humik asidin iki farklı marul çeşidinin verimini artırdığını, humik asidin etkisinin ise önemsiz olduğunu; Köse (2015) humik asitin artan uygulama dozunun verimi artırdığını tespit etmişlerdir.

Bitkinin K içeriği üzerine üçlü interaksiyon her iki çeşitte istatistiki olarak önemli (%5 ve %1) etkide bulunmuş olup, yeşil marulda en yüksek K içeriği HA uygulamalarının 800 mg kg⁻¹ dozundan ve ANT uygulamasından elde edilmiştir. Kırmızı marulda ise yine aynı dozda ve ÜRE formundan elde edilmiştir (Tablo 1). Li (2020), kumlu topraklarda humik asitin K iyonlarının kaybını önlediğini, sıcak ve nemli topraklarda K fiksasyonunu azaltarak değişebilir K miktarını artırdığını, humik asitin korozif etkisiyle K minerallerini ve K-silikatlarını çözümlenmesini artırarak K miktarını artırdığını, K'lu gübre kullanım oranını artırarak kök gelişimini teşvik ettiğini bildirmiştir. Humik asit uygulamalarının marulda (Cimrin ve Yılmaz, 2005; Köse, 2015), domateste (Asri vd., 2016; Şahin vd., 2014) bitkilerin K içeriğini arttırdıklarını tespit etmişlerdir.

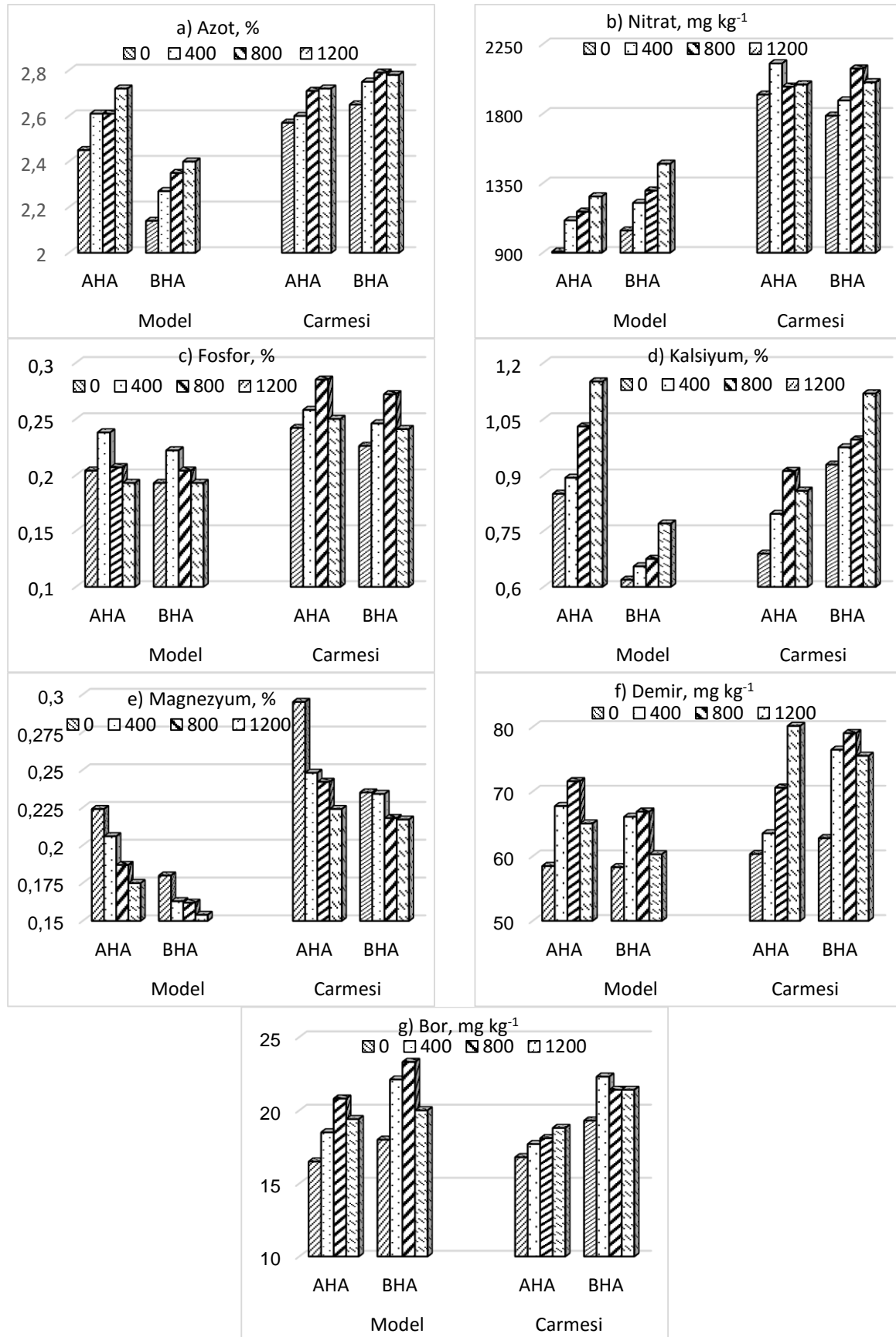
Bitkinin Zn içeriği üzerine üçlü interaksiyon istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli etkide bulunmuş olup, yeşil marulda en yüksek Zn içeriği AHA uygulamalarının 1200 mg kg⁻¹ dozundan ve ANT uygulamasından elde edilirken; kırmızı marulda ise BHA'nın aynı dozunda ÜRE'den elde edilmiştir (Tablo 1). Bohme ve Thi Lua (1997), humik asitlerin özellikle mikro elementlerin taşınması ve yayılabilirlikleri bakımından bitkilerin besin alımını olumlu etkilediklerini belirtmişlerdir. Garcia-Mina vd. (2012), Mora vd. (2010) ile Nunes vd. (2019), geleneksel olarak humik maddelerin demir ve çinko gibi düşük çözünürlüğe sahip mikro elementler ile metal iyon kompleksi oluşturarak bitkilere yayılabilirliğini etkilediğini, bitki gelişimini teşvik ettiğini rapor etmiştir. Çalışkan vd. (2014) organik gübrelerin marul bitkisinin çinko içeriğini kimyasal gübreye göre artırdığını; Asri vd. (2015, 2016) humik asitin domates yaprağının Zn içeriğini artırdığını tespit etmişlerdir.

Bitkinin Mn içeriği üzerine üçlü interaksiyon istatistiki olarak %5 ve %1 düzeyinde önemli etkide bulunmuş olup, yeşil marulda en yüksek Mn içeriği BHA uygulamalarının 1200 mg kg⁻¹ dozundan ve ÜRE uygulamasından elde edilmiştir. Kırmızı marulda ise 800 mg kg⁻¹ AHA uygulaması ile ANT gübresinden elde edilmiştir. (Tablo 1). Kulikova vd. (2005) bitki köklerinin sahip oldukları negatif yüklerin humik asitlerinkinden daha büyük olduğunu, humik asitin mikro elementlerin topraktan bitkiye geçişinde ortam koşullarını iyileştirdiğini, humik asitlere bağlanan mikro elementlerin kök hücre zarından bitkiye daha kolay geçtiğini bildirmişlerdir. Köse (2015) marul bitkisinin Mn içeriğinin humik asit uygulama dozu ile arttığını; Asri vd. (2015, 2016) topraktan ve yapraktan humik asit uygulamalarının domates yaprağının Mn içeriğini artırdığını tespit etmişlerdir.

Bitkinin Cu içeriği üzerine üçlü interaksiyon istatistiki olarak her iki çeşitte %1 düzeyinde önemli etkide bulunmuştur. Bitkinin Cu içeriği her iki çeşitte en yüksek AHA ve ÜRE uygulamalarından elde edilmiş olup; yeşil marulda 1200 mg kg⁻¹, kırmızı marulda ise 800 mg kg⁻¹ HA dozundan en yüksek Cu içeriği tespit edilmiştir (Tablo 1). Nardi vd. (2021), humik maddelerin fonksiyonel gruplarının, inorganik ve organik iyonlar için yüksek affinite sergilediğini, toprakta bulunan Zn, Mn, Cu, Fe gibi metallerle ve inorganik P ile kompleksler oluşturarak hem yıkanmasını önlediğini ve hemde bitkiler için yararlı formlarda tuttuğunu bildirmişlerdir. Çalışkan vd. (2014) farklı organik gübrelerin, Köse (2015) humik asidin marul bitkisinin Cu içeriğini artırdığını; Asri vd. (2015) ise domates yaprağının Cu içeriğini kontrolün üzerinde önemsiz düzeyde artırdığını tespit etmişlerdir.

Bitkinin N içeriği üzerine humik asit çeşidi ve dozlarının birebir etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuş olup, humik asit dozu arttıkça genellikle bitkinin azot içeriğinde düzenli bir artış gözlenmiştir. Yeşil marulun toplam N içeriği %2.14-2.72, kırmızı marulun ise %2.57-2.79 arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Bitkilerin en yüksek N içeriği her iki HA çeşidinde genellikle 1200 mg kg⁻¹ dozunda yeşil marulda AHA uygulamasında, kırmızı marulda BHA uygulamalarında elde edilmiştir (Şekil 1a). Humik asidin bitkinin hücre zarı geçirgenliğini artırarak besin elementlerinin alınımına yardım ettiği (Valdrighi

vd. 1996); humik asit ve gübre uygulamalarının tohumun çimlenmesine olumlu katkıda bulunduğu, besin elementi alımını ve içeriğini etkileyerek bitki kuru ağırlığını arttırdığı bildirilmiştir (Lobartini vd., 1997). Çimrin ve Yılmaz (2005), HA uygulama dozlarına bağlı olarak marul bitkisinin toplam N içeriğinin düzensiz bir şekilde arttığını; Çalışkan vd. (2014) ile Liu vd. (2014) organik gübre uygulamasının marul bitkisinin N içeriğini kimyasal gübreden daha fazla miktarda artırdığını; Şahin vd. (2014) aynı bileşime sahip humik asitin uygulamasının (BHA) domatesin çeşitlerinin N içeriğini genellikle artırdığını saptamışlardır.



a: Azot, b: Nitrat, c: Fosfor, d: Kalsiyum, e: Magnezyum, f: Demir, g: Bor

Şekil1. Humik Asit Dozu ve Azotlu Gübre Çeşitlerinin Model ve Carmesi Marul Çeşidinin Toplam Besin Maddesi İçerikleri Üzerine Etkisi

Humik asit dozlarındaki artışla yeşil marulda bitkinin nitrat içeriğinde önemsiz ve düzenli bir artış gözlenirken; kırmızı marulda en yüksek azot içeriği AHA'da 800 mg kg^{-1} , BHA'da 1200 mg kg^{-1} dozundan elde edilmiştir. Yeşil marulun nitrat içeriği $907-1477 \text{ mg kg}^{-1}$, kırmızı marulun ise $1787-2125 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiği ve kırmızı marulun nitrat içeriğinin diğerine göre yaklaşık 2 kat fazla olduğu saptanmıştır. (Şekil 1b). Piccola vd. (1992) humik asitin bitkilerin nitrat alımını etkilediğini, Parente vd. (2006) ile Chohura ve Kolota (2009) kırmızı yapraklı marulun nitrat içeriğinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Boroujerdnia vd. (2007) azotlu gübrelemeyle marulun nitrit ve nitrat kapsamını arttırdığını, günün erken saatlerinde hasat edilen bitkilerin nitrat içeriğinin akşam hasat edilenden düşük olduğunu rapor etmişlerdir. Awaad vd. (2016) artan gübre uygulamasının marulun nitrat içeriğini artırdığını, Pitura ve Michalajc (2015) ANT gübre dozuyla birlikte marulun azot ve nitrat içeriğinin arttığını, nitrattaki artışın %0.74 ile %1.15 arasında değiştiğini saptamışlardır. Ozgen vd. (2014) kırmızı yapraklı marulun yeşil yapraklıdan daha fazla nitrat içerdiğini, kimyasal gübre uygulamasının organik gübrelere göre çeşitlerin nitrat içeriklerinin önemli düzeyde artırdığını saptamışlardır.

Bitkinin P içeriği üzerine humik asit çeşidi ve dozlarının birebir etkisi istatistiki bakımdan önemli fakat ikili interaksiyon önemsiz bulunmuş olup, yeşil marulda 400 mg kg^{-1} dozunda, kırmızı marulda 800 mg kg^{-1} dozunda AHA uygulamasında bitkinin P içeriği en yüksek düzeyde tespit edilmiştir (Şekil 1c). Marul bitkisinin P içeriği yeşil çeşitte %0.193-0.238, kırmızı çeşitte %0.226-0.285 arasında değişim göstermiştir (Şekil 1c). Mora vd. (2010), humik asit uygulama dozlarının artışı ile hıyar köklerinin P, K, Ca, Fe, Zn, Mn, Cu ve B içeriklerinin azalarak gövdedeki miktarının arttığını tespit etmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre humik asitin öncelikle kök plazma membranının H^+ -ATP-az aktivitesini etkileyerek kök-gövdedeki nitrat ve NRA dağılımının değişmesi sonucunda kök ve gövdedeki bazı sitokin ve poliaminlerin aktivasyonu ile bitki büyümesinin teşvik edilerek besin maddesi taşınımını arttırdığını araştırma bulgularıyla ve literatürlerle ilişkilendirmişlerdir. Nunes vd. (2019), domates köküne uygulanan humik maddelerin protein sentezindeki olağandışı etkisiyle fosfat konsantrasyonundan bağımsız olarak bitkide noksanlığında bile fosfat taşınımını teşvik ettiğini belirtmişlerdir. Li (2020), humik asitin toprakta fosforla direk reaksiyona girdiğini, topraktaki yarayışlı P'un fiksasyonunu azaltarak bitkiler tarafından P alımını teşvik ettiğini bildirmiştir. Humik asit uygulamalarının bitkinin P içeriğini arttırdığı ile ilgili Cimrin ve Yılmaz, (2005) ve Köse (2015) marulda; Asri vd. (2015, 2016) domateste; yine Şahin vd. (2014) humik asitin (BHA) domates çeşidine göre artıp azaldığını tespit etmişlerdir.

Bitkinin Ca içeriği üzerine humik asit çeşidi ve dozlarının birebir etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuş olup, HA uygulama dozları ile birlikte bitkinin Ca içeriği genellikle düzenli bir artış göstermiştir (Şekil 1d). Yeşil marulun Ca içeriği %0.62-1.15, kırmızı marulun %0.69-1.12 arasında değişim göstermiş olup; yeşil marulda AHA, kırmızı marulda ise BHA uygulamasında bitkilerin Ca içeriği yüksek bulunmuştur (Şekil 1d). Cimrin ve Yılmaz, (2005) humik asit dozu ile birlikte marulun Ca içeriğinin düzensiz ve önemsiz bir şekilde arttığını, Köse (2015) ise genellikle artırdığını belirtmişlerdir. Şahin vd. (2014) artan düzeylerde uygulanan humik asitin (BHA) domates çeşitlerine göre artıp azaldığını; Asri vd. (2015,2016) humik asit uygulamalarının domates yapraklarının Ca içeriğini kontrolün üzerinde artış sağladığını saptamıştır.

Bitkinin Mg içeriği üzerine humik asit çeşidi ve dozlarının birebir etkisi ve ikili interaksiyon istatistiki olarak önemli (%1) bulunmuş olup, HA dozu arttıkça bitkilerin Mg içeriğinde düzenli bir azalma gerçekleşmiştir (Şekil 1e). Kırmızı marul çeşidinin Mg içeriği daha yüksek olup (%0.15-0.22, %0.22-0.30); her iki çeşitte AHA uygulamalarında en yüksek Mg içeriği tespit edilmiştir (Şekil 1e). Marul bitkisinin Mg içeriğindeki azalmayı Mg'un Ca ve K ile antagonistik etkileşimiyle açıklayabiliriz. Cimrin ve Yılmaz (2005) humik asit uygulamasıyla birlikte marul, Asri vd. (2015, 2016) ise domates bitkisinin Mg içeriğinin düzensiz bir şekilde artıp azaldığını tespit etmişlerdir.

Bitkinin Fe içeriği üzerine humik asit çeşidi ve dozlarının birebir etkisi istatistiki olarak önemli (%1), fakat ikili interaksiyon önemsiz bulunmuş olup, her iki çeşitte genellikle 800 mg kg^{-1} HA dozunda bitkinin Fe içeriğinin yüksek olduğu ve kırmızı marulun daha fazla Fe içerdiği tespit edilmiştir (Şekil 1f). Marul bitkisinin Fe içeriği yeşil çeşitte $58.3-71.6$, kırmızı çeşitte $60.3-80.1 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiği belirlenmiştir. Karaman vd. (2012), humik maddelerin yüksek miktarda oksijen içeren fonksiyonel

grupların demirle kararlı kompleksler oluşturduğu zaman humik polimerlerinin Fe'in biyoelverişliliğini arttırmak suretiyle bitkiler için kullanılabilir bir demir havuzu sağladığını, bu durumda demirin çözültüde çözülmüş şekilde kalmasını sağlayarak bitkilere geçişi gerçekleştirdiğini; özellikle organik madde ve alınabilir besin elementi düşük, kireç kapsamı yüksek topraklara organik materyallerin uygulanmasıyla Fe, Zn gibi bitki besin maddelerinin alınabilirliğinin artırılabilceğini rapor etmişlerdir. Cimrin ve Yılmaz (2005) humik asitin, Çalışkan vd. (2014) organik gübrelerin marul bitkisinin; Asri vd. (2015, 2016) humik asit uygulamalarının domates yaprağının demir içeriğini düzensiz bir şekilde artırdığını tespit etmişlerdir.

Bitkinin B içeriği üzerine humik asit çeşidi ve dozlarının birebir etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuş olup, yeşil marulda 800 mg kg^{-1} kırmızı marulda 400 mg kg^{-1} dozunda BHA uygulamasında bitkinin B içeriğinin en yüksek olduğu belirlenmiştir. (Şekil 1g). Yeşil marul çeşidinin B içeriği $16.5-23.2 \text{ mg kg}^{-1}$, kırmızı marulun ise $16.8-22.3 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiği saptanmıştır. Köse (2015) humik asit uygulamalarının marul bitkisinin bor içeriğinin genellikle arttığını; Yılmaz vd. (2012) 500 mg kg^{-1} humik asit uygulamasının ıspanak bitkisinin bor içeriğini artırdığını saptamışlardır.

Sonuç

Humik asidin çeşidi ve dozlarının marul bitkisinin element içerikleri bakımından Jones vd. (1991)'e göre değerlendirildiğinde; genellikle N, P, Ca, Mg ve B bakımından yetersiz, K bakımından kısmen iyi, Fe, Zn, Cu ve Mn bakımından yeterli düzeyde beslendiği tespit edilmiştir. Genel değerlendirmeye göre; yaş ve kuru ağırlık ile makro ve mikro element içerikleri dikkate alındığında üre gübresi ile bazik özellikli humik asidin BHA'nın 800 mg kg^{-1} dozu önerilmektedir.

Destek ve Teşekkür

Bu çalışma, Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Koordinasyon Birimi (BY-1730) tarafından desteklenmiştir. Bu çalışma, Prof. Dr. Ceyhan Tarakçıoğlu danışmanlığında Merve Baş Odabaş tarafından tamamlanan "*Farklı humik asit uygulama dozları ve azotlu gübrelerin marulun gelişimi ile bazı toprak özellikleri üzerine etkisi*" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir (Tez No. 556741).

Yazar Katkısı

Ceyhan Tarakçıoğlu, araştırma için gerekli materyallerin ve ortamın sağlanması, denemenin yürütülmesi, kimyasal analizlere rehberlik, verilerin istatistiksel yorumlanması ve makalenin yazılması konularında katkıda bulunmuştur. *Merve Baş Odabaş*, denemenin kurulması, yürütülmesi ve laboratuvarında analizlerin yapılması konularında katkıda bulunmuştur.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

Ceyhan Tarakçıoğlu  <https://orcid.org/0000-0003-1846-2097>

Merve Baş Odabaş  <https://orcid.org/0000-0002-9700-6585>

Kaynaklar

Anonim. (2018). Türkiye topraklarının bazı verimlilik ve organik karbon (tok) içeriğinin coğrafi veri tabanının oluşturulması (Proje Sonuç Raporu: TAGEM/TSKAD/11/A13/P03). Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü.

- Asri, F. O., Demirtas, E. I. ve Arı, N. (2015). Changes in fruit yield, quality and nutrient concentrations in response to soil humic acid applications in processing tomato. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21(3), 585-591. <https://www.agrojournal.org/21/03-17.pdf>
- Asri, F. Ö., Demirtaş, E. I. ve Arı, N. (2016). Açıkta domates yetiştiriciliğinde yapraktan uygulanan humik asitin bitkinin beslenme durumu, verimi ve kalitesi üzerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 29(1), 21-25. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/343630>
- Aşık, B. B., Çelik, H., Turan, M. A. ve Katkat, A. V. (2012). Yapraktan humik asit uygulamasının tuzlu ve Kireçli toprak koşullarında buğday bitkisi gelişimi ve kimi besin elementi alımı üzerine etkisi. *SAÜ Fen Edebiyat Dergisi*, 2012 (1), 541-548. http://www.fed.sakarya.edu.tr/arsiv/yayinlenmis_dergiler/2012_1/makale_49.pdf
- Awaad, M. S., Badr, R. A. Badr, M. A. ve Abd-elrahman, A. H. (2016). Effects of different nitrogen and potassium sources on lettuce yield in a sandy soil. *Eurasian Journal of Soil Science*, 5(4), 299-306. <https://doi.org/10.18393/ejss.2016.4.299-306>
- Ay, F. (2015). Hümik asit ve hümik asit kaynaklarının jeolojik ve ekonomik önemi. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 36(1), 28-51. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/48892>
- Bohme M. ve Thi Lua, H (1997). Influence of mineral and organic treatments in the rhizosphere on the growth of tomato plants. *Acta Horticulturae*, 450, 161-168. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.450.18>
- Boroujerdnia, M., Ansari, N.A. ve Dehcordie, F.S. (2007). Effect of cultivars, harvesting time and level of nitrogen fertilizer on nitrate and nitrite content, yield in Romaine lettuce. *Asian J. Plant Science*, 6(3), 550-553. <http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/ajps/2007/550-553.pdf>
- Cataldo, D. A., Haroon, M., Chrader, L. E. ve Youngs, V. L. (1975). Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communication of Soil Science and Plant Analysis*, 6(1), 71-80. <https://doi.org/10.1080/00103627509366547>
- Chohura, P. ve Kolota, E. (2009). Effect of fertilization with chelates on the state of iron nutrition of greenhouse tomato. *Journal of Elementoloji*, 14(4), 657-664. <https://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.dl-catalog-31ddbc59-8baf-42f8-b113-92b98b801040/c/jelem.2009.14.4.03.pdf>
- Cimrin, K. M. ve Yılmaz, I. (2005). Humic acid applications to lettuce do not improve yield but do improve phosphorus availability. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant*, 55, 58-63. <https://doi.org/10.1080/09064710510008559>
- Çalışkan, S., Yetişir, H. ve Karanlık, S. (2014). Combined use of green manure and farmyard manure allows better nutrition of organic lettuce. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 42(1), 248-254. <https://doi.org/10.15835/nbha4219328>
- De Hita, D., Fuentes, M., Fernández, V., Zamarreño, A. M., Olaetxea, M. ve García-Mina, J. M. (2020). Discriminating the short-term action of root and foliar application of humic acids on plant growth: Emerging role of jasmonic acid. *Frontiers in Plant Science*, 11, 493. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00493>
- Fahramand, M., Moradi, H., Noori, M., Sobkhizi, A., Adibian, M., Abdollahi, S. ve Rigi, K. (2014). Influence of humic acid on increase yield of plants and soil properties. *Int. Journal of Farming and Allied Sciences*, 3(3), 339-341. <https://ijfas.com/wp-content/uploads/2014/03/339-341.pdf>
- Garcia-Mina, J. M., Mora, V., Olaetxea, M., Baigorri, R., Fuentes, M., Garnica, M., San Francisco, S., Erro, J., Urrutia, O., Casanova, E., Lemenager, D. ve Yvin, J. C. (2012). Main mechanisms involved in the effects of humic substances on soil-plant systems. *Agrociencia Uruguay*, 16(3), 188-190. <https://doi.org/10.31285/AGRO.16.668>

- Gezgin, S., Dursun, N. ve Yılmaz, F. G., (2012). Bitki yetiştiriciliğinde humik ve fulvik asit kaynağı olan TKİ-Humas'ın kullanımı. *SAÜ Fen Edebiyat Dergisi*, 14 (1), 159-163. <https://kutuphane.dogus.edu.tr/mvt/pdf.php>
- John, M. K., Chuah, H. H. ve Neufeld, J. H. (1975). Application of improved Azomethine-H method to the determination of boron in soil and plants. *Anal. Letter*, 8, 559-568. <https://doi.org/10.1080/00032717508058240>
- Jones, Jr. J. B., Wolf, B. ve Mills, H. A. (1991). *Plant analysis handbook*. Micro-Macro Publishing.
- Kacar, B. ve İnal, A. (2008). *Bitki analizleri* (Yayın No:1241). Nobel Yayın Dağıtım.
- Kacar, B. (2009). *Toprak analizleri* (Yayın No:1387). Nobel Yayın Dağıtım.
- Karaman, M. R., Turan. M., Tutar. A. ve Dizman, M. (2012). Bitkisel üretimde hümik madde ve mikro besin elementi yayırlılığının ilişkileri, *SAÜ Fen Edebiyat Dergisi*, 2012 (1), 165-175. http://www.fed.sakarya.edu.tr/arsiv/yayinlenmis_dergiler/2012_1/makale_13.pdf
- Kunç, Ş. (2002). Humik asitlerin tarımda kullanımı, *Hasad Dergisi* (7),46-58.
- Kulikova, N. A., Stepanova, E. V. ve Koroleva, O. V. (2005). Mitigating activity of humic substances direct influence on biota. *Use of humic substances to remediate polluted environments: From theory to practice* (pp. 285-309) içinde. https://doi.org/10.1007/1-4020-3252-8_14
- Köse, M. (2015). Humus ve hümik asit uygulamalarının marulda besin elementi alımı ve verim üzerine etkileri. [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Ordu Üniversitesi.
- Li, Y.2020. Research progress of humic acid fertilizer on the soil. *Journal of Physics: Conference Series*, 1549, 022004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1549/2/022004>
- Liu, C. W., Sung, Y., Chen, B. C. ve Lai, H. Y. (2014). Effects on nitrogen fertilizers on the growth and nitrate content of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *International J.of Environmental Research and Public Health*, 11, 4427-4440. <https://doi.org/10.3390/ijerph110404427>
- Lobartini, J.C., Orioli, G. A. ve Tan, K. H. (1997). Characteristics of soil humic acid fractions separated by ultrafiltration. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 28 (9-10), 787-796, <https://doi.org/10.1080/00103629709369830>
- Man-hong, Y., Lei, Z., Sheng-tao, X., McLaughlin, N. B. ve Jing-hui, L. (2020). Effect of water soluble humic acid applied to potato foliage on plant growth, photosynthesis characteristics and fresh tuber yield under different water deficits. *Scientific Reports*, 10, 7854. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63925-5>
- Mora, V., Bacaicoa, E., Zamarreño, A. M., Aguirre, E., Garnica, M., Fuentes, M. ve García-Mina J. M. (2010). Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate- related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. *Journal Plant Physiology*, 167(8),633-642. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.11.018>
- Nardi, S. Pizzeghello, D. Muscolo, A. ve Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology Biochemistry*, 34, 1527-1536. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00174-8)
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Schiavon, M. ve Ertani, A. (2016). Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Scientia Agricola*, 73(1), 18-23. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0006>
- Nardi, S., Schiavon, M. ve Francioso, O. (2021). Chemical Structure and Biological Activity of Humic Substances Define Their Role as Plant Growth Promoters. *Rewiev. Molecules*, 26, 2256. <https://doi.org/10.3390/molecules26082256>

- Nunes, R. O., Domiciano, G. A., Alves, W. S., Melo, A. C. A., Nogueira, F. C. S., Canellas, L. P., Olivares, F. L., Zingali, R. B. ve Soares, M. R. (2019). Evaluation of the effects of humic acids on maize root architecture by label-free proteomics analysis. *Scientific Reports*, 9, 12019. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48509-2>
- Olk, D. C., Dinnes, D. L., Scoresby, J. R., Callaway, C. R. ve Darlington, J. W. (2018). Humic products in agriculture: Potential benefits and research challenges—a review. *Journal of Soils and Sediments*, 18, 2881–2891. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-1916-4>
- Özgen, S., Sekerci, S. ve Kaya, C. (2014). Nitrate and phytochemicals: May these vary in red and green lettuce by application of organic and inorganic fertilizers? *Biological Agriculture & Horticulture*, 30(3), 173-182. <https://doi.org/10.1080/01448765.2014.888523>
- Ozgen, S. ve Sekerci S. (2011). Effect of leaf position on the distribution of phytochemicals and antioxidant capacity among green and red lettuce cultivars. *Spanish Journal Of Agricultural Research*, 9, 801- 809. <https://doi.org/10.5424/sjar/20110903-472-10>
- Parente, A., Gonnella, M., Santamaria, P., Abbate, P. L., Conversa, G. ve Elia, A. (2006). Nitrogen fertilization of new cultivars of lettuce. *Acta Hort.* 700, 137-139. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.700.21>
- Piccola, A., Nardi S. ve Concheri, G. (1992). Structural characteristics of humic substances as related to nitrate uptake and growth regulation in plant systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 24(4), 373-380. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(92\)90197-6](https://doi.org/10.1016/0038-0717(92)90197-6)
- Pitura, K. ve Michałojć, Z. (2015). Influence of nitrogen doses on the chemical composition and proportions of nutrients in selected vegetable species. *Journal of Elementoloji*, 20(3), 667-676. <https://doi.org/10.5601/jelem.2015.20.1.760>
- Saber, M. S. M. (2001). Clean biotechnology for sustainable farming. *Engineering in Life Science*, 1(6), 217-223. [https://doi.org/10.1002/1618-2863\(200112\)1:6<217::AID-ELSC217>3.0.CO;2-Y](https://doi.org/10.1002/1618-2863(200112)1:6<217::AID-ELSC217>3.0.CO;2-Y)
- Şahin, S., Karaman M. R. ve Gebeloğlu N. (2014). The effects of humic acid application upon the phosphorus uptake of the tomato plant (*Lycopersicon esculentum L.*). *Scientific Research and Essays*, 9(12), 586-590. <https://doi.org/10.5897/SRE2014.5819>
- Uğur, A., Ekbiç, E., Zambı, O., Uyar, M. ve Aksoy, R. (2014, Eylül, 2-4). Azot ve humik asit uygulamalarının marulda verim ve kalite üzerine etkileri [Sözlü sunum]. 10. Sebze Tarımı Sempozyumu, Tekirdağ, Türkiye.
- Valdrighi, M. M., Pera, A., Agnolucci, M., Frassinetti, S., Lunardi, D. ve Vallini, G. (1996). Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*)-soil system: A comparative study. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 58, 133-144. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(96\)01031-6](https://doi.org/10.1016/0167-8809(96)01031-6)
- Waqas, M., Ahmad, B., Arif, M., Munsif, F., Khan, A. L., Amin, M., Kang, S. M., Kim, Y.H. ve Lee, I.J. (2014). Evaluation of humic acid application methods for yield and yield components of mungbean. *American Journal of Plant Sciences*, 5(15), 2269-2276. <https://doi.org/10.4236/ajps.2014.515241>
- Yılmaz, F. G., Harmankaya, M. ve Gezgin, S. (2012). Farklı demir bileşikleri ve Tki-hümas uygulamalarının ıspanak bitkisinin demir alımı ve gelişimine etkileri. *SAÜ Fen Edebiyat Dergisi*, 2012(1), 217-231. http://www.fed.sakarya.edu.tr/arsiv/yayinlenmis_dergiler/2012_1/makale_19.pdf

Asmalarda Yaprak Alma Sıklığının Sürgün Büyümesi, Verim ve Bazı Kalite Değerleri Üzerine Etkisi

Mehmet Settar Ünal¹ , Hasan Sezgin¹ 

¹Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Şırnak

Geliş Tarihi / Received Date: 01.03.2022 Kabul Tarihi / Accepted Date: 21.03.2022

Öz

Bu çalışma, 2020 yılı vegetasyon devresinde Mardin'in Midyat yöresinde üretici bağında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, yaz budaması veya salamura amaçlı olarak yaprak alma sıklığının asma gelişimi, verim ve bazı tane özellikleri üzerine etkisini belirlemek amaçlanmıştır. Yöresel Mazrone üzüm çeşidinde yapılan çalışmada, çiçeklenmeden sonra ilk yapraklar hasat edilmiş, 7-10 gün aralıklarla bağ bozumuna kadar sürgünde uçtan itibaren 2/3 büyüklüğe ulaşan 4. 5. ve 6. yapraklar toplanırken salkımların üst kısmındaki 2 yaprakla biçim, renk ve bütünlüğünü yitirmiş yapraklar alınmamıştır. Yapılan analizlerde üzüm verimi 10.4-12.0 kg/omca, budama artığı 2.17-5.10 kg/omca, salkım ağırlığı 3.54-3.90 g, tane ağırlığı 2.13-2.56, sırada SÇKM %16.0-18.5, toplam asitlik 4.9-5.3 g/l, pH 2.02-2-10, sıra randımanı %65.0-66.5 olarak saptanmış olmakla beraber uygulamalar arasında istatistik olarak fark bulunmamıştır. Ancak benzeri başka çalışmalarda verim, kalite ve gelişmede önemli farkların oluşması, bu sonuçların ortaya çıkmasında çeşit ve ekoloji yanında bakım işlemlerinin de etkili olabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: asma, üzüm, yaprak koparma

The Effect of Leaf Picking Frequency on Shoot Growth, Yield and Some Quality Values in Vines

Abstract

This search was performed in the Midyat region of Mardin in the developmental stage of 2020 years. In the search, it is aimed to indicate the effects of the frequency of leaf removing, vine growing, yield and some properties of the berry for summer pruning or brine. In the study conducted on Mazrone, a local grape variety, the first leaves were harvested after flowering, the 6th, 5th and 4th leaves, which reached 2/3 size from the shoot tip, were collected at 7-10 day intervals until the vintage, while the 2 leaves on the upper part of the bunches lost their shape, color and entirety leaves are not taken. In the analysis, grape yield was 10.4-12.0 kg/vine, pruning residue 2.17-5.10 kg/vine, bunch weight 3.54-3.90 g, berry weight 2.13-2.56, SÇKM 16.0-18.5% in must, total acidity 4.9-5.3 g/l, pH 2.02-2-10, the must yield was determined as 65.0-66.5%, there was no statistical difference among the applications. However, the significant differences in yield, quality and development in other similar studies show that care processes may also be effective besides variety and ecology in the emergence of these results.

Keywords: vine, grape, leaf removing

Giriş

Üzüm yetiştirme; dünyada ekvatorun kuzeyinde 30-50°, güneyindeyse 30-40° enlem dereceleri arasında daha ziyade yapılmaktadır (Köse, 2014). Bu alanlarda asma, oldukça elverişli ekolojik şartlara sahip olduğu için büyük bir çeşit zenginliği göstermekte ve dünya üzerinde yoğun olarak yetiştirilmektedir.

Ülkemizin kuzeydoğu bölümünü de içeren Karadeniz ve Hazar Denizi arasında yer alan, asmanın anavatanı ve kültürünün olduğu saha olarak bilinmektedir (Bekar, 2016; Çakır vd., 2018). Üzümün çok yönlü değerlendirme imkânına sahip olması; üzüm yetiştiriciliğinin çoğu ülkede başta gelen tarım sektörleri arasında sayılmasına yol açmıştır.

Anadolu'da yaş veya kurutulmuş tüketmenin yanı sıra yöreden yöreye değişiklik gösteren üzümün şırası, pekmez, sirke, pestil, gibi oldukça zengin bir değerlendirme imkanı bulunmaktadır. Ayrıca henüz olmamış üzüm (koruk), sülük ve filizlerden de son zamanlarda turşu yapılmaktadır (Adınır, 2011; Gülcü ve Torcuk, 2016; Gülcü, 2016). Ülke tarımında önemli bir yere sahip olan üzüm yetiştiriciliği, insanın dengeli beslenmesinde önemli olmakta ve birçok ailenin geçim kaynağını teşkil etmektedir (Elmalı, 2008; Kiracı, 2016; Korkutal vd., 2009; Semerci vd., 2015). Esasen fotosentez, terleme ve solunum merkezi olan asma yaprağı, gıda değeri bakımından çok önemli bir organ olmakla beraber vegetatif gelişme, ürün miktarı ve niteliği ile de yakından ilişkilidir.

Özellikle nispeten soğuk alanlardaki bağcılık işletmelerinde, omca tacında daha iyi bir ışıklandırma ve havalandırma sağlayarak salkımların daha iyi renklenmesi ve albenili olmaları için sürgün seyreltme ve yaprak alma gibi işlemler sıkça yapılarak fungal enfeksiyonları denetim altına almak mümkün olmaktadır (Gregory vd., 2007). İşte böylesi olumsuz gelişmeleri önlemek amacıyla dengeli ve vaktinde yaprak alma faydalı olacaktır (Ünal, 2018; Ünal ve Sezgin, 2019).

Yaprak alımı, salkımda gölgeleme yapan yapraklardan 1-4 adet kadar alınması biçiminde uygulanmaktadır. Fakat sürgün üzerindeki salkımların karşısındaki ve hemen yukarısındaki boğumda yer alan yaprakların salkımın gün ışığından negatif olarak etkilenmemeleri amacıyla bırakılırlar (Altındışli vd., 2011). Burada göz önünde bulundurulması gereken en önemli husus, sıcaklığın ve güneşlenmenin fazla olduğu bağ alanlarında yaprak koparma işlemlerinin olduğunca az uygulanması ve salkımları büsbütün ışığa maruz bırakacak seviyede yaprak koparmadan uzak durulmasıdır. Bağlarımızda yaprak koparma çoğunlukla elle yapılmakla beraber, yurt dışında makine ile yapılmakta ve elle yapılan seyreltmeye göre maliyet %75 kadar düşürülebilmektedir (Şimşek, 2009). Asma tacı içerisinde kalan ve salkımı kapatan yaprakların omcadan uzaklaştırılması işlemi olan yaprak koparma; dengeli ve vaktinde yapıldığında ürün miktarı ve niteliği için oldukça faydalıdır. Ama fazla yapıldığında, bitki yeterli ölçüde beslenemeyeceğinden sürgün gelişimi, verim ve ürün niteliği azalacak; depo organları ve çubuklar yetersiz seviyede besin depolayacağı için kışın şiddetli soğuklardan olumsuz olarak etkilenme durumu olacak, yine bu çubuklardan hazırlanan çeliklerde köklenme ve aşıda başarı oranlarında düşüşler olabileceğinden ileriki büyüme devrelerinde tomurcukların sürmesinde de düzensizlikler olabilecektir. Bilhassa diğer yandan sıcak yörelerde sürgün, yaprak ve salkımlarda çok fazla ışıklandırmaya ve ısınmaya bağlı zararlar oluşabilecektir. Tam tersine hiç ya da çok az yaprak koparılma durumunda, bilhassa desteksiz asmalarda ve nem oranı yüksek yerlerde taç içinde fungal hastalık oranı artacağı gibi, salkımlarda renk oluşumunda da zorluklarla karşılaşılabilir. Tüm bu bahsedilen olumsuz gelişmelerse doğal olarak ürün ve çubukların niteliğinde azalma oluşturabilecektir.

Asmadaki bir yaprak, maruz kaldığı güneş ışığının %80-90'ını emerken taç içerisindeki yapraklar güneş ışığının %10-20'ni emebilmektedir. Direkt gün ışığı gören yapraklar, gölge veya yarı gölgede olan yapraklara göre daha çok asimilat üretirler (Bahar vd., 2018). Omca tacındaki yaprakların adedi, dizilimi ve kapladığı alanla ilişkin olarak salkım mikrokliması çevre özelliklerinden değişik olacağı için derim zamanını ve ürün niteliğini etkilemektedir. Güneşe maruz kalan salkımların değeri ise ısı veya ışığın kalitesiyle yakından ilgilidir.

Yürütülen bu çalışmayla bağlarda yaprak alma düzeyinin sürgün gelişimi, ürün miktarı ve niteliği üzerine olan etkileri incelenmiştir. Böylece bağ alanlarında bir zarar oluşumuna sebep olmadan yaprak seyretme ve sarma yapımı için asmalardan alınacak yaprakların zaman ve miktarı ile ilgili önceden daha uygun ve doğru bir bilgi sahibi olunabilecektir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışma; Mardin ili Midyat yöresinde 2020-2021 yılı gelişme devrelerinde, yörede yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan Mazrone üzümü ile kurulmuş ve goble terbiye şekli verilmiş yaklaşık 10 yaşındaki omcalar üzerinde yapılmıştır. Bölgede bağlar, sıra aralıkları genellikle 3-4mx4-5m olarak tesis edilmektedir.

Mazrone Üzümünün Özellikleri

Güney Doğu Anadolu bölgesinin yüksek rakımlı alanlarında yetiştirilen; şıralık/şaraplık ve taze tüketim olarak kullanılan bir üzüm çeşidi olan Mazrone; Mardin–Batman, Midyat–Gercüş yöresinin meşhur üzüm çeşitlerinden birisi olup, buralardan zamanla komşu çevrelere yayılmıştır (Tablo 1). Çeşidin ideal hasat olumuna ulaşabilmesi için daha sıcak bir gelişme periyoduna ihtiyaç duyulmaktadır.



Çeşit adı	: Mazrone
Sinonimleri	: Mazrone, Şire
Tane rengi	: Yeşil-Sarı
Tane şekli	: Yuvarlak
Tane büyüklüğü	: Orta
Kabuk kalınlığı	: Kalın
Koku	: Yok
Çekirdek durumu	: Çekirdekli
Salkım büyüklüğü	: Orta
Salkım sıklığı	: Sık
Hasat tarihi	: Ekim İlk Yarısı
Değerlendirme şekli	: Şıralık/Sofralık
Yaygınlık durumu	: Çok Yaygın

Şekil 1. Mazrone Üzümü

Tablo 1. Mazrone Üzümüne İlişkin Omcalarda 2020 Yılı Gelişme Periyodunda Belirlenen Fenolojik Gözlem Tarihleri

Fenolojik Dönemler	Oluşum Tarihi
1. Uyanma	Nisan Ortaları
2. Çiçeklenme Azamisi	Haziran İlk Haftası
3. Tane Bağlama	Haziran Ortaları
4. Ben Düşümü	Ağustos Ortaları
5. Derim Tarihi	Ekim İlk Haftası
6. Dinlenmeye Giriş	Kasım Ortaları

Deneme Alanının Toprak Yapısı

Bağ arazisinin muhtelif yerlerinden 90 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin tahlil sonucu Tablo 2'dedir.

Tablo 2. Bağ Alanından Sağlanan Toprak Örneklerinin Analiz Sonucu (Anonim, 2021a).

Analiz İsmi	Sonuç	Değerlendirme
1 Organik Madde (%)	0.37	Aşırı Yetersiz
2 Doygunluk (%)	54.0	Killi-Tınlı
3 Çözünür Kireç (%)	9.2	-
4 Toplam Kireç (%)	17.5	Fazla Kireçli
5 Tuz (%)	0.07	Tuzsuz
6 pH	8.0	Hafif Alkali

Araştırma Yerinin İklim Özellikleri

Tablo 3. Midyat Yöresi Uzun Yıllar İklim Değerler (Anonim, 2021b)

İklim Etmenleri									
Rakım (m)	Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)	En Yüksek Sıcaklık (°C)	En Düşük Sıcaklık (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Nem Oranı (%)	Yıllık Yağış Miktarı (mm)			
950	15.9	43.5 (20.7.1998)	-13.1 (22.2.1985)	1.6	53.1	600			
						Kış %44.3	İlkbahar %34.7	Yaz %1.8	Sonbahar %19.1

Midyat (merkez); Thornthwaite'in iklim sınıflandırmasına göre, kurak-hafif rutubetli, 3. seviyeden mezotermal su fazlalığı kışın ve aşırı fazla olan karasal iklim şartlarına benzer iklim yapısına sahiptir (Anonim, 2016) (Tablo 3).

Yöntem

Araştırmada öncelikle gelişme, yaş vb. konularda aynı düzeyde sağlıklı asmalar belirlenmeye çalışılmış ve bu asmalar erken ilkbaharda aynı düzeyde budanmış ve omcaların gelişme gücüne bağlı olarak her biri 2-4 göz üzerinden budanmış 4-6 çubuk olmak üzere, toplamda omcada 18-20 göz bırakılmıştır.

Çiçeklenmeden sonra, yazlık sürgünlerin ucundan itibaren olgun yaprakların 2/3 iriliğine ulaşan 4., 5. ve 6. yapraklar hasat edilmiş, 7-10 gün aralarla derimden 7 gün kadar öncesine kadar bu işlem sürdürülmüş, ama salkımlar üzerindeki 2 yaprak, salkımların beslenmesi için alınmamıştır. Ayrıca farklı nedenlerden ötürü zararlanmış, biçim, renk ve bütünlüğünü yitiren yapraklar deneme dışında bırakılırken asma bitkilerinde tepe/uç almada uygulanmamıştır.

Tahlil ve ölçümler için aynı omcalardan derimde örnekler alınmıştır. Bağlarda hasat; çiftçi şartlarına göre yapılmıştır. Bağdan alınan numunelerin analizi, İdil'de bulunan ziraat fakültesi laboratuvarında yapılmıştır.

Yapılan Ölçümler ve Tartımlar

Salkım Ağırlığı (g)

Araştırma sahasını temsil edecek biçimde asmaların farklı bölümlerinden her uygulama için 10 adet, toplam olarak alınan 40 adet salkım hassas dijital terazile tartılma tabi tutulmuştur.

Tane Ağırlığı (g)

Araştırma sahasının özelliklerini yansıtabilecek biçimde salkımların değişik yerlerinden (üst, orta, alt) her uygulama için 40 adet, toplam olarak 160 adet olarak alınan tane elektronik terazide tartılma tabi tutulmuştur.

Taze Üzüm Verimi (kg.asma⁻¹)

Derim zamanında, uygulamalar ve tekerrürler göz önünde bulundurularak 80 omcanın ürünü tartılmak suretiyle omca başına alınan ürün miktarı, dikim sıklığına göre de (4 mx 5 m) dekara alınan ürün miktarı hesaplanmıştır.

Çubuk Verimi (kg.asma⁻¹)

Bağda omcalar dinlenmeye girdiklerinde, uygulamalar ve tekerrürler göz önünde bulundurularak, 80 omca budanmış, tartılmış ve uygulamadaki asmaların gelişme düzeyi belirlenmiştir. Denemede tartım işlemleri, 0,01 hassasiyetteki elektronik bir terazi ile yapılmıştır.

Laboratuvar Analizleri

Derim zamanında, denemeyi yansıtabilecek biçimde alınan takriben 1 kg salkım örneği laboratuvarında bir bez içerisinde sıkılmak suretiyle sağlanan üzüm şirasında pH, su da erir kuru madde (%), tartarik asit miktarı (g/l) ve şıra verimi (%) saptanmıştır.

pH Tayini

Takriben 1 kg taze üzümünden sıkılmak suretiyle sağlanan şıra örneklerinde pH ölçümü, laboratuvarında pH metre (7D 1000 pH/mV, Adwa) yardımı ile yapılmıştır.

SÇKM (%)

Sıkılmak suretiyle sağlanan şırada suda eriyebilir toplam kuru madde miktarı laboratuvar ortamında el refraktometresi (KMP 150, 0-150 mm, 0.01 mm) ile belirlenmiştir.

Titrasyonla Asit Tayini (g.l⁻¹)

5 ml şıra numunesi üstüne 20 ml saf su konulduktan sonra kalibre edilen 0.1 N NaOH ile titrasyona tabi tutularak saptanmıştır. Sonuç da tartarik asit cinsinden belirlenmiştir.

Şıra Randımanı (%)

Derimde farklı salkımlardan takriben alınan 1 kg salkım bir bez içerisinde sıkılarak sağlanan şıra miktarı, mezur ile ölçülerek belirlenmiştir.

Salkımların görünümü

Derimde tüm uygulamalardaki salkımların satılabilir durumları dikkate alınarak tespit edilmeye çalışılmıştır.

İstatistik Analizler

Çalışma; Düzgüneş vd. (1987) ile Bek ve Efe (1988)'den yararlanılarak "Tasadüf Blokları" deneme desenine göre 4 tekrarlamalı ve 4 uygulama yapılacak biçimde düzenlenmiş, sağlanan değerler JMP 8 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) istatistik paket programından yararlanılarak varyans analizi uygulanmış ve her uygulamada 5 adet, toplamda 80 adet asma deneme için seçilmiş, ama uygulamalar arasında istatistiksel bir fark belirlenemediğinden gurup ortalamaları karşılaştırılmamıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Bağda Deneme Deseninin Uygulanışı

Uygulamalar	Tekerrürler				Toplam
	I	II	III	IV	
0. (kontrol)	5	5	5	5	20
3. dönem yaprak alma	5	5	5	5	20
5. dönem yaprak alma	5	5	5	5	20
7. dönem yaprak alma	5	5	5	5	20
Toplam	20	20	20	20	80

Bulgular ve Tartışma

Tane Ağırlığı

Derimden itibaren omcaların her bir yönünden bir salkımın üst, orta ve alt bölümünden bağ alanını temsil edecek biçimde seçilen tane ağırlıkları Tablo 5'te yer almıştır.

Tablo 5. İncelenen Özelliklerde Belirlenen Ortalama Verileri

Yaprak Alma Dönemleri (Uygulamalar)	Tane Ağırlığı (g)	Salkım Ağırlığı (g)	S.Ç.K.M (%)	Titre edilebilir asit (g/l)	pH	Şıra randımanı (%)	Ürün verimi (kg/omca)	Çubuk verimi (kg/omca)
Kontrol (0)	2.24	354	17	5.3	2.08	65	12.0	4.70
3 dönem	2.56	390	16	4.9	2.02	60	12.0	5.10
5 dönem	2.27	375	17	4.9	2.10	67	10.4	2.22
7 dönem	2.13	381	18	4.5	2.06	65	10.5	2.17
Önem seviyesi (LSD)	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.

Alınan verilerde yürütülen varyans analizinde uygulamalar arasında istatistiksel açıdan bir fark görülmemesine rağmen nicel bakımdan hiç yaprak alınamayan asmalarda (kontrol) ortalama tane büyüklüğü 2.235 g, 3 dönem yaprak almada 2.56 g, 5 dönem yaprağı koparmada 2.27 g ve 7 dönem yaprak almadaysa 2.13 g olarak saptanması; yaprağı koparma sayısının kontrole göre, öncelikle tane büyüklüğünü yükselttiği, fakat yaprağı koparma sayısı ve miktarı yükseldikçe dane ağırlığında düşmeye sebep olduğu intibaini vermesi, yaprakların bitkide gıda maddesi üretimindeki etkinliğini gösterdiğini söyleyebiliriz.

Salkım Ağırlığı

İncelemeye dair ortalama salkım ağırlıklarına bakıldığında, salkım ağırlıkları arasındaki fark, istatistiksel bakımdan önem arz etmese de nicel olarak kontrolde 354 g, 3 dönem için 390 g, 5 dönem için 375 g ve 7 dönem için ise 381 g şeklinde sağlanmıştır (Tablo 5).

Suda Çözünen Toplam Kuru Madde Miktarı (S.Ç.K.M.)

Derimde alınan üzüm örneklerinden laboratuvarında sağlanan üzüm sırasında el refraktometresi ile tespit edilen suda eriyebilir toplam kuru madde miktarları Tablo 5'te yer almıştır. Uygulamalar arasında suda erir kuru madde miktarı olarak da istatistiksel olarak bir farklılık bulunamamasına rağmen nicel olarak kontrolde %17 dönem için %16 dönem için %17 ve 7 dönem içinse %18 olarak bulunmuştur.

Titre Edilebilir Asit Miktarı

Derim döneminde alınan üzüm örneklerinden laboratuvarında sağlanan üzüm sırasında "titrasyon" metoduyla saptanan asit, tartarik asit olarak Tablo 5'te yer almıştır. Buna göre, uygulamalar arasında asit miktarları bakımından da istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır. Ancak nicel olarak kontrol muamelesinde 5.3 g/l, 3 ve 5 dönem için 4.9 g/l, 7 dönem için ise 4.5 g/l olarak sağlanmıştır.

pH Tayini

Derim zamanında alınan üzüm örneklerinden laboratuvarında temin edilen üzüm sırasında bulunan pH değerleri Tablo 5'te yer almaktadır. Uygulamalar arasında pH değerleri bakımından da istatistiksel olarak bir fark bulunamamış, fakat nicel olarak kontrolde 2.08, 3 dönem için 2.02, 5 dönem için 2.10, 7 dönem için ise 2.06 olarak sağlanmıştır.

Şıra Randımanı

Derimde toplanan takriben 1 kg taze üzüm örneklerinden laboratuvarında çıkarılan şıraların mezur ile ölçmelerde kontrolde %65, 3 dönem de yapılan yaprak alımında %60, 5 dönemde yapılan yaprak alımında %67 ve 7 dönemde yaprak alımında ise % 65 olarak saptanmıştır (Tablo 5).

Ürün Verimi

Üzüm deriminde her tekerrürdeki her uygulamada asmalar (toplam 80 omca) tek tek tartılarak bitki başına ürün miktarı belirlenmiş olup, varyans analizinde uygulamalar arasında yine istatistiksel bir fark tespit edilememiş, ama nicel olarak şahit ve 3 dönem uygulamasında 12 kg/omca, 5 dönem uygulamasında 10.4 kg/omca, 7 dönem yapılan yaprak alımında da 10.5 kg/omca üzüm elde edilmiştir (Tablo 5.).

Çubuk Verimi

Asmaların dinlenmeye girişinden itibaren budama yapılmış ve her uygulamaya ait budama artıklarının tartımı yapılmıştır. Varyans analizi sonucunda muameleler arasında istatistiksel anlamda bir fark tespit edilememiş, buna karşılık kontrol asmaları 4.70 kg/omca, 3 dönem yaprak koparmada 5.10 kg/omca, 5 dönem yaprak koparmada 2.22 kg/omca ve 7 dönem yaprak koparmada 2.17 kg/omca değerleri bulunmuştur (Tablo 5.). Ancak çubuk verimi açısından uygulama ortalamaları arasındaki farkların yüksek olmasına rağmen istatistiki olarak fark çıkmaması üzerinde durulmuş; bu durumun gerek deneme kurulurken ve gerekse gelişme devresinde elde olmayan istenmeyen sebeplerden dolayı veriler normal dağılımdan sapma gösterdiği için fark ortaya çıkmadığı kanaatine varılmıştır.

Salkım Görünümü

Hasatta salkımların çok yaprak alınan asmalarda güneş yanıklıklarının, kontrol omcalarında ise külleme'nin daha çok olduğu gözlenmiştir.

İstatistiki Analizler

Verilerin değerlendirilmesinde yapılan varyans analizlerinde her ne kadar uygulamalar arasında istatistiki olarak fark bulunmasa da kontrole göre salkım ağırlığının arttığı, buna karşılık ürün veriminin ve asitliğin azaldığı gözlenmiştir (Tablo 5.).

Sonuç ve Öneriler

Bağda yaprak koparma işlemleri, öncelikle Avrupa'da olmak üzere, bizde de ürün niteliğini yükseltmeye dönük olarak sıkça başvurulmaktadır. Halihazırdaki bir üzüm bağının konumuna göre omcanın değişik taraflarından ve tane büyümesinin değişik safhalarında uygulanacak olan yaprak koparma işlemlerinin salkımın niteliği üzerinde farklı etkileri olabileceği bilinmektedir. Uygulanan varyans analizinde istatistiki olarak önem arz eden bir fark bulunmaması, çeşit, ekoloji ve bakım işlemleri ile de ilgili olsa da daha ziyade yaprak alma zamanı ve sıklığı ile ilgili olduğu düşünülmekte olup, yeşil budama kapsamında olan uç veya bilezik alma işlemleri ile birleştirilmesinin ürün verimi ve nitelik iyileşmesinde faydalı olabileceği kanısını oluşturmuştur. Buna rağmen yaprak koparma işlemi, ilaçlamanın yararına ve güneş yanıklığına etki ettiği görülmüştür. Aşırı olmayan yaprak koparmanın omca tacı içerisindeki hava hareketine ve ışıklanmaya daha yararlı olduğu, fakat aşırı yaprak alımında salkımlarda güneş yanıklıklarına daha çok rastlandığı gibi, yaprak alma seviye ve sıklığına bağlı olarak omca gelişimi, ürün verim ve kalitesini de etkileyeceği mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

Destek ve Teşekkür

Bu çalışma, Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Settar Ünal'ın danışmanlığında Hasan Sezgin tarafından tamamlanan "*Bağlarda Yaprak Alma Sıklığının Sürgün Büyümesi, Verim ve Bazı Kalite Değerlerini Araştırma*" başlıklı yüksek lisans tezinden (Tez No: 665506) üretilmiş olup, Şırnak Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Koordinasyon Birimi (2020.FLTP.13.01.05) tarafından desteklenmiştir.

Yazar Katkısı

Mehmet Settar Ünal, denemenin düzenlenmesi, verilerin istatistiki yorumlama ve makale yazımı konularında yardımcı olmuştur. *Hasan Sezgin*, araştırma için gerekli materyallerin temini ve arazi çalışmalarının yürütülmesi konularında yardımcı olmuştur.

Etik

Söz konusu makalenin yayınlanması ile ilişkili etik bir mesele yoktur.

Çıkar Çatışması

Yazarların herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

ORCID

Mehmet Settar Ünal  <https://orcid.org/0000-0001-5903-0157>



Hasan Sezgin  <https://orcid.org/0000-0001-8298-9411>

Kaynaklar

- Adınır, M. (2011). *Salamuralık yaprak toplanan omcalardaki koruk üzümün (Vitis vinifera L.) turşu olarak değerlendirilmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Gazi Osman Paşa Üniversitesi.
- Altındışlı A., Altındışlı Ö., Çeliker, N. M., Özsemerci, F. ve Caner, K.Ö. (2011). *Kurutmaya Yönelik Sultani Çekirdeksiz Üzüm Yetiştiriciliği El Kitabı*. Tıbyan Yayıncılık.
- Anonim. (2016). Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi. https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/Thornthwaite.pdf adresinden 1 Ekim 2021 tarihinde alınmıştır.
- Anonim. (2019). 2020-2024 dönemi Midyat Belediyesi (Mardin) stratejik planı. <http://www.sp.gov.tr/tr/stratejik-plan/s/1672/Midyat+Belediyesi+Mardin+2020-2024> adresinden 1 Ekim 2021 tarihinde alınmıştır.
- Anonim. (2021a). Toprak analiz sonuçlarının değerlendirilmesi. <https://ekoloji.ogm.gov.tr/Dokumanlar/Toprak%20analiz%20sonu%C3%A7lar%C4%B1n%C4%B1n%20de%C4%9Ferlendirilmesi.pdf> adresinden 1 Ekim 2021 tarihinde alınmıştır.
- Anonim. (2021b). Midyat iklim değerleri. <https://www.mgm.gov.tr/> adresinden 1 Ekim 2021 tarihinde alınmıştır.
- Bahar, E. , Korkutal, İ. ve Öner, H. (2018). Bağcılıkta terroir unsurları . *Bahçe*, 47 (2) , 57-70. <https://dergipark.org.tr/en/pub/bahce/issue/41373/500662>
- Bek, Y. ve Efe, E. (1988). *Araştırma ve deneme metodları*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları.
- Bekar, T. (2016). Şaraplık üzüm kalitesi üzerine yetiştiriciliğin etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 3(4), 255–264. <https://dergipark.org.tr/en/download/issue-file/3033>
- Çakır, A. ve Söylemezoğlu, G. (2018). Asmada (V. vinifera L.) klasik melezleme sonucu elde edilmiş f1 genotiplerinin ssr metodu ile ebeveyn tayini. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(3), 348–354. <https://doi.org/10.30910/turkjans.448391>
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F. (1987). *Araştırma ve deneme metodları (İstatistik Metodları-II)*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Elmalı, Ö. (2008). *Tokat ili merkez ilçede bağcılıkla uğraşan işletmelerin üretim ve pazarlama sorunları* [Yüksek Lisans Tezi], Gazi Osman Paşa Üniversitesi.

- Gregory, L.H., Mervin, I.A., Brown, M.G. ve Zakour, D.P. (2007). Influence of geotextile mulches on canopy microclimate, yield and fruit Composition of Cabernet franc. *American Journal of Enology and Viticulture*, 58, 431-442. <https://www.ajevonline.org/content/58/4/431.short>
- Gülcü, M. (2016, Ekim 05-07). Salamura asma yaprağı üretimi ve pazarlanmasında gıda güvenliğinin sağlanması [Sözlü sunum]. *Türkiye 12. Gıda Kongresi*, Edirne, Türkiye.
- Gülcü, M. ve Torçuk, A. İ. (2016, Ekim, 04-07). Yemeklik asma yaprağı üretimi ve pazarlamasında kalite parametreleri [Sözlü sunum]. *VII. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu*, Tekirdağ, Türkiye.
- Kiracı, M.A. (2006). *Tekirdağ ili Şarköy ilçesi bağcılığının mevcut durumu, üreticilerin sorunlarının çözümüne ilişkin örgütlenme olanaklarının belirlenmesi* [Yüksek lisans tezi], Trakya Üniversitesi.
- Korkutal İ, Bahar E. ve Erkan H. A. (2009). Edirne ili Uzunköprü ilçesi Yeniköy beldesi bağcılık yapısının incelenmesi. *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(2), 179-187. <https://dergipark.org.tr/en/pub/trakyafbd/issue/23003/246036>
- Köse, B. (2014). Işık ve sıcaklığın bağcılıktaki yeri ve önemi . *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 1(2), 203-212. <https://doi.org/10.19159/tutad.47151>
- Semerci, A., Kızıltuğ, T., Çelik, A. D. ve Kiracı, M. A. (2015). Türkiye bağcılığının genel durumu. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2), 42-51. <https://dergipark.org.tr/en/pub/mkuzfd/issue/19638/209641>
- Sevindi, C. ve Daşdemir, D. (2011). Kuruluşu, gelişmesi ve fonksiyonel özellikleri açısından Midyat şehri. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(46), 135-182. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ataunisobd/issue/36391/411744>
- Şimşek, Z. (2009). Cabernet sauvignon (V. vinifera L.) üzüm çeşidinde, farklı yönlerden uygulanan yaprak almanın kalite özellikleri üzerine etkileri [Yüksek lisans Tezi]. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi.
- TÜİK. (2019). Bitkisel ürün denge tabloları. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=104&locale=tr> adresinden 25 Eylül 2020 tarihinde alınmıştır
- Ünal, M. S. (2018, Eylül, 8-9). *İdil bölgesi üzüm çeşitlerinin salamura yaprak yapımına uygunluğunun araştırılması* [Sözlü sunum]. Şehri Nuh Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar Kongresi, Şırnak, Türkiye.
- Ünal, M.S. ve Sezgin, H. (2019, Kasım 22-24). *Midyat bölgesi üzüm çeşitlerinin salamura yaprak yapımına uygunluğunun araştırılması* [Sözlü sunum]. 3rd International Zeugma Conference On Scientific Researches, Gaziantep, Türkiye.

Density Functional Theory and Molecular Docking Analysis of Newly Synthesized and Characterized Benzimidazolium Salts

Elvan Üstün¹ , Neslihan Şahin² 

Ordu University, Faculty of Art and Science, Department of Chemistry, Ordu
Cumhuriyet University, Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education, Sivas

Geliş Tarihi / Received Date: 17.05.2022 Kabul Tarihi / Accepted Date: 18.06.2022

Abstract

Benzimidazoles, an important member of the N-heterocyclic carbenes family, draw attention to their catalytic properties as well as their pharmaceutical activity. Since these molecules are relatively easy to synthesize and derivatize, they are frequently used in the synthesis of species with desired properties and metal complexes of these species. The interactions of these kinds of pharmaceutical molecules with the tissue and blood components are important. The interaction of the bioactive species with serum albumin, which is one of the most important proteins in the blood, is a frequently studied subject and Bovine Serum Albumin is frequently used in these researches. In-silico methods provide many advantages and give important insights before experimental procedures. In this study, two novel benzimidazolium salts were synthesized and characterized. After the structural analysis of the molecules was analyzed by DFT-based calculation methods, the reactivities of the molecules were also examined with Global Reactivity Descriptors. In addition, the interactions of molecules with Bovine Serum Albumin were analyzed by molecular docking methods.

Keywords: N-heterocyclic carbenes, molecular docking, DFT, benzimidazole, bovine serum albumin

Yeni Sentezlenmiş ve Karakterize Edilmiş Benzimidazolyum Tuzlarının Yoğunluk Fonksiyonel Teorisi ve Moleküler Doking Analizi

Öz

N-heterosiklik karbenler ailesinin önemli bir üyesi olan benzimidazoller, farmasötik aktivitelerinin yanı sıra katalitik özellikleri ile de dikkat çekmektedir. Bu moleküllerin sentezlenmesi ve türevlendirilmesi nispeten kolay olduğundan, bu bileşikler istenen özelliklere sahip yeni türlerin ve bu türlerin metal komplekslerinin sentezinde sıklıkla kullanılırlar. Bu tür farmasötik moleküllerin doku ve kan bileşenleri ile etkileşimleri önemlidir. Biyoaktif türlerin kandaki en önemli proteinlerden biri olan serum albümini ile etkileşimi sıkça çalışılan bir konudur ve bu araştırmalarda Sığır Serum Albümin sıklıkla kullanılmaktadır. In-siliko yöntemler birçok avantaj sağlar ve deneysel prosedürlerden önce önemli bilgiler verir. Bu çalışmada iki yeni benzimidazolyum tuzu sentezlenmiş ve karakterize edilmiştir. Moleküllerin yapısal analizi DFT tabanlı hesaplama yöntemleri ile analiz edildikten sonra, Global Reaktivite Tanımlayıcıları ile moleküllerin reaktiviteleri de incelenmiştir. Ayrıca moleküllerin Sığır Serum Albümin ile etkileşimleri moleküler doking yöntemleri ile analiz edildi.

Anahtar Kelimeler: N-heterosiklik karbenler, moleküler doking, DFT, benzimidazol, sığır serum albümini

Introduction

N-heterocyclic carbenes have found a number of applications in important processes due to their catalytic activities since firstly isolated and characterized in 1991 (Arduengo et al., 1991; Nair et al., 2008). One of the important members of this family is benzimidazoles which have been frequently studied by the scientific world for many years due to their stability, reactivity, basicity, and high polar properties (Barot et al., 2013; Spasov et al., 1999; Yadav & Ganguly, 2015). The catalytic activity of these molecules is well known and benzimidazole derivative dyes are also reported (Manoharan & Anandan, 2014). Benzimidazoles can bind to proteins, enzymes, and receptors in biological systems by H-bonds and proton donor/acceptor properties since they contain two nitrogen atoms and are frequently used in medicinal chemistry applications (Narasimhan et al., 2012; Velik et al., 2004;).

Benzimidazole derivative molecules used as anthelmintic (albendazole, mebendazole, triclabendazole etc.), fungicide (benomyl, carbendazim, thiabendazole etc.), proton pump inhibitor (omeprazole, lansoprazole, pantoprazole, rabeprazole, and tenatoprazole etc.) (Law & Yeong, 2021).

Serum Albumin, commonly known as blood albumin, is the most abundant dissolved protein in blood plasma (Goldwasser & Feldman, 1997). Albumin is essential for delivering of necessary components by body fluids to the tissues with blood vessels. It is important to analyze the interaction of the molecules with albumin which transports hormones, hemin, and fatty acids in the plasma (Peters, 1985). Bovine Serum Albumin which is chemically similar with Human Serum Albumin is usually used in experimental studies since it is more attainable.

Recent developments in theoretical and computational chemistry give important insights about the structural properties of the molecules and their interactions with biological macromolecules (Serdaroğlu et al., 2021; Şahin et al., 2021). The theoretical results agree with the experimental results and this kind of analysis saves budget, labor, and time. In this study, two new benzimidazolium salts were synthesized and characterized by ^1H NMR, ^{13}C NMR, and FT-IR methods, and the characterization of molecules was completed by UV-Vis spectroscopy. After the structural analysis of the molecules was analyzed with DFT-based calculation methods, the reactivities of the molecules were examined with Global Reactivity Descriptors. In addition, the interactions of molecules with Bovine Serum Albumin were analyzed by molecular docking methods.

Material and Method

Experimental Synthesis

Standard Schlenk line techniques were used for all synthesis procedures under argon atmosphere with flame-dried glassware. All reagents are Sigma Aldrich (Dorset, UK). Purification of all solvents was done by distillation methods over the drying agents, and they were transferred to the reaction matrix under Argon. Electrothermal 9100 was used for melting point detection by capillary tubes. Perkin Elmer Spectrum 100 FT-IR was used for recording the Fourier transform infrared (FT-IR) spectra in the range 400–4000 cm^{-1} . ^1H NMR and $^{13}\text{C}\{^1\text{H}\}$ NMR spectra were taken using a Bruker As 400 Mercury spectrometer operating at 400 MHz (^1H), 100 MHz (^{13}C) in CDCl_3 with tetramethylsilane as the internal reference. UV-Vis spectra were also recorded by Shimadzu UV-1800 Spectrophotometer.

Preparation of 1-allyl-3-(4-tert-butylbenzyl)-5,6-dimethylbenzimidazolium bromide, 1

According to the previous study, compound **1** was synthesized under argon gas atmosphere (Şahin et al., 2021). To a stirring solution of NaH (11 mmol) in tetrahydrofuran (20 mL), 5,6-dimethylbenzimidazole (10 mmol) was added and the admixture was stirred at room temperature for 1 h. Then, allyl bromide (10.1 mmol) was added to the solution and the mixture was left to stir for 24 h at 60 °C. The mixture was cooled to room temperature. Then, the solvent was removed in vacuo. Dichloromethane (30 mL) was added to the solid. The last solution was distilled and 1-allyl-5,6-dimethylbenzimidazole was obtained. The 1-allyl-5,6-dimethylbenzimidazole (1 mmol) and 4-tert-butylbenzyl bromide (1 mmol) were stirred in DMF (5 mL) for 24 h at 80 °C. Precipitated solid was

filtered and rinsed out with diethyl ether and dried under the vacuum. Yield: 84%; m.p. 178-179 °C, FT-IR $\nu_{(\text{CN})}$: 1561 cm^{-1} . ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) δ (ppm): 1.27 (s, 9H, $\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{-C}(\text{CH}_3)_3\text{-4}$), 2.40, 2.41 (s, 6H, $\text{NC}_6\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_3)_2\text{-5,6}$), 5.26 (d, 2H, $\text{NCH}_2\text{CHCH}_2$, $J=8$ Hz), 5.44 (s, 1H, $\text{NCH}_2\text{CHCH}_2$), 5.47 (d, 1H, $\text{NCH}_2\text{CHCH}_2$, $J=8$ Hz), 5.76 (s, 2H, $\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{-C}(\text{CH}_3)_3\text{-4}$), 6.11 (quint, 1H, $\text{NCH}_2\text{CHCH}_2$, $J=4$ Hz), 7.37-7.40 (m, 3H, Ar-H), 7.43-7.46 (m, 3H, Ar-H), 11.38 (s, 1H, NCHN). $^{13}\text{C}\{^1\text{H}\}$ NMR (100 MHz, CDCl_3) δ (ppm): 20.7 ($\text{NC}_6\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_3)_2\text{-5,6}$), 31.2 ($\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{-C}(\text{CH}_3)_3\text{-4}$), 34.7 ($\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{-C}(\text{CH}_3)_3\text{-4}$), 50.0 ($\text{NCH}_2\text{CHCH}_2$), 50.9 ($\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{-C}(\text{CH}_3)_3\text{-4}$), 126.3 ($\text{NCH}_2\text{CHCH}_2$), 137.4 ($\text{NCH}_2\text{CHCH}_2$), 113.2, 113.4, 121.6, 128.1, 129.7, 129.9, 130.0, 152.3 (Ar-C), 141.6 (NCHN).

Preparation of 1-allyl-3-(4-methoxybenzyl)-5,6-dimethylbenzimidazolium chloride, 2

2 was prepared following the same procedures as described for **1**. However, 4-methoxybenzyl chloride (1 mmol) was used as second added alkyl halide. Yield: 81%; m.p. 209-210 °C, FT-IR $\nu_{(\text{CN})}$: 1557 cm^{-1} . ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) δ (ppm): 2.40 (s, 6H, $\text{NC}_6\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_3)_2\text{-5,6}$), 3.75 (s, 3H, $\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{-OCH}_3\text{-4}$), 5.27 (s, 2H, $\text{NCH}_2\text{CHCH}_2$), 5.43 (d, 2H, $\text{NCH}_2\text{CHCH}_2$, $J=16$ Hz), 5.76 (s, 2H, $\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{-OCH}_3\text{-4}$), 6.09 (quint, 1H, $\text{NCH}_2\text{CHCH}_2$, $J=4$ Hz), 6.85-6.87 (m, 2H, Ar-H), 7.42-7.44 (m, 2H, Ar-H), 7.48-7.50 (m, 2H, Ar-H), 11.31 (s, 1H, NCHN). $^{13}\text{C}\{^1\text{H}\}$ NMR (100 MHz, CDCl_3) δ (ppm): 20.7 ($\text{NC}_6\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_3)_2\text{-5,6}$), 49.9 ($\text{NCH}_2\text{CHCH}_2$), 50.8 ($\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{-OCH}_3\text{-4}$), 55.3 ($\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{-OCH}_3\text{-4}$), 125.2 ($\text{NCH}_2\text{CHCH}_2$), 137.3 ($\text{NCH}_2\text{CHCH}_2$), 113.2, 113.4, 114.6, 121.2, 125.2, 129.9, 128.1, 130.0, 160.0 (Ar-C), 141.9 (NCHN).

Calculation Method

Full unconstrained geometry optimizations with DFT-based calculation methods were carried out with ORCA version 4.2 using the exchange functional according to BP86 that the correlation functional suggested by Becke and Perdew, with the resolution-of-the-identity (RI) approximation, the tightscf, KDIIS, and SOSCF options, a def2-SVP basis set (Becke, 1988; Furche & Perdew, 2006; Neese, 2012; Neese, 2018; Serdaroğlu et al., 2022). To speed up the calculations def2-SVP/J auxiliary basis set was used.

All the global chemical reactivity descriptors were calculated with Koopmans Theorem according to the following equations (Phillips, 1961):

$$IP = -E_{HOMO} \quad (1)$$

$$EA = -E_{LUMO} \quad (2)$$

$$\chi = -\frac{IP + EA}{2} \quad (3)$$

$$\eta = \frac{IP - EA}{2} \quad (4)$$

$$S = \frac{1}{2\eta} \quad (5)$$

$$\omega = \frac{\mu^2}{2\eta} \quad (6)$$

Where IP is ionization potential; EA is electron affinity; χ is electronegativity; η is global hardness; S is global softness; and ω is electrophilicity index (Vijayaraj et al., 2009).

AutoDockTools 4.2 were used for molecular docking calculations with crystal structure from the RCSB protein data bank (PDB ID: 4f5s, <https://www.rcsb.org/structure/4F5S>) (Bujacz, 2012). Only polar hydrogens and Kollman charges were evaluated in target molecules and the waters in proteins were removed. Randomized starting positions, Gasteiger charges, and torsions have been evaluated for ligand molecules. While Lamarckian genetic algorithms were applied, the genetic algorithm population was recorded as 150. Discovery Studio 4.1.0 was used for illustrations (Dassault Systèmes, 2016).

Result and Discussion

Synthesis and characterization of benzimidazolium salts

Benzimidazolium salts (**1** and **2**) were synthesized by reaction of 1-allyl-5,6-dimethylbenzimidazole with 4-*ter*-butylbenzyl bromide and 4-methoxybenzyl chloride in DMF at 80 °C, respectively as shown Figure 1. The precipitated products were crystallized in dichloromethane/diethyl ether for purification. The structure of the new compounds is characterized by FT-IR, ^1H NMR, $^{13}\text{C}\{^1\text{H}\}$ NMR, and UV-Vis spectroscopy.

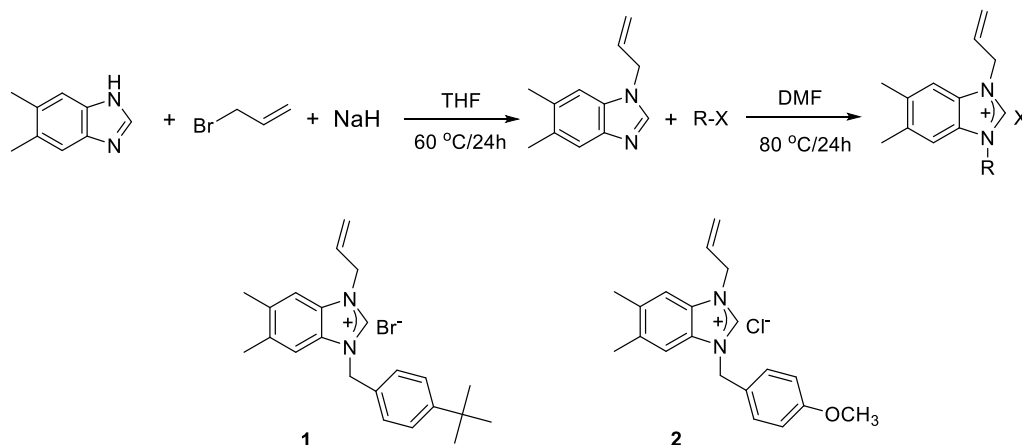


Figure 1. Synthesis of Benzimidazolium Salts **1** and **2**

It was observed that all C-H stretching vibrational bands peaked between 2700-3100 cm^{-1} at the IR spectra of the benzimidazolium salts. C=C stretching vibrational bands were seen at around 1800-1600 cm^{-1} . Specific CN peaks in the benzimidazolium ring were observed at 1561 cm^{-1} and 1557 cm^{-1} for **1** and **2**, respectively.

NMR spectra of the compounds were analyzed in $d\text{-CDCl}_3$. In the ^1H NMR spectra, the NCHN acidic protons of **1** and **2** were seen at 11.38 ppm and 11.31 ppm as sharp singlets, respectively. For both compounds, the methyl protons of benzimidazole peaked in the range of 2.20 ppm and 2.40 ppm as singlets. Benzylic protons were seen at 5.76 ppm as singlets for both salts. Protons of $\text{NCH}_2\text{CHCH}_2$ of salts (**1** and **2**) came at 6.11 ppm and 6.09 ppm as a quint, respectively. Aromatic protons of salts **1** and **2** were observed in the range of 6.85-7.50 ppm.

In the $^{13}\text{C}\{^1\text{H}\}$ NMR spectra, NCHN carbons of benzimidazolium salts give the peak at 141.6 ppm and 141.9 ppm, respectively **1** and **2**. Aromatic carbons of compounds **1** and **2** were seen in the range of 113.0-160.0 ppm. Benzylic carbons of **1** and **2** gave peaks at 50.9 ppm and 50.8 ppm, respectively. The methyl carbon peaks of benzimidazole of the compounds were observed at around 20.0 ppm. These values are in agreement with reported data for similar compounds (Şahin et al., 2021). The FT-IR, ^1H NMR, $^{13}\text{C}\{^1\text{H}\}$ NMR, and UV-Vis spectra are presented in Figures 2-6.

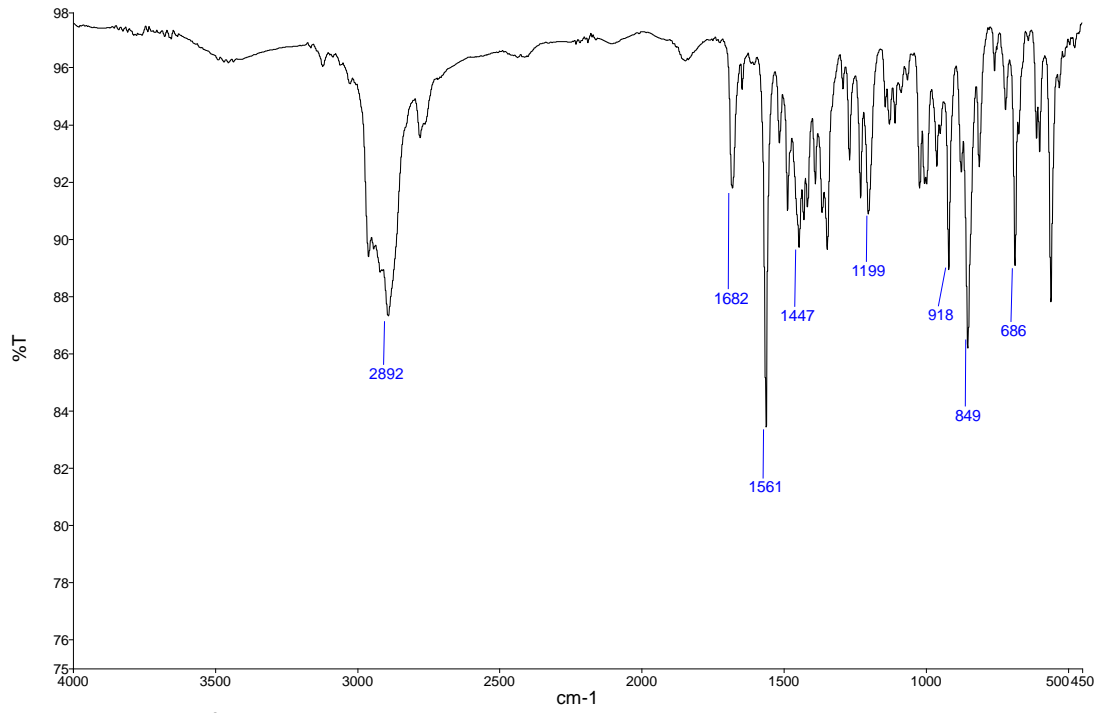


Figure 2. FT-IR Spectra of 1

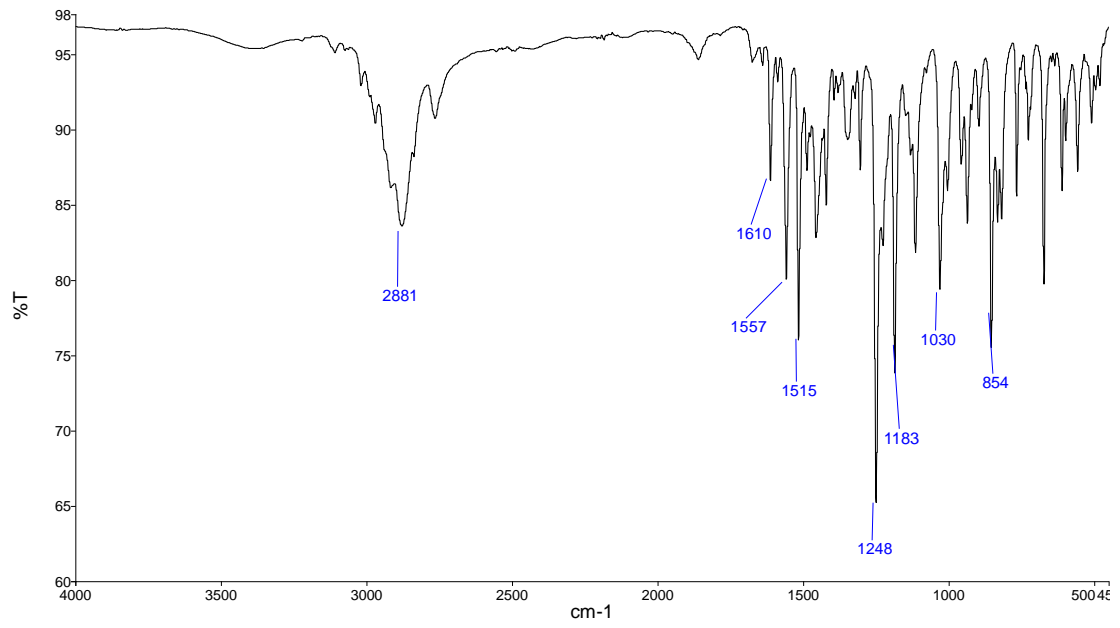


Figure 3. FT-IR Spectra of 2

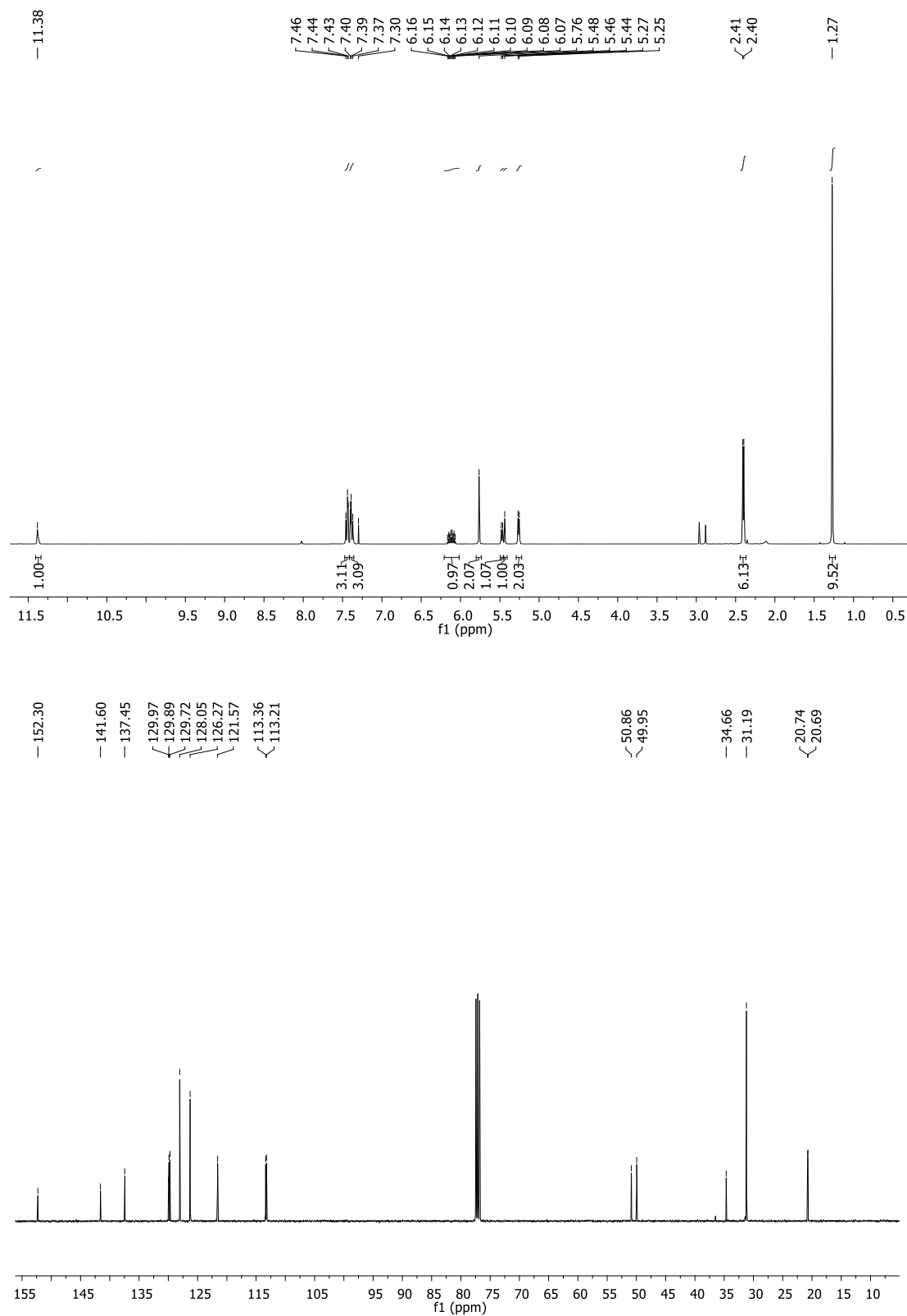


Figure 4. ¹H NMR and ¹³C{¹H} NMR Spectra of 1

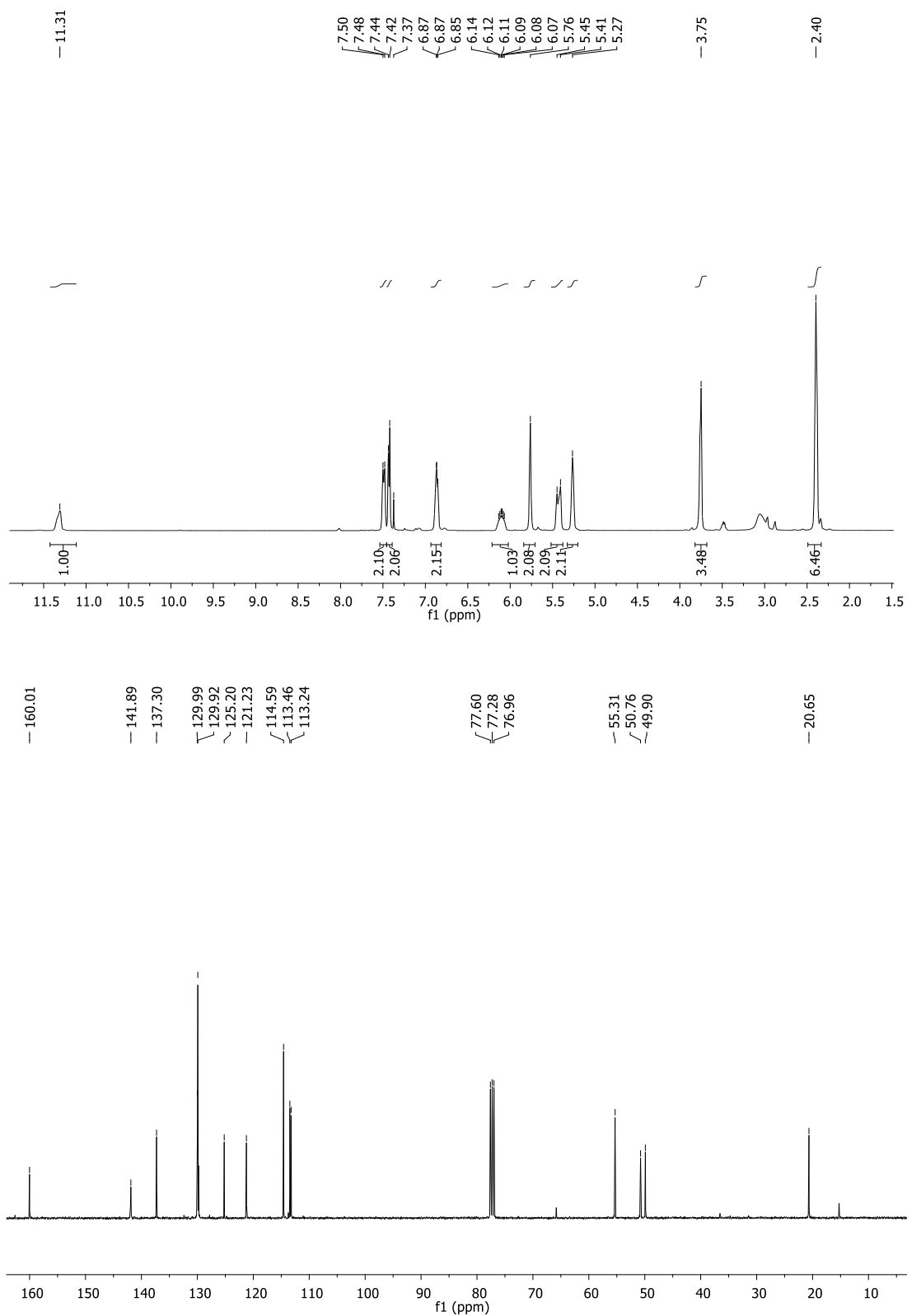


Figure 5. ^1H NMR and $^{13}\text{C}\{^1\text{H}\}$ NMR Spectra of 2

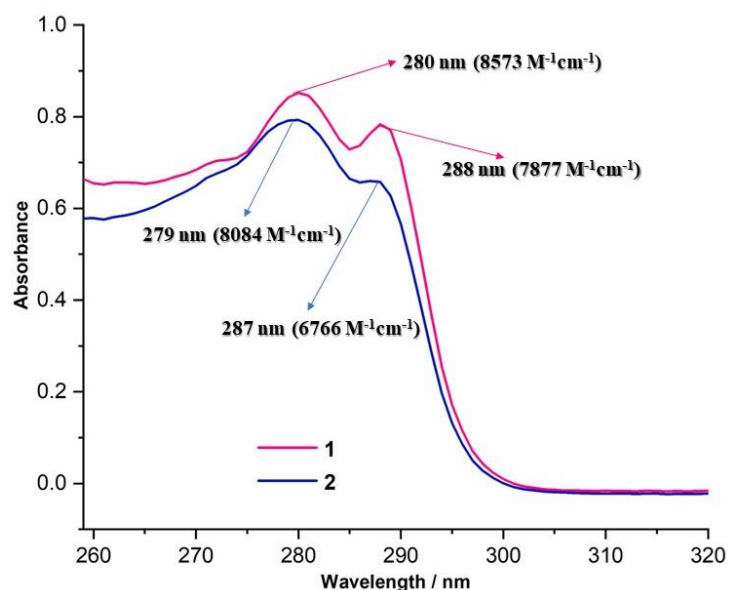


Figure 6. UV-Vis Spectra of 1 and 2 (The Extinction Coefficients of the Bands Given in Parenthesis)

UV-Vis spectrophotometer is an important method in the analysis of possible-pharmaceutical molecules. The methanol solutions of the molecules were prepared, and their spectra were recorded. Solutions of the molecules are colorless and show two main bands in the UV-Vis spectra. While bands were recorded at 279 nm and 288 nm for **1**, molecule **2** shows two maxima at 279 nm and 287 nm. The extinction coefficients of these bands were determined by recording the spectra of the solutions prepared as three sets in five different concentrations (Figure 7).

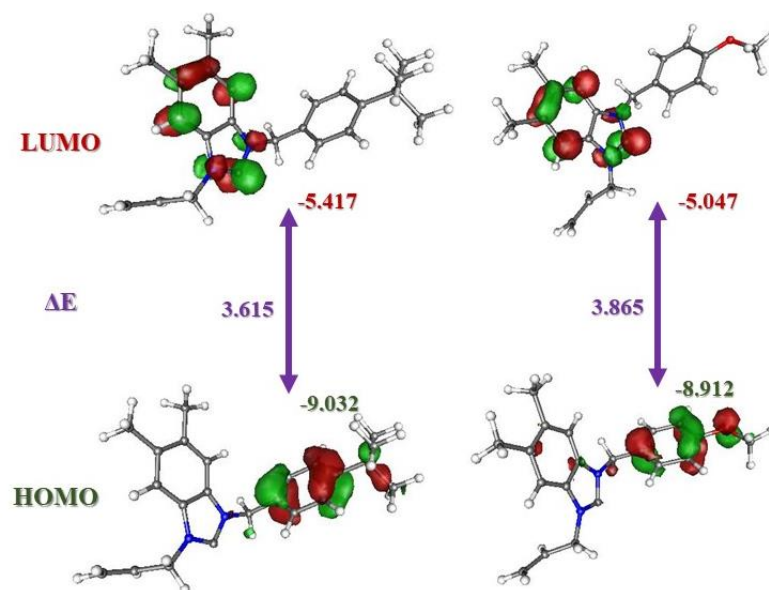


Figure 7. HOMO and LUMO Energies and Illustrations of the Molecules (in eV)

Theoretical analysis

The location and energy of the Highest Occupied Molecular Orbital (HOMO) and Lowest Unoccupied Molecular Orbital (LUMO) of the molecules are important in the reactivity analysis of the molecules. The HOMO region of the molecule indicates the region where electron-donating reactions will take place, while the LUMO shows the region where the molecule accepts electron (Bejaoui et al., 2020). According to this evaluation, it is expected to act as an electron donor through the benzyl region of benzimidazole in both molecules. On the other hand, in both molecules, it is expected to exhibit

electron acceptor properties through the conjugated benzimidazole group (Figure 7). The relative energies of the HOMO and LUMO of the molecules give quantitative idea about the electron donor and acceptor flairs of the molecules (Perepichka & Bryce, 2005). According to the DFT-based calculations, **1** acts as an efficient electron donor since the HOMO has lower energy. At the same time, **1** shows more effective electron acceptor property since it has lower LUMO energy.

Table 1. Global Reactivity Descriptors of the Complexes (in eV)

	1	2
Ionization Potential (IP)	9.032	8.912
Electron Affinity (EA)	5.417	5.047
Electronegativity (χ)	7.224	6.979
Global Softness (S)	0.277	0.259
Global Hardness (η)	1.807	1.932
Electrophilicity Index(ω)	14.456	12.615

Global Reactivity Descriptors were calculated by using the energies of the HOMO and LUMO of molecules according to the Koopman Theorem which is frequently used in the analysis of the electron donor/acceptor properties of molecules (Phillips, 1961; Vijayaraj et al., 2009). According to this theorem, the calculated IP and EA values for molecules are obtained by direct evaluation of the HOMO and LUMO energies of the molecules. According to the results, **1** is expected to be more active in terms of both electron-donor and electron-acceptor properties due to higher IP and EA values and **1** also shows stronger electronegativity. The larger global softness value and the smaller global hardness value indicate the more reactive molecule. In this case, **1** is expected to be more reactive. The electrophilicity index is the expression of the affinity of a molecule against an electrophile, and the electrophilicity index of **1** was calculated greater than 2 (Table 1).

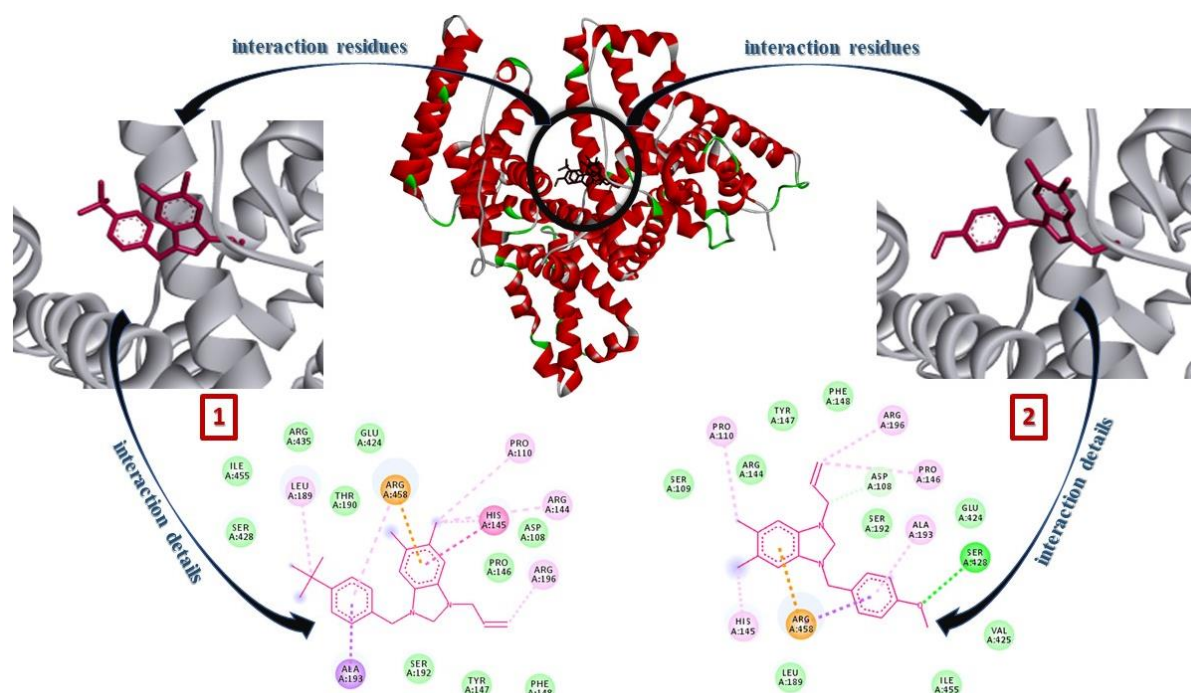


Figure 8. Interaction Residue (middle), Docking Conformations (grey), and Interaction Type of Benzimidazole Type 1, and 2 with Bovine Serum Albumin Crystal Structure

Dark green and turquoise: H-bonds; green: van der Waals; Orange: pi-anion/cation; Pink: alkyl and pi-alkyl; Yellow: pi-sulfur; fuchsia: Pi-pi stacked and pi-pi T shaped

The interaction of both molecules with bovine serum albumin was investigated by using molecular docking methods for examination of the interaction region and interaction size. Both molecules interact with approximately the same region of the serum albumin except small orientation

differences. 2 can interact as H-bonds through the methoxy group. The interaction regions and details of the molecules are presented in Figure 8.

Table 2. Active Sites of Bovine Serum Albumin (PDB ID:4f5s) with 1, and 2

Molecules	Bind. Aff.*	Amino Acids Residue
1	-8.07	Arg458, Ala193, His145, Pro110, Arg144, Leu189, Arg196, Tyr147, Phe148, Thr190, Ser192, Glu424, Ser428, Arg435, Ile455
2	-7.36	Asp108, Ser428, Arg458, Pro110, His145, Pro146, Arg196, Ser109, Arg144, Tyr147, Phe148, Leu189, Ser192, Glu424, Val425, Ile455

*kcal/mol; red: H-bond, green: pi interactions, blue: Van der Waals interactions

Interaction regions, types, and magnitudes of molecules with macromolecules can be examined by molecular docking methods. 1 performs pi- and van der Waals-interactions with Bovine Serum Albumin. A binding affinity of -8.07 kcal/mol was determined by the pi-interactions with Arg458, Ala193, His145, Pro110, Arg144, Leu189, Arg196, and Van der Waals interactions. Due to the methoxy group substituted for the benzyl group of the 2, the H-bond, which is considered important in such analysis, was recorded with Asp108, and Ser428. The pi-interactions with Arg458, Pro110, His145, Pro146, and Arg196 are also noteworthy. The binding affinity calculated as a result of the contribution of many Van der Waals interactions to these interactions was determined as -7.36 kcal/mol (Table 2).

Examining the interactions of N-heterocyclic carbene molecules with BSA by molecular docking methods is not very common in the literature. However, analysis of transition metal complexes containing NHC-derived ligands is quite common. Rani et al. (2021) analyzed the Ni(II) complexes with NHC type ligands and the results of docking studies reveal that the binding energy ranging from -6.52 to -8.05 kcal mol⁻¹ towards the target BSA protein were recorded. Also, Feizi-Dehnavayebi et al. (2021) recorded that BSA forms a hydrogen bond with His246 residue with the length of 3 Å and there are van der Waals forces between Pd(II) complex and Ser104, Lys106, Tyr147, Leu103, Ile202, Cys245, Gly247, Lys242 and Gln203 residues. Alinaghi et al. (2020) published that a hydrogen bond between the Pd(II) complex oxygen atom and Glu 125 (2.2 Å) is observed. In the same paper, the amino acid residues of BSA, which interacted with the complex, are Phe36, Pro113, Lys114, Leu115, Lys116, Leu122, Glu125, Phe133, Lys136, Tyr139 and Tyr160. It is common that the metal complexes of the NHC molecules could have better binding results than the individual NHC molecules. But the calculated result for the studied molecules in this research have better binding affinities than the complex molecules.

Conclusions

Serum albumin is important since it is the most abundant protein in the blood and has many activities. Analysis of the interactions of pharmaceutical molecules with blood proteins is an important research area. The use of computational methods is useful in examining these kinds of interactions. It is recorded that 1 shows better pharmaceutical activity according to the results of both structural and molecular docking analyses. Since molecules are analyzed relatively in theoretical calculations, it is important to reproduce the structural and interactional analyzes of different substituted species, since the analysis of more molecules will help to decide on the molecules that will pass to the experimental stage.

Author Contribution

Elvan Üstün performed the data collection and theoretical analysis. Neslihan Şahin performed the experimental process. The authors read and approved the article.

Ethic

There are no ethical issues with the publication of this article.

Conflict of interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

ORCID

Elvan Üstün  <https://orcid.org/0000-0002-0587-7261>

Neslihan Şahin  <https://orcid.org/0000-0003-1498-4170>

References

- Alinaghi, M., Karami, K., Shahpiri, A., Momtazi-Borojeni, A. A., Abdollahi, E., & Lipkowski, J. (2020). A Pd (II) complex derived from pyridine-2-carbaldehyde oxime ligand: Synthesis, characterization, DNA and BSA interaction studies and in vitro anticancer activity. *Journal of Molecular Structure*, 1219, 128479. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.128479>
- Arduengo III, A. J., Harlow, R. L., & Kline, M. (1991). A stable crystalline carbene. *Journal of the American Chemical Society*, 113(1), 361-363. <https://doi.org/10.1021/ja00001a054>
- Becke, A. D. (1988). Correlation energy of an inhomogeneous electron gas: A coordinate-space model. *The Journal of Chemical Physics*, 88(2), 1053-1062. <https://doi.org/10.1063/1.454274>
- Bejaoui, L., Brahmia, A., Marzouki, R., Dusek, M., Eigner, V., Serdaroğlu, G., ... & Hassen, R. B. (2020). Synthesis, crystal structure, hirshfeld surface analysis, spectroscopic, biological and first-principles studies of novel aminocoumarins. *Journal of Molecular Structure*, 1221, 128862. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.128862>
- Bujacz, A. (2012). Structures of bovine, equine and leporine serum albumin. *Acta Crystallographica Section D: Biological Crystallography*, 68(10), 1278-1289. <https://doi.org/10.1107/S0907444912027047>
- Dassault Systèmes BIOVIA (2016). *Discovery studio modeling environment, release 2017*. Dassault Systèmes.
- Feizi-Dehnaneybi, M., Dehghanian, E., & Mansouri-Torshizi, H. (2021). A novel palladium (II) antitumor agent: Synthesis, characterization, DFT perspective, CT-DNA and BSA interaction studies via in-vitro and in-silico approaches. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 249, 119215. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2020.119215>
- Furche, F., & Perdew, J. P. (2006). The performance of semilocal and hybrid density functionals in 3 d transition-metal chemistry. *The Journal of Chemical Physics*, 124(4), 044103. <https://doi.org/10.1063/1.2162161>
- Goldwasser, P., & Feldman, J. (1997). Association of serum albumin and mortality risk. *Journal of Clinical Epidemiology*, 50(6), 693-703. [https://doi.org/10.1016/S0895-4356\(97\)00015-2](https://doi.org/10.1016/S0895-4356(97)00015-2)
- Law, C. S., & Yeong, K. Y. (2021). Benzimidazoles in drug discovery: A patent review. *ChemMedChem*, 16(12), 1861-1877. <https://doi.org/10.1002/cmdc.202100004>
- Manoharan, S., & Anandan, S. (2014). Cyanovinyl substituted benzimidazole based (D-π-A) organic dyes for fabrication of dye sensitized solar cells. *Dyes and Pigments*, 105, 223-231. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2014.02.010>
- Nair, V., Vellalath, S., & Babu, B. P. (2008). Recent advances in carbon-carbon bond-forming reactions involving homoenolates generated by NHC catalysis. *Chemical Society Reviews*, 37(12), 2691-2698. <https://doi.org/10.1039/B719083M>

- Narasimhan, B., Sharma, D., & Kumar, P. (2012). Benzimidazole: A medicinally important heterocyclic moiety. *Medicinal Chemistry Research*, 21(3), 269-283. <https://doi.org/10.1007/s00044-010-9533-9>
- Neese, F. (2012). The ORCA program system. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science*, 2(1), 73-78. <https://doi.org/10.1002/wcms.81>
- Neese, F. (2018). Software update: the ORCA program system, version 4.0. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science*, 8(1), e1327. <https://doi.org/10.1002/wcms.1327>
- P Barot, K., Nikolova, S., Ivanov, I., & D Ghate, M. (2013). Novel research strategies of benzimidazole derivatives: a review. *Mini reviews in Medicinal Chemistry*, 13(10), 1421-1447. <https://www.ingentaconnect.com/content/ben/mrmc/2013/00000013/00000010/art00005>
- Perepichka, D. F., & Bryce, M. R. (2005). Molecules with exceptionally small HOMO–LUMO gaps. *Angewandte Chemie International Edition*, 44(34), 5370-5373. <https://doi.org/10.1002/anie.200500413>
- Peters Jr, T. (1985). Serum albumin. *Advances in Protein Chemistry*, 37, 161-245. [https://doi.org/10.1016/S0065-3233\(08\)60065-0](https://doi.org/10.1016/S0065-3233(08)60065-0)
- Phillips, J. C. (1961). Generalized Koopmans' Theorem. *Physical Review*, 123(2), 420. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.123.420>
- Rani, J. J., Jayaseeli, A. M. I., Rajagopal, S., Seenithurai, S., Chai, J. D., Raja, J. D., & Rajasekaran, R. (2021). Synthesis, characterization, antimicrobial, BSA binding, DFT calculation, molecular docking and cytotoxicity of Ni (II) complexes with Schiff base ligands. *Journal of Molecular Liquids*, 328, 115457. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.115457>
- Şahin, N., Üstün, E., Tutar, U., Çelik, C., Gürbüz, N., & Özdemir, İ. (2021). Antimicrobial activity, inhibition of biofilm formation, and molecular docking study of novel Ag-NHC complexes. *Journal of Organometallic Chemistry*, 954, 122082. <https://doi.org/10.1016/j.jorganchem.2021.122082>
- Serdaroğlu, G., Şahin, N., Şahin-Bölükbaşı, S., & Üstün, E. (2022). Novel Ag (I)-NHC complex: Synthesis, in vitro cytotoxic activity, molecular docking, and quantum chemical studies. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 77(1-2), 21-36. <https://doi.org/10.1515/znc-2021-0130>
- Serdaroğlu, G., Şahin, N., Üstün, E., Tahir, M. N., Arıcı, C., Gürbüz, N., & Özdemir, İ. (2021). PEPPSI type complexes: Synthesis, x-ray structures, spectral studies, molecular docking and theoretical investigations. *Polyhedron*, 204, 115281. <https://doi.org/10.1016/j.poly.2021.115281>
- Spasov, A. A., Yozhitsa, I. N., Bugaeva, L. I., & Anisimova, V. A. (1999). Benzimidazole derivatives: Spectrum of pharmacological activity and toxicological properties (A review). *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 33(5), 232-243. <https://doi.org/10.1007/BF02510042>
- Velık, J., Baliharova, V., Fink-Gremmels, J., Bull, S., Lamka, J., & Skálová, L. (2004). Benzimidazole drugs and modulation of biotransformation enzymes. *Research in Veterinary Science*, 76(2), 95-108. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2003.08.005>
- Vijayaraj, R., Subramanian, V., & Chattaraj, P. K. (2009). Comparison of global reactivity descriptors calculated using various density functionals: A QSAR perspective. *Journal of Chemical Theory and Computation*, 5(10), 2744-2753. <https://doi.org/10.1021/ct900347f>
- Yadav, G., & Ganguly, S. (2015). Structure activity relationship (SAR) study of benzimidazole scaffold for different biological activities: A mini-review. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 97, 419-443. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2014.11.053>

Tarımda Drone Kullanımı ve Geleceği

Mehmet Metin Özgüven¹ , Ziya Altaş¹ , Derya Güven¹ , Arif Çam¹ 

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat

Geliş Tarihi / Received Date: 02.04.2022

Kabul Tarihi / Accepted Date: 18.06.2022

Öz

Tarım, yaşamın sürdürülebilmesi için hayati bir faaliyet alanı olmakla birlikte, tarım dışı diğer sektörlerle hammadde sağlaması, milli gelir ve istihdama katkısı nedeniyle de stratejik bir faaliyet alanıdır. Teknolojinin hızla gelişmesiyle ortaya çıkan yeni teknikler veya cihazların tarımda kullanılması tarımsal uygulamaların daha kolay ve etkin yapılabilmesini sağlamaktadır. Son yıllardaki en popüler teknolojik gelişmelerden biri olan drone'ların tarımda kullanımı yaygınlaşmakta ve yeni uygulama alanlarının da eklenmesiyle daha da popüler hale gelmektedir. Drone'ların popüler olması ve tarımda kullanımı, tarım dışı farklı disiplinlerden olanların da ilgisini çekmektedir. Farklı disiplinlerde olanların tarım konusundaki bazı teknik bilgilerinin yetersiz olmasından dolayı, drone'un tarımda kullanımı ile ilgili yanlış bilgiler veya efektif olmayan kullanımlar da oluşabilmektedir. Bu çalışmada, drone ve bileşenleri, drone'un avantaj ve dezavantajları, drone ile kullanılabilen kamera ve sensörler hakkında bilgiler verilmiştir. Daha sonra günümüzde tarımda drone kullanım alanları örnek uygulamalar ile açıklanmış ve gelecekte tarımda drone kullanımı ile öngörüler sunulmuştur. Ayrıca drone'un tarımda kullanımı ile bazı yanlış bilgiler ve efektif olmayan kullanımlar hakkında açıklamalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: tarım, drone, multispektral kamera, hiperspektral kamera, termal kamera

Use of Drones in Agriculture and Its Future

Abstract

Agriculture is both a vital sector of activity for the sustainability of life and strategic field of activity for provides raw materials to non-agricultural sectors and contributes to national income and employment. The use of new techniques or devices in agriculture, which emerged with the rapid development of technology, makes agricultural applications easier and more effective. The use of drones in agriculture, which is one of the most popular technological developments in recent years, has become widespread and its use is increasing even more with the addition of new application areas. The popularity of drones and their use in agriculture also attract the attention of those from different disciplines other than agriculture. Due to the insufficient technical knowledge of those in different disciplines on agriculture, false information or ineffective use of drones in agriculture may occur. In this study, information is given about the drone and its components, the advantages and disadvantages of the drone, the cameras and sensors that can be used with the drone. Then, the use of drones in agriculture today is explained with sample applications and predictions are presented with the use of drones in agriculture in the future. In addition, explanations were made about the use of drones in agriculture, some misinformation and ineffective use.

Keywords: agriculture, drone, multispectral camera, hyperspectral camera, thermal camera

Giriş

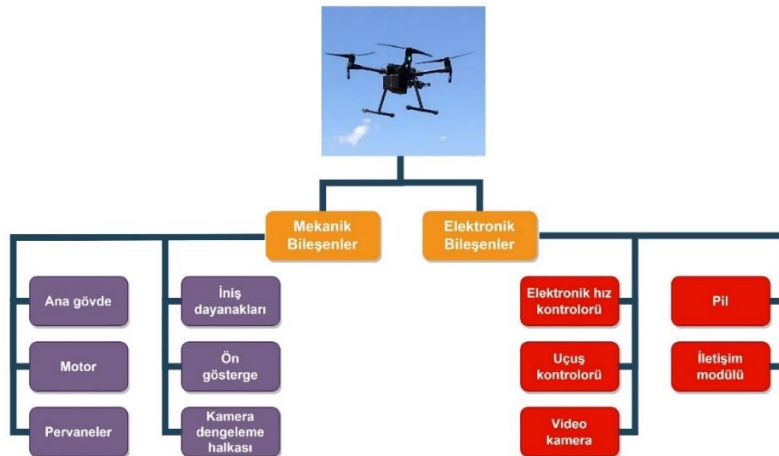
Uzaktan kumanda veya otonom olarak kendi güç sistemiyle çalışabilen, kullanım yerine göre ana gövdesine faydalı yük takılıp çıkarılabilen araçlara İnsansız Hava Araçları (İHA) denilmektedir (Özgüven, 2018). Çeşitli görevlerde kullanılabilen, kompakt yapılı İHA'lar arasında, dikey uçuş yapan araçların havada asılı kalabilme yeteneği ile yatay uçuş yapan araçların uzun menzil avantajlarını birleştiren döner-kanatlı araçlar, hareket kabiliyetleri ve çeşitli görevlere adapte edilebilme özellikleri ile dikkat çekmektedir. Dikey ve yatay uçuşu birleştiren hava araçlarının uçuş kararlılığı, enerji verimliliği ve kontrol edilebilirlik açısından uygun olması nedeniyle daha çok çift döner-rotorlu ve dört döner-rotorlu araçların tasarımı tercih edilmektedir (Çetinsoy vd., 2009). Bu araçlara drone denilmekte olup genel olarak kabul edilmiş bir tasarım olmamakla beraber, ihtiyaç duyulan teknik özelliklere bağlı olarak çeşitli tasarımlar yapılabilmektedir (Tan vd., 2015).

Yenilikçi teknolojilerden biri olan ticari İHA'ların dünyada hızla yaygınlaşması ve hızla değişen kuralları olan yeni bir sektör olması nedeniyle dünya genelinde yasal düzenleyici kanun ve yönetmelikler çıkarılmaktadır. Sensörler, GPS, atalet ölçüm birimleri ve diğer donanımların daha fazla bulunabilirliği ve daha küçük hale getirilmeleri nedeniyle İHA'ların sivil uygulamaları son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. Bu teknoloji, İHA'ların altyapı bakım, tarım, madencilik, acil durum müdahalesi, kargo teslimi vb. uygulamalarla ölçü olarak metre altındaki gerçek büyüklüklerde ve otonom olarak denetleme, haritalama, araştırma ve taşımaya kadar uzanan bir yelpazede olmasını sağlamaktadır (Sebbane, 2018). Drone kullanımı arttıkça, ülkeler drone'ları havacılık düzenleme çerçevelerine dâhil etmekte ve bu mevzuatlar sürekli olarak yeniden değerlendirilmektedir. Dünyada her tür İHA için çeşitli düzenleyici standartlar uygulanmaktadır. Ulusal drone düzenlemeleri genellikle aşağıdaki birkaç unsura sahip olma eğilimindedir (Um, 2019):

- Drone ağırlığına, uçuş yüksekliğine ve nüfus yoğunluğuna vb. göre uçuşa kısıtlı bölgeler,
- Profesyonel kullanım durumunda İHA pilot lisansı,
- Profesyonel kullanım durumunda drone kaydı,
- Radyo dalgası düzenlemesi,
- Profesyonel kullanım durumunda sigorta.

Drone'un Bileşenleri ve Çalışma Prensibi

Drone'un temel bileşenleri mekanik ve elektronik bileşenler olmak üzere ikiye ayrılmakta olup, bu bileşenler Şekil 1'de gösterilmektedir. Tüm bileşenler, drone'un herhangi bir yönde uçabilmesi, manevra kabiliyeti ve stabilitesinin sağlanması, düşük hızlarda uçabilmesi gibi birçok yönden sağladığı avantajlar ile drone'un daha hızlı, ekonomik ve daha verimli çalışmasını sağlamaktadır.



Şekil 1. Drone'un Temel Bileşenleri

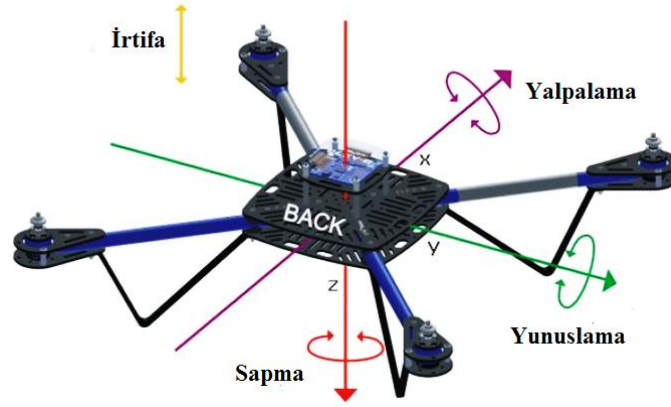
Drone tasarlanırken veya satın alınırken; drone'un kullanım amacına uygun olarak hangi malzemelere ve işlem proseslerine sahip olduğunun bilinmesi, uçuş süresi, uygun kamera seçimi, uçuş modları, kullanım kolaylığı, dayanıklılık ve yedek parça bulunabilirliği gibi hususlara dikkat edilmelidir. Bu şekilde ihtiyaç duyulan teknik özelliklere bağlı olarak çeşitli tasarımlar yapılabilmektedir. Bir drone'u oluşturan bileşenlerin temel özellikleri Tablo 1'de açıklanmıştır.

Tablo 1. Drone'un Temel Bileşenleri ve Özellikleri

Mekanik Bileşenler	Ana gövde	Tüm bileşenleri üzerinde bulunduran iskelet yapısını oluşturmaktadır.
	Pervaneler	Çoğunlukla saat yönü ve saat yönünün tersine dönerek drone'un uzaysal hareketlerini sağlamaktadır.
	Motor	Pervaneleri döndürmek için kullanılan bileşendir.
	İniş dayanakları	Drone'nun yere inmesi sırasında gimbal ve altta bulunan diğer çıkıntıların zarar görmemesi için kullanılan küçük bacaklardır.
	Ön gösterge	Uçuş sırasında operatörün kullanım kolaylığı açısından ön tarafını belirlemek için kullanılır.
Elektronik Bileşenler	Kamera dengeleme halkası (gimbal)	Üzerinde bir video kameranın monte edildiği eksenler etrafında dönebilen bir bileşendir.
	Elektronik hız kontrolörleri (ESC)	Uçuş kontrol cihazının, motorların her birini ayrı ayrı kontrol edebilmesini sağlamaktadır.
	Uçuş kontrolörü	Drone'un beyni olarak görev yapan ve tüm sistemi kontrol etmek için kullanılan parçasıdır.
	İletişim modülü	Yalpalama, yönelme ve yunuslama açıları için pervane hızlanmalarının kontrolü için kullanılır.
	Video kamera	Radyo dalgaları, Wifi, 3G/4G ve RF alıcı vericilerle görüntüleri cep telefonu ya da tablet gibi çeşitli kaynaklara gönderen farklı çözünürlüklerdeki kameralardır.
	Pil	Drone'un güç ihtiyacını sağlayan bileşendir.

Drone kullanımını sınırlayan en büyük dezavantaj pil süresinin yetersiz olmasıdır. Drone pillerinin kullanım süresi genel olarak 20-50 dakika arasında değişmektedir. Pil sorununun çözümü için enerjisini kablolu kullanım ile sağlayan drone'lar geliştirilmiştir. Bu kullanımlarında da kabloların elektrik tellerine veya ağaç gibi çevredeki engellere takılması gibi sorunlar yaşanabilmektedir. Ayrıca drone'un havada şarj edilerek kullanım süresinin uzatılmasına yönelik sistemler üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Bu sistemler de oluşturulan şarj kulelerinde indüksiyonlu bobin ile alternatif elektromanyetik bir alan oluşturulmakta ve drone üzerinde bulunan ikinci bir bobin ile de pil şarj edilmektedir.

Drone'un çalışmasında Şekil 2'de gösterildiği gibi dört temel hareket bulunmaktadır. Dikey harekette, bütün motorların hızları eşit miktarlarda değiştirilerek yerçekimi yenilip drone irtifa kazanarak yükselmektedir. Yerçekimi kuvveti ile eşitlendiğinde havada sabit kalabilmekte veya toplam kaldırma yerçekiminin altına indirilmesiyle irtifa kaybederek alçalma hareketi yapmaktadır. Yalpalama hareketinde, drone x eksenini etrafında dönmekte ve y eksenini boyunca sağ veya sola hareketini sağlamaktadır. Yunuslama hareketinde, drone y eksenini etrafında dönmekte ve x eksenini boyunca ileri veya geri hareketini sağlamaktadır. Sapma hareketinde ise pervane çiftlerinin hızlarının değiştirilmesiyle drone z eksenini etrafında saat yönüne veya tersine dönme hareketini sağlamaktadır (Turgut, 2011).



Şekil 2. Drone'un Temel Hareketleri (Etigowni vd., 2018)

Drone ile Kullanılabilen Kamera ve Sensörler

Drone'lar ile tarımsal faaliyetlerde ortomozaik haritaların oluşturulması, NDVI türetilmesi, bitki özellikleri hakkında bilgi edinilmesi, bitki hastalık ve zararlılarının tespit edilmesi, nem tahmininin yapılması, ürün su stresinin izlenmesi, 3D modelleme yapılması, arazilerin sınıflandırılması, bitki gelişiminin izlenmesi gibi bilgilerin elde edilmesi için çeşitli kamera ve sensörler kullanılabilir. En yaygın kullanılan kamera ve sensörler Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2. Drone ile Kullanılabilen Kamera ve Sensörler (Lopez ve Pazmany, 2019)

Enstrüman	Sensör Tipi	Mekansal Çözünürlük	Spektral Çözünürlük	Ağırlık
Görünür RGB	Pasif	Çok yüksek 1-5 cm/piksel	Düşük (3 bant)	Düşük <0,5 kg
Yakın Kızılötesi (NIR)	Pasif	Çok yüksek 1-5 cm/piksel	Düşük (3 bant)	Düşük <0,5 kg
Multispektral	Pasif	Yüksek 5-10 cm/piksel	Orta (5-12 bant)	Orta 0,5-1 kg
Hiperspektral	Pasif	Yüksek 5-10 cm/piksel	Yüksek (> 50-100 bant)	Orta 0,5-1 kg
Termal	Pasif	Orta 10-50 cm/piksel	Düşük (1 bant)	Orta 0,5-1 kg
Lazer tarayıcılar (LiDAR)	Aktif	Çok yüksek 1-5 cm/piksel	Düşük (1-2 bant)	Yüksek 0,5-5 kg
Sentetik Açıklıklı Radarlar (SAR)	Aktif	Orta 10-50 cm/piksel	Düşük (3 bant)	Yüksek >5 kg

Tablo 2 incelendiğinde, RGB, yakın kızılötesi ve multispektral gibi görüntüleme sensörlerinin pasif sensör tipinde, LiDAR, SAR gibi mesafe sensörlerinin ise aktif sensör tipinde olduğu görülecektir. Drone'da kullanılan sensörlerin faydalı yüklerinin görüntüleme sensörlerinde genel anlamda ağırlıklar orta düzeyde, mesafe sensörlerinde ise yüksek düzeydedir. Ayrıca hem görüntüleme hem mesafe sensörlerinin düşük mekânsal çözünürlükte olduğu görülmektedir. Bunların dışında drone'da sıcaklık, basınç, rüzgar, nem gibi atmosferik sensörler, gaz gibi kimyasal sensörler, ultrason, kızılötesi, radyo frekansı, GPS gibi konum sensörleri, mikrofon vb. sensörler kullanılabilir.

Görünür Işık Sensörleri (RGB)

İnsan gözünün kırmızı, yeşil ve mavi ışık bantlarına duyarlı olduğu bilinmektedir. RGB sensör, görüntüyü insan gözünün elektromanyetik spektrumdan dar bir bant olan bu RGB renklerini gördüğü şekilde yakalamaktadır. Tarım uygulamalarında drone'lar ile en çok kullanılan sensör olup, hafif ve ekonomik açıdan nispeten uygundur. RGB sensörler ile tek bir örnekte tüm alanın görüntüleri ve hava videolarının yakalandığı ortomozaik haritalar oluşturulabilir. Böylelikle, daha hızlı gözlem yapılması sağlanmakta ve bir sorun olması durumunda tüm alanı etkilemeden problemin köküne inilebilir.

(Singh ve Singh, 2020). Ayrıca değişen hava koşullarında, tarımsal faaliyetlerin verimli ve etkili bir şekilde ayrıntılı olarak incelenmesine yardımcı olmaktadır (Maddikunta vd., 2021).

Yakın Kızılötesi (NIR) Sensörler

Yakın kızılötesi (NIR) sensörleri, insan gözünün daha az hassas olduğu 750 ila 2600 nm ışık bant aralığında bilgi toplamaktadır. Bu elektromanyetik aralığın, bitki örtüsü hakkında bilgi edinmede iyi bir korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Bitki örtüsü stresi, klorofil içeriği vb. bitki özellikleri hakkında bilgi toplamak için NIR'ın dar bir aralığı olan kırmızı kenar (yaklaşık 680-730 nm) kullanılarak çeşitli indeksler elde edilebilmektedir. NIR sensörler tarımsal amaçla, Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), Yeşil Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (GNDVI) ve Gelişmiş Normalleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) gibi Bitki İndekslerini (VI'lar) türetmek için kullanılabilir (Mihalache vd., 2021; Milics, 2019).

Multispektral Sensörler

Multispektral sensörler tipik olarak görüntülenen sahnenin spektral yansımaları yakalamak için kullanılmaktadır. Orijinal olarak uzay tabanlı görüntüleme için geliştirilmiş bir teknolojidir ve görsel menzile sınırlı değildir. Aynı zamanda sensörün tepki aralığına bağlı olarak ultraviyole, yakın kızılötesi ve kızılötesi spektrumda da uygulanabilmektedir. Drone ile kullanılan en yaygın sensörlerden biri olan multispektral sensörler tarımda bitki gelişiminin takibi ve ürün sağlığı analizinin yapılması, vejetatif biyokütlenin hesaplanması, bitki hastalık ve zararlıları ile yabancı otların erken tespitinde kullanılabilir (Li vd., 2021; Maddikunta vd., 2021).

Hiperspektral Sensörler

Hiperspektral sensörler, hedef nesnelerin farklı ölçeklerde ayrıntılı ve yüksek oranda çözülmüş yansıtma özelliklerini oluşturan, invazif (yayılan zararlı etki) olmayan bir yöntemdir. Hedeften yansıyan ışık, iki boyutlu bir görüntünün yüksek spektral ve uzaysal çözünürlüğü ile kaydedilmektedir. Hiperspektral görüntülerde her piksel spektral imza olarak adlandırılan belirli dalga boyları için hedefin yansıtma değerlerini içeren yüzden fazla ardışık banda sahiptir. Bu sensörler tarımda lezyon tespiti, nem tahmini, asitlik seviyelerinin tahmin edilmesi, toprak yapısının belirlenmesi ve toprak kalitesinin değerlendirilmesi, alana özgü gübreleme ve bitki koruma uygulamalarında kullanılabilir (Behmann vd., 2018; Jensen, 2006).

Termal Sensörler

Termal sensörler, nesnelere tarafından yayılan kızılötesi radyasyonun algılanmasına ve sıcaklığın dijital bir radyometrik görüntüde gösterilmesine olanak sağlamaktadır. Bir hedefin termal parlaklığı, arka plandan ayırt edilebildiğinde tespit edilmesi daha kolay olmaktadır. Termal kameralar, dalga boylarıyla ilgili radyasyonları algılamakta ve bu süreçte ısı üreten gri tonlamalı görüntüye dönüştürmektedir (Allred vd., 2020). Daha sıcak görüntülerin sarı, daha soğuk görüntülerin mavi renkle sunulduğu renkli görüntüler üretebilen yöntemler de bulunmaktadır. Tarımda bitki su stresi izleme, bitki hastalığı tespiti, fenotipleme, verim tahmini ve bitki örtüsü durumu izleme amaçlarıyla kullanılmaktadır (Maddikunta vd., 2021; Messina ve Modica, 2020).

LiDAR

LiDAR, lazer ışınlarıyla bir nesne veya bir yüzeyin uzaklığının belirlenmesini ve ölçülen alanın 3 boyutlu (3D) nokta bilgilerinin çok kısa zamanda, istenilen aralıkta ve yüksek doğrulukta elde edilmesini sağlamaktadır (Özgül, 2018). LiDAR ile bitki tanımlama ve tespiti, yeşil alan indeksi, bitki büyüme değişkenliğinin belirlenmesi, ürün gelişiminin takibi, konumların belirlenmesi, 3D modelleme, toprak yüzey pürüzlülüğünün tahmini, otonom tarım araçlarının kontrolü, kanopi hacmi belirleme, arazi sınıflandırması gibi tarımsal uygulamalar yapılabilmektedir (Uygun vd., 2019).

Sentetik Açıklıklı Radarlar (SAR)

Sentetik Açıklıklı Radarlar (SAR) yüksek çözünürlüklü yeryüzünü görüntüleme ve hareketli alan tespitli bir radar sistemidir. SAR sistemlerinin diğer görüntüleme sistemlerine göre en önemli avantajı mikrodalga frekanslarında çalışmasıdır. Böylece her türlü hava koşullarında, aydınlatma kaynağını kendi sağlayıp gece/gündüz yüzeyin elektriksel ve geometrik özelliklerini gösteren bir görüntüleme sağlamaktadır. Tarımda toprak nemi değişkenliğinin haritalanması, yabancı otların tespit edilmesi, bitki gelişimlerinin izlenmesi, verimliliğin tahmin edilmesinde kullanılabilir (Kılıçoğlu ve Şengün, 2007; Moreira vd., 2019).

Tarımda Drone Kullanımı

Tarım, önemli bir sektör olmakla birlikte hayatın devamlılığı için zorunlu ve stratejik bir faaliyettir. Dünya nüfusunun ve kentleşmenin hızla artması nedeniyle tarımsal alanlar azalmakta ve böylece kişi başına düşen tarım arazisi ve su gibi doğal kaynaklar azalmaktadır (Özguven ve Közkurt, 2021). Tarımsal üretimin öncelikli hedefi, bitkisel ve hayvansal üretimde ekonomik, sürdürülebilir ve üretken işletmeciliğin sağlanmasıdır. Bu amaçla tarımda çeşitli konularda teknoloji kullanılmasıyla, tarımsal işlemlerin kolaylaştırılması ve çözüm veya iyileştirme bekleyen sorunlara alternatif çözümler geliştirilmektedir (Özguven, 2018). Tarım sektörü ekonomik, sosyal, yapısal ve iklimsel sorunlardan olumsuz etkilenmektedir. Bu sorunlardan bazıları küresel piyasa dalgalanmaları, ekonomik krizler, iklim değişikliği sonucu ortaya çıkan kuraklık, hortum ve seller, hastalıklar, tarım ürünlerinin biyoyakıt gibi alternatif kullanım alanlarının ortaya çıkması, tarımsal arazilerinin madencilik faaliyetleri gibi amaç dışı kullanılması, su gibi doğal kaynakların azalması ve genç nüfusun köylerden kentlere göç etmesi sonucu köydeki yaşlı nüfusun artması sayılabilmektedir. Bu nedenle tarımsal üretimde teknoloji kullanımı ve genetik yöntemlerle verimliliğin artırılması zorunlu hale gelmiştir (Özguven, 2020; Özguven vd., 2020).

Tarımsal üretimde verimliliğin ve ürün kalitesinin artırılması, bitkilerin gelişim sürecinin iyi takibine ve gerekli uygulamaların zamanında yapılmasına bağlıdır. Basit teknik yapısı ve kolay kullanımı olan drone'lar üzerine yerleştirilen sensörler ve kamera ile yüksek çözünürlükte fotoğraflar yakalanmakta ve 3 boyutlu haritaların oluşturulmasıyla tarımsal faaliyetlerde çiftçilere planlama imkânı sunmaktadır (Tan vd., 2015). Böylelikle tarımsal faaliyetlerle ilgili hem güncel veriler toplanabilmekte hem de üretimde verimlilik sağlanabilmektedir. Şekil 3'te tarımda drone kullanımının sağladığı avantaj ve dezavantajlar özetlenmiştir.



Şekil 3. Drone'un Tarımda Sağladığı Avantaj ve Dezavantajlar

Bitkilerin su istekleri çoğunlukla yağış, sıcaklık gibi meteorolojik verilere bağlı olmakla birlikte bitkiden bitkiye de farklılık göstermektedir. Örneğin mısır bitkisinin su tüketimi yetiştirilen bölge ve gelişme dönemlerine göre farklılık gösterse de genellikle ortalama 550-600 mm civarındadır. Bu değer 1 da alanda mısırın sulanması için 550-600 ton suya karşılık gelmekte ve yetiştirme sezonunda 10 kez sulama yapıldığı düşünüldüğünde her sulamada verilecek su miktarı yaklaşık 55-60 ton/da olmaktadır. Bu nedenle drone ile 1 da alanda bile bu miktarda sulamanın yapılması mümkün gözükmemektedir. Ayrıca bu konuda bilinmesi gereken önemli diğer bir konu ise sulama suyunun bitkinin kök bölgesine verilmesidir. Drone'un yerden yüksekliği ve rüzgâr gibi çevresel faktörlerin varlığı da düşünüldüğünde drone ile bu uygulamanın da yapılması mümkün görülmemektedir. Ayrıca drone ile yapılacak bir sulamanın bitki yapraklarındaki nemi arttırması sebebiyle, bitkide fungal ve bakteri hastalıklarının oluşma ihtimalini arttırmaktadır.

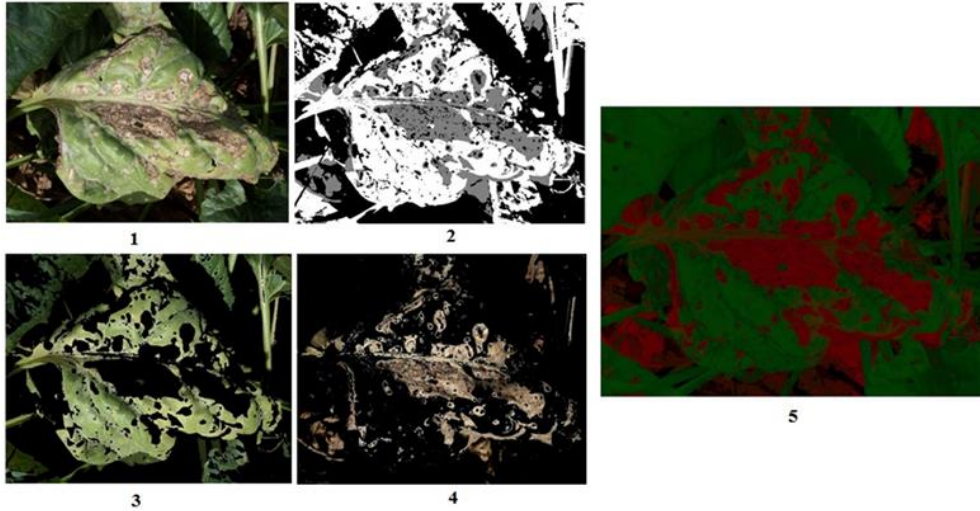
Tarımda drone kullanılmasıyla hastalık ve zararlı tespiti, pestisit ve gübre uygulamaları, yabancı ot tespiti, verim tahmini, bitki streslerinin belirlenmesi, ürün gelişiminin takibi, bitki türleri ayırma, tohum ekimi, fenolojik özelliklerin belirlenmesi, su yönetimi uygulamaları, sürü yönetimi gibi birçok konuda çalışmalar yapılmıştır. Tablo 3'te araştırmacılar tarafından drone ile yapılan bazı tarımsal çalışmalar özetlenmiştir.

Tablo 3. Drone'un Tarımda Uygulama Örnekleri

Hastalık Tespiti	Altas ve ark., 2018; Su ve ark., 2018; Kitpo ve Inoue, 2018; Altaş ve ark., 2019; Kerkech ve ark., 2020; Syifa ve ark., 2020
Pestisit ve Gübre Uygulamaları	Meivel ve ark., 2016; Yallappa ve ark., 2017; Garre ve ark., 2018; Babu ve ark., 2020; Chen ve ark., 2021
Ürün Gelişimi İzleme ve Bitkilerin Sınıflandırılması	Buters ve ark., 2019; Ore ve ark., 2020; D'Odorico ve ark., 2020; Maimaitijiang ve ark., 2020; Neumann ve ark., 2020; Matsuura ve ark., 2020; Fawcett ve ark., 2020
Yabancı Ot Tespiti	Gašparović ve ark., 2020; Parra ve ark., 2020; Skacev ve ark., 2020; Mattivi ve ark., 2021
Verim Tahmini	Reza ve ark., 2019; Stavrakoudis ve ark., 2019; Apolo-Apolo ve ark., 2020; Tao ve ark., 2020
Su Yönetimi Uygulamaları	Gago ve ark., 2015; Zhang ve ark., 2019; Dantas ve ark., 2020; Jin ve ark., 2021
Sürü Yönetimi	Sarwar ve ark., 2018; Vayssade ve ark., 2019; Li ve Xing, 2019; Andrew ve ark., 2020; Xu ve ark., 2020

Bitki Hastalık Tespiti

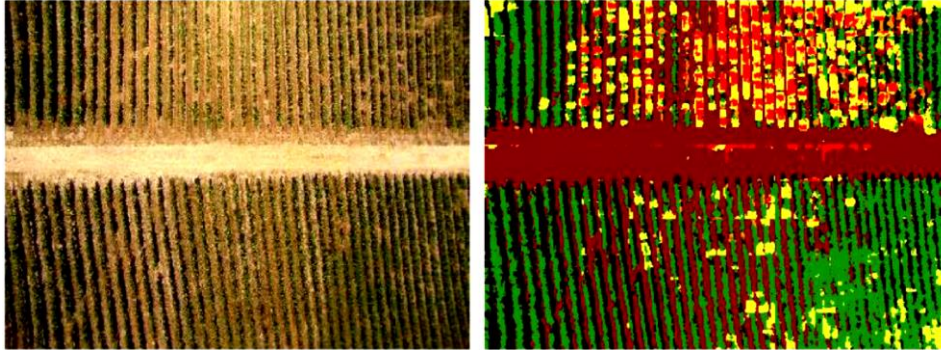
Altaş vd. (2018), yaptıkları çalışmada drone kullanılarak şeker pancarı tarlasından alınan görüntülerin geliştirilen görüntü işleme algoritmaları ile yaprak lekesi (*Cercospora beticola* Sacc.) hastalığının olup olmadığı, hastalık var ise hastalığın hangi düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Bu amaçla, araziden farklı zamanlarda ve farklı doğal aydınlanma koşullarında drone ile 30-60 cm arasındaki yüksekliklerde çekilen ve hastalığın farklı gelişim düzeylerini gösteren 12 adet görüntü MATLAB programının görüntü işleme araç kutusu kullanılarak işlenmiştir. Görüntü işleme teknikleri kullanılarak yapılan çalışma sonuçlarının uzman değerlendirmeleri ile karşılaştırıldığında gözlemlenemeyecek hassasiyette, hastalıklı alanın kesin değerini verdiği belirlenmiştir. Görüntü işleme tekniğiyle yaprak leke hastalığının tespit edilmesi Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4. Yaprak Leke Hastalığı

Tespiti 1: Orijinal görüntü, 2: Piksel etiketleme, 3: Yeşil segment, 4: Kahverengi segment, 5: Kontrast geliştirme (Altaş vd., 2018).

Kerkech vd. (2020) drone üzerine yerleştirilmiş RGB ve multispektral kameralardan elde edilmiş görüntüler ile bağda mildiyö hastalığı tespiti üzerine yaptıkları çalışmada, RGB ve kızılötesi görüntülerin kombinasyonuna dayanan bir yöntem ile hastalık haritaları çıkarılmıştır. Çalışmada her bir pikseli gölge, zemin, sağlıklı ve semptom olmak üzere farklı örneklere göre sınıflandırmak için derin öğrenme yöntemiyle segmentasyon uygulanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen hastalık haritaları ile bitkide %92 ve yaprakta %87 doğruluk oranı ile hastalığın tespit edildiğini bildirmişlerdir. Elde edilen bir mildiyö hastalık haritası Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Mildiyö Hastalık Haritası (Kerkech vd., 2020)

Şekil 5 incelendiğinde yeşil ile gösterilen pikseller sağlıklı alanları, kahverengi ile gösterilen pikseller toprağı (zemini), siyah ile gösterilen pikseller ise gölge alanları temsil etmektedir. Ayrıca bağ mildiyösünün semptomları RGB için sarı pikseller, kızılötesi için turuncu pikseller ve bunların kesiştiği pikseller ise kırmızı ile temsil edilmektedir.

Bitki Zararlısı Tespiti ve Pestisit Uygulaması

Chen vd. (2021) yaptıkları çalışmada meyve ağaçlarında zararlıların ve pestisit uygulanacak alanları belirlemişlerdir. Çalışmada, drone ile alınan zararlı görüntüleri, ağ üzerinden meyve bahçesine kurulan NVIDIA Jetson TX2 gömülü sistemine gönderilmektedir. TX2, zararlıların gelişim aşamalarını ve konumlarını gerçek zamanlı olarak tanımaktadır. Zararlıların konumları, en uygun pestisit pülverizasyonunun yolunu planlamak için kullanılmaktadır. Şekil 6'da zararlılar tespit edildikten sonra pestisit uygulanacak alanlar gösterilmektedir.

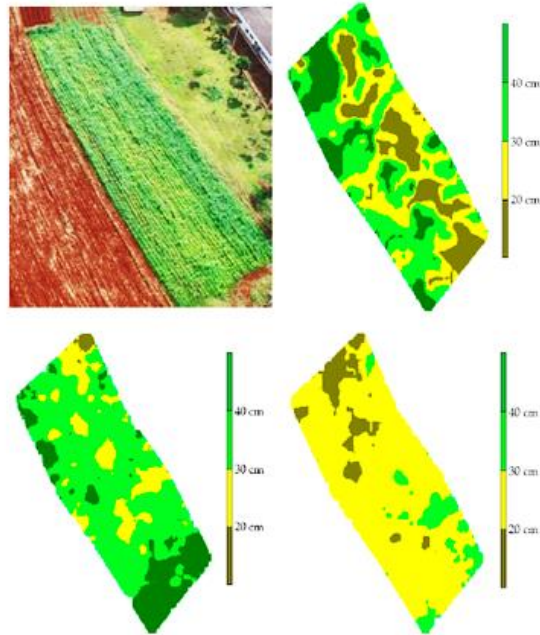


Şekil 6. Pestisit Uygulanacak Alanlar (Chen vd., 2021)

Şekil 6’da görüldüğü gibi zararlıların konumları belirlendikten sonra zararlıların bulunduğu yerden 5 metrelik bir yarıçapta pestisit uygulanması gereken alanlar sarı noktalı dairelerle işaretlenmektedir. Kırmızı yıldızlar ise, drone’un her uçuş sırasında konumlandırma ve kalibrasyonu için koordinat noktaları olarak kullanılmaktadır.

Bitki Gelişimi İzleme

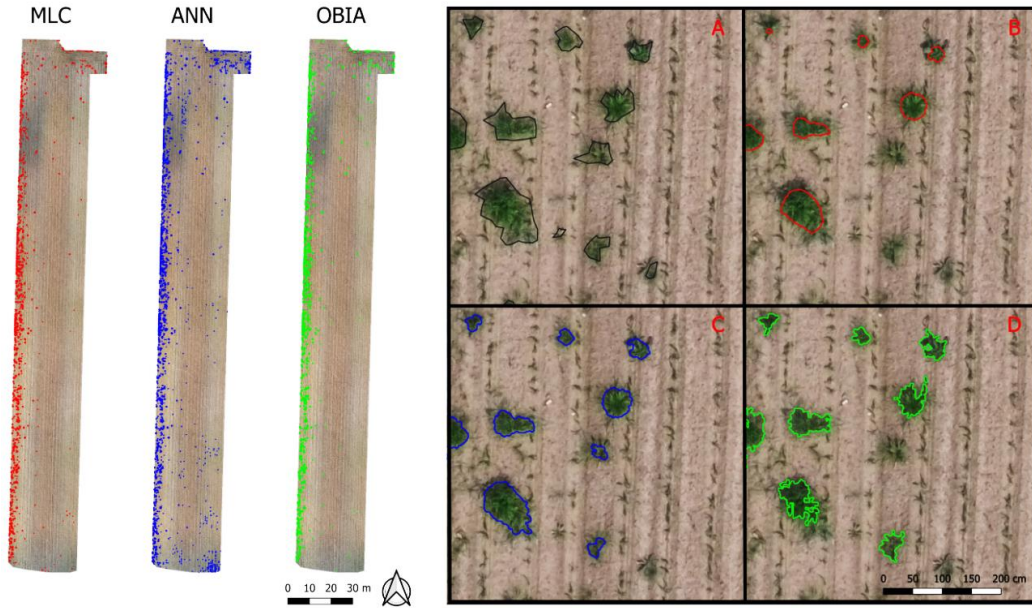
Ore vd. (2020) tarafından mısır bitkisinin büyüme tahmini için model oluşturulması ve büyüme haritasının hazırlandığı çalışmada, SAR ile donatılmış drone kullanılmıştır. SAR, aynı uçuş yolunu takip eden farklı zamanlarda iki uçuş arasındaki arazi yüksekliği yer değiştirmesi hakkında bilgi sağlamıştır. Araştırmacılar, SAR ile veri toplama işleminde öncelikle zemin ve radyometrik kalibrasyon için test alanına üç köşe reflektörü monte etmişlerdir. Ardından GNSS yer istasyonunu drone'nun başlangıç konumuna yakın bir yere yerleştirilip GNSS kaydı başlatılmış ve büyüme haritalarını oluşturmak için dairesel bir uçuş modeli seçmişlerdir. Radar açıldıktan sonra drone 120 m yükseklikten aynı dairesel uçuş rotası takip edilerek farklı tarihlerde uçurulmuştur. Bu şekilde dairesel uçuşlardan elde edilen yansıtma görüntüleri 30x30 cm örnekleme kullanılarak geri projeksiyon algoritması ile işlenmiş ve bitki büyüme haritası üretilmiştir. Üç farklı tarih aralığında elde edilen mısır bitkisi büyüme haritaları Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Mısır Bitkisi Büyüme Haritaları (Ore vd., 2020)

Yabancı Ot Tespiti

Mattivi vd. (2021) mısır bitkisinde yabancı otun mekânsal dağılımını belirlemek ve haritalamak amacıyla yaptıkları çalışmada, düşük maliyetli küçük bir ticari drone kullanmışlardır. Yer seviyesinden 35 m yükseklikten 120 coğrafi referanslı fotoğraf elde etmişlerdir. Araştırmacılar, elde edilen görüntüleri yabancı otun tespit edilmesi için üç farklı yöntemle işlemişlerdir. Bu yöntemler Maksimum Olabilirlik Sınıflandırıcısı (MLC), SAGA GIS'de uygulanan OpenCV kütüphanesinin Yapay Sinir Ağı modeli (ANN), Nesne Tabanlı Görüntü Analizi (OBIA)'dir. Şekil 8'de bu üç yöntem ile elde edilen yabancı ot haritaları gösterilmiştir. Çalışma sonucunda tarlada bulunan yabancı otlar ANN yöntemi için %99.55, MLC yöntemi için %99.50 ve OBIA yöntemi için %99.38 doğrulukla başarılı bir şekilde haritalanmıştır. Ayrıca oluşturulan haritalardan, alana özgü yabancı ot yönetimi için reçete haritası oluşturulmuştur.



Şekil 8. Solda; MLC, ANN ve OBIA Yöntemi ile Elde Edilen Yabancı Ot Haritaları ve Sağda; Haritaların Detayı

A) Referans Verileri, B) MLC, C) ANN, D) OBIA (Mattivi vd., 2021).

Şekil 8'de solda gösterilen haritalar oluşturulurken öncelikle sisteme yarı otomatik sınıflandırma yapılarak bitki, yabancı ot ve toprak referans verileri manuel olarak tanımlanmıştır. Daha sonra 3 yöntem de oluşturulan algoritmalar ile Şekil 7'de harita detaylarında gösterildiği gibi manuel işaretlenen yabancı ot referans verileri tespit edilip özellikleri çıkartılmış ve sınıflandırılmıştır.

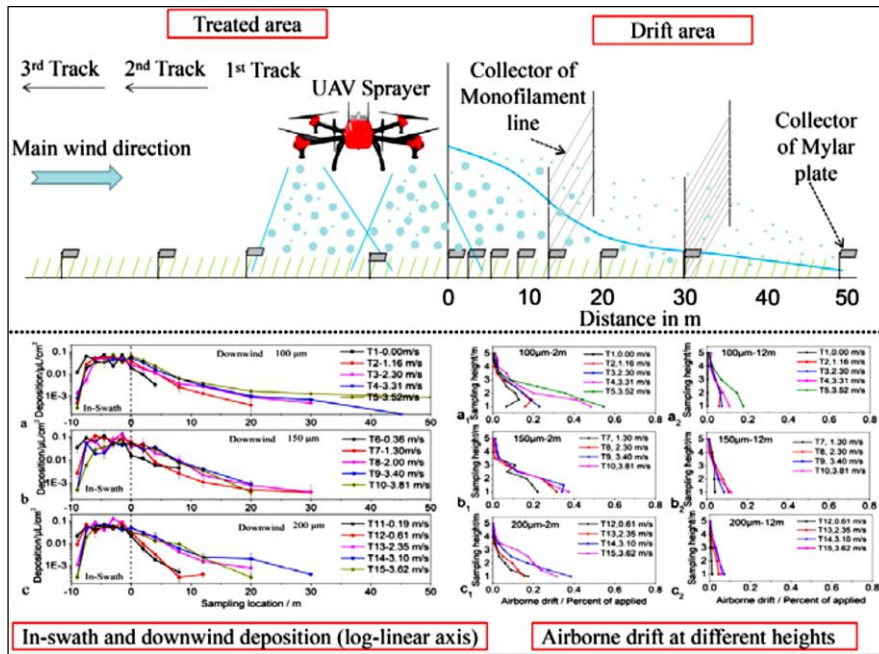
Tarımsal İlaçlama

Tarımda drone'un kullanıldığı en yaygın uygulama tarımsal ilaçlamadır. Günümüzde geliştirilen ilaçlama drone'ları ve yapılan tarımsal ilaçlama uygulamalarında önemli bazı eksikliklerin olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle aşağıda belirtilen konuların ilaçlama drone'u geliştirilmesinde ve sahadaki ilaçlama uygulamalarının başarılı ve etkin yapılabilmesi için dikkate alınmasının gerekli olduğu düşünülmektedir:

- İlaçlama için bilinmesi gereken temel kural, hastalık, zararlı ve yabancı otların mücadelede ilaçlama yapılan yüzeye etkili dozlarda ilacın temas etmesinin sağlanmasıdır. Bu nedenle başta ilaç damlacık çapı olmak üzere ilaç normu, damla çapı, damla sıklığı, damla değme açısı ve kaplama oranı önemlidir,
- Gerekli miktarda ilacın uygulanabilmesi için meme sayısı, meme tipi, püskürtme deseni (içi boş konik, içi dolu konik ve düz yelpaze hüzmeli), meme aralıkları, meme eğim açısı, hüzmeye açısı, çalışma basıncı ve ilaçlama sırasındaki meme yüksekliğinin uygun olması sağlanmalıdır,

- İlaçlama dağılım düzgünlüğünün homojen yapılması ve ilaçlama dozlarının ilaçlama boyunca sabit kalması sağlanmalıdır,
- İlaçlama zamanı, atmosferik koşullar ve ilerleme hızı ilaçlama başarısı için önemlidir. Bu nedenle rüzgârsız havada ve günün serin saatleri olan sabah erken saatlerde veya öğleden sonra akşama doğru yapılmalıdır. İlaçlamaya başlamadan önce uygun ilaçlama hızı belirlenmelidir.

Wang vd. (2020) tarımsal ilaçlamada küçük ve çok küçük çaplı damlacıklar kullanan düşük hacimli İHA uygulamaları kullanım kolaylığı ve yüksek verimli çalışmasından dolayı yaygın kullanılmaya başlandığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, İHA uygulamalarıyla ilaçlama sırasında ilaç sürüklenmesi olup olmadığının belirlenmesi ve gerçek tarla koşullarında farklı rüzgar hızlarına maruz kalan santrifüj memelerle donatılmış ticari bir kuadkopter'den 100, 150 ve 200 μm 'lik üç farklı hacim medyan çapının sürüklenme potansiyelini karşılaştırmak için bir çalışma yapmışlardır (Şekil 9). Çalışma sonucunda, sürüklenme miktarının rüzgar hızının artması ve medyan çapının azalmasıyla arttığı, tarla testlerinde 12 m rüzgar yönündeki sürüklenmenin kaplaması, ot namlusu bölgesi içindeki ortalama kaplama ile karşılaştırıldığında bir miktar azaldığının bulunduğu, 50 m rüzgar yönüne doğru neredeyse tüm ilaçların sürüklenme kaplaması, 0.0002 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ 'lik algılama sınırlarından daha düşük bulunduğunu bildirilmiştir.

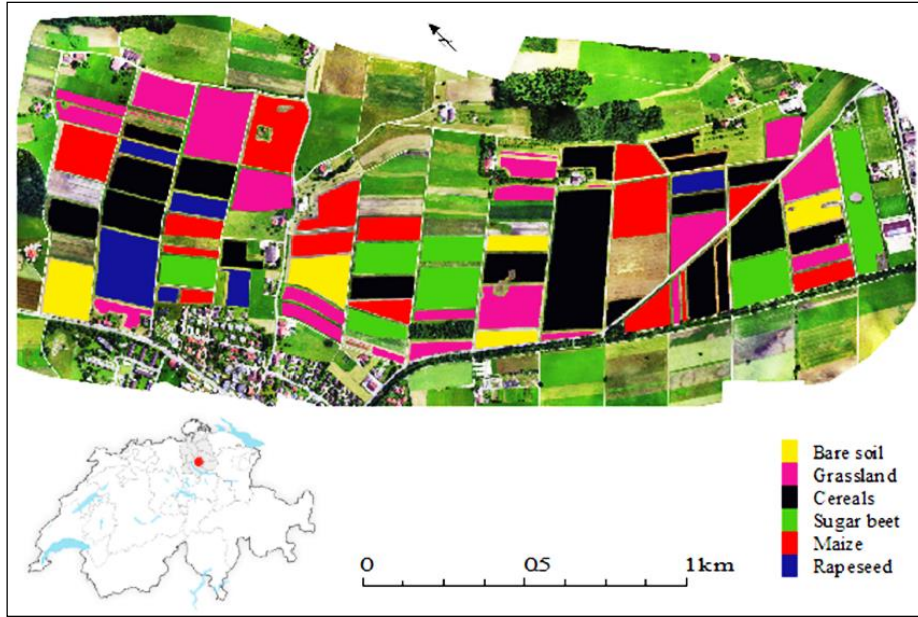


Şekil 9. İHA ile Tarımsal İlaçlamada Sürüklenmenin Belirlenmesi Çalışmasının Sonuçları (Wang vd., 2020)

İnan ve Karcı (2021), yaptıkları çalışmada drone ile tarımda ağaç ilaçlama üzerine yeni bir yöntemin geliştirilmesini ve uygulanmasını amaçlamışlardır. Önerilen yöntemde drone'dan alınan görüntüler Python ortamına aktarılarak OpenCV Kütüphanesi yardımıyla Warp Perspective işlemi uygulanmıştır. Bu işlemin sonunda perspektif görüntüler elde edilmiştir. Bu görüntüler üst üste bindirilerek ResNet 50 evrişimli sinir ağına (CNN) sahip DeepForest kütüphanesi yardımıyla ağaçların tespiti sağlanmıştır. Elde edilen ağaç skorlarına göre ağaçların bulunduğu yerler dikdörtgen bir alan içine alınarak orta nokta tespitleri yapılmıştır. Orta noktaları tespit edilmiş ağaçlara bir isimlendirme verilerek, ağaçların birbirlerine göre komşulukları tespit edilmiştir. Tespit edilen komşuluklara göre bu ağaçların kapsama ağacı (spanning tree) oluşturularak algoritmaya parametre olarak verilip ağacın (Kmax) baskınlık değerleri tespit edilmiştir. Bu baskınlık değerine göre optimum bir rota planlaması çıkarılarak drone'a hangi ağaçtan başlayıp, sırasıyla hangi ağaçlar üzerinden gezinti yapılacağına karar vermesi sağlanmıştır.

Bitkilerin Sınıflandırılması

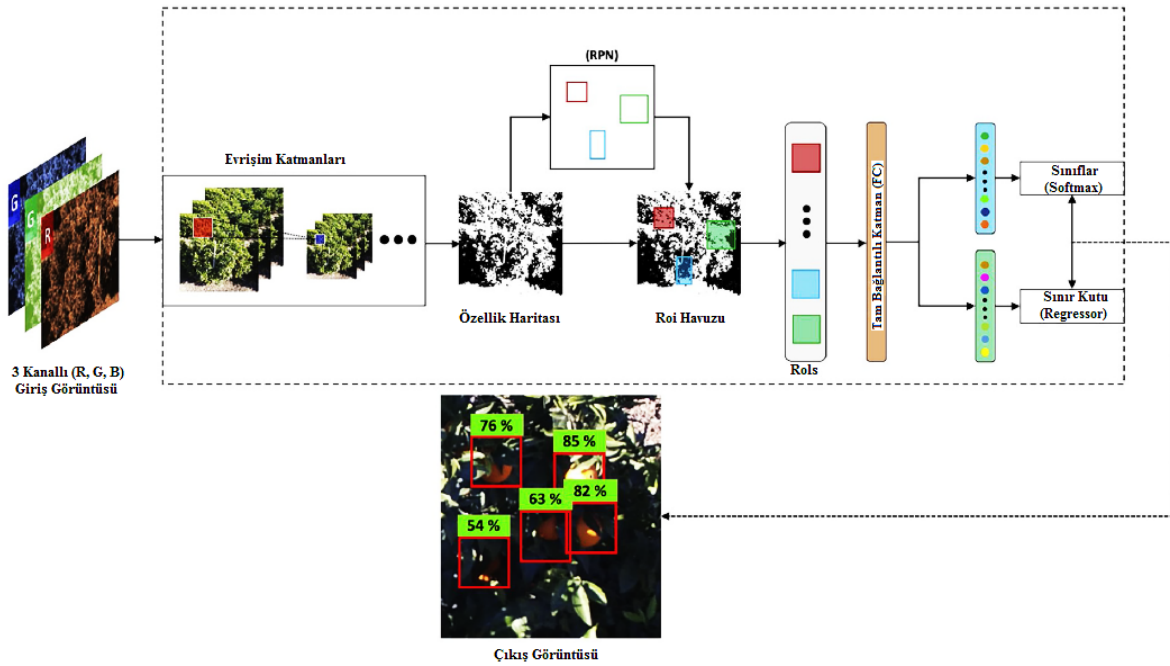
Böhler vd. (2020), İHA kullanılarak elde edilen yakın kızılötesi (NIR) Kırmızı Yeşil Mavi (NIR-RGB) bant veri setlerinden elde edilen spektral ve dokusal özellikleri ve Airborne Prism Experiment (APEX) tarafından edinilen 2 m uzamsal çözünürlüğe sahip 399 nm ile 2431 nm arasında 173 spektral bant kullanılan bir görüntüleme spektroskopisi (IS) veri seti içeren bir çalışma yapmışlardır (Şekil 10). Çalışmada bitkilerin ayırt edilebilmesi için bu veri kümelerinin hem tek başına hem de kombinasyonun kullanıldığı, rastgele orman temelli bir yöntem ile analiz edildiği ve özellik faktör yüklemesine dayalı farklı bant azaltma yöntemlerinin analiz edildiği bildirilmiştir. Çalışma sonunda en doğru bitki ayırma sonuçlarının, hem IS veri kümesi hem de iki birleştirilmiş veri kümesi kullanılarak, %92'lik bir ortalama doğruluk ile elde edildiği, IS özellikleri sayısının (yani dalga boylarının) azalması durumunda, doğruluğun ek NIR-RGB doku özellikleri kullanıldığında %90 olduğu sonucunun elde edildiği rapor edilmiştir.



Şekil 10. İHA'ya Takılan RGB Kamera ve IS ile Elde Edilen Veri Setlerinin Üst Üste Bindirilmesi ile Bitkileri Sınıflandırıldığı Çalışma Alanı (Böhler vd., 2020)

Meyve Verim Tahmini

Apolo-Apolo vd. (2020) tarafından portakal veriminin tahmini için yapılan çalışmada, derin öğrenme tekniklerini kullanarak ağaçlardaki meyvelerin boyutunun tespit edilmesi, sayılması ve tahmin edilmesi için otomatik bir görüntü işleme metodolojisi geliştirilmiştir. Bu amaçla bir turuncgil bahçesinden rastgele seçilen beşerli gruplar halinde toplam 20 ağaçtan drone ile görüntüler alınmıştır. Hasattan iki hafta önce drone düşük irtifada ağaç sıraları arasında uçurularak sol ve sağ taraftan birer tane olmak üzere ağaç başına iki fotoğraf çekilmiştir. Araştırmacılar elde edilen görüntülerdeki portakalları algılamak için Faster R-CNN modelini eğitmişlerdir. Şekil 11'de meyve verim tahminde kullandıkları Faster R-CNN mimarisi gösterilmiştir. Çalışma sonucunda görsel sayım ile modelin meyve tespiti arasında ortalama %6.59 standart hata (SE) elde edildiğini ve eğitilmiş modelin F1-puanı (F1) %89'dan daha büyük değer sergileyerek yüksek düzeyde doğrulukla tahmin ettiği bildirilmiştir.

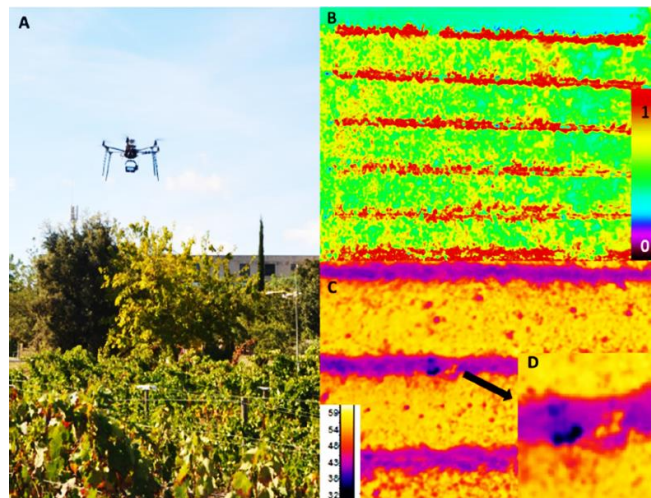


Şekil 11. Faster R-CNN Mimarisi (Apolo-Apolo vd., 2020)

Şekil 11’de gösterilen mimari modelde ilk olarak bir portakal ağacının RGB görüntüsü sisteme girilmektedir. Daha sonra Faster R-CNN, bir CNN kullanılarak görüntüden özellik haritaları çıkarılmakta ve ardından bu haritaların, nesne önerilerinin döndürüldüğü bir bölge teklif ağı (RPN) üzerinden geçirilmektedir. Son olarak haritalar sınıflandırılmakta ve portakalları çevreleyen sınırlayıcı kutular ile tahmin gerçekleştirilmektedir.

Su Stresi Yönetimi

Gago vd. (2015) tarafından bağ alanlarında su stresi yönetimi için yapılan çalışmada, drone ile bir bağdan NDVI, TCARI/OSAVI (Normalleştirilmiş Yansıma İndeksinde Dönüştürülmüş Klorofil Absorpsiyonu/Optimize Edilmiş Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi) ve PRInorm (Fotokimyasal Yansıma İndeksi) gibi çeşitli yansıtma indeksleri elde edilmiştir. Bu yansıtma indekslerin su potansiyeli ve stoma iletkenliği gibi su stresi göstergeleriyle ilgili pozitif korelasyonlar gösterdiği bildirilmiştir. Araştırmacılar kuraklığın stomaların kapanmasını teşvik ettiğini bu yüzden bitkinin terlemesi ve buharlaşmayla da soğuması azalırken yaprak sıcaklığının arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca bu gibi durumlarda su stresini tespit etmek için termal görüntülerden faydalanılabileceğini raporlamışlardır. Şekil 12’de çalışmada kullandıkları NDVI ve termal görüntü kalibrasyonu ile su stresinin belirlenmesi gösterilmiştir.

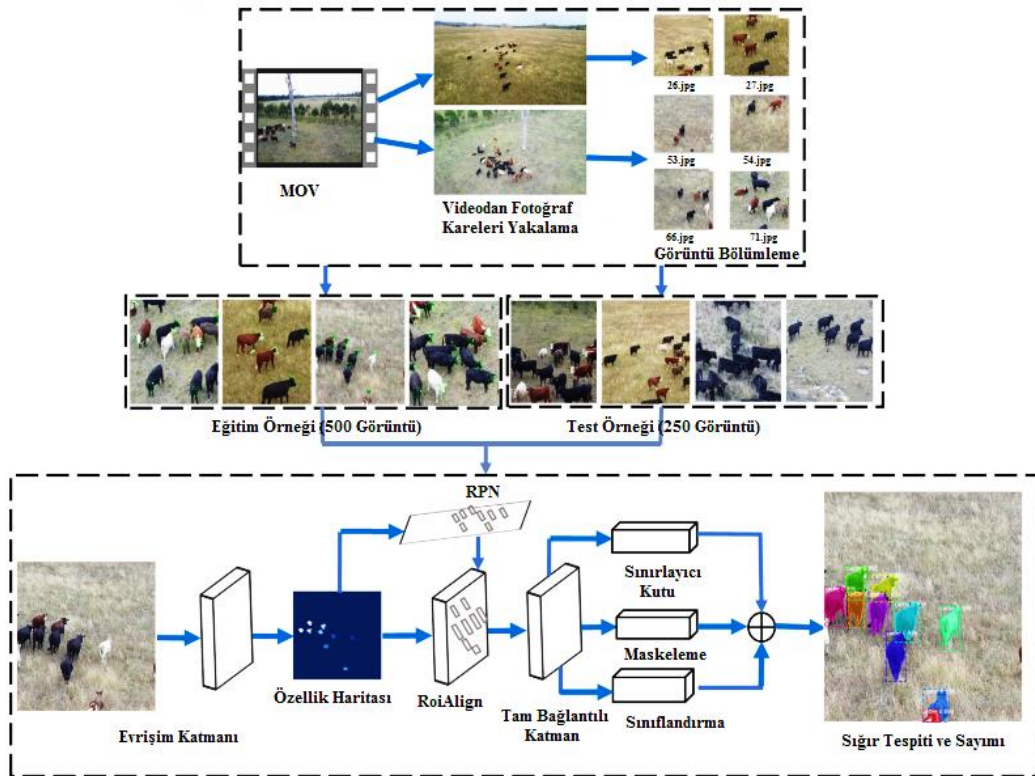


Şekil 12. Su Stresinin Belirlenmesi (Gago vd., 2015)

Şekil 12 A'da çalışmada kullanılan drone ve bağ alanından bir görüntü ve Şekil 12 B'de ise NDVI kamera ile alınan renkli mozaik görüntü verilmiştir. Şekil 12 B'de gösterilen kırmızı renkler sıralar ve sarı renkler sıra aralarıdır. Şekil 12 C'de termal kamera kalibrasyonu sonucu elde edilen termal görüntü kompozisyonu, Şekil 12 D'de ise parlak ve koyu renklerde görülebilen kuru ve ıslak yaprak referanslarının detayı gösterilmektedir.

Sürü Yönetimi

Xu vd. (2020) yaptıkları çalışmada, bir kuadkopter kullanarak çiftlik hayvanlarının tespit edilmesi ve sayılması için Mask R-CNN uygulaması kullanmışlardır. Çalışmada, veri setlerinin oluşturulması için kullanım kolaylığı göz önünde bulundurularak sığırların açık alanda videoları çekilmiş ve MOV formatında kaydedilmiştir. Videolardan fotoğraf kareleri yakalanarak çok sayıda görüntü elde etmişlerdir. Daha sonra derin öğrenme modeli olan Mask R-CNN uygulamasıyla görüntüleri işlemişlerdir. Sığır bulma ve sayma algoritmasının yapısı Şekil 13'te gösterilmektedir.



Şekil 13. Sığır Bulma ve Sayma Algoritmasının Yapısı (Xu vd., 2020)

Şekil 13'te gösterilen mimari incelendiğinde, 500 görüntü eğitim aşamasında kullanılarak sisteme öğretilmiştir. Araştırmacılar, sistemi 250 görüntü ile test ederek başarı performansını belirlemişlerdir. Deneysel sonuçların meralardaki sığırları saymada %94 ve besi alanlarında %92 doğruluk gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu sonuçlar doğrultusunda Mask R-CNN'nin bir kuadkopter kullanarak çiftlik hayvanlarını tespit etme ve sayma yöntemi olarak gerçek yetiştiricilik ortamlarında kullanılabileceğini raporlamışlardır.

Tarımda Drone Kullanımının Geleceği ve Sonuç

Son yıllarda drone'ların popüler olması ve tarımda kullanılmalarının artması, tarım dışı farklı disiplinlerden olanların da ilgisini çekmektedir. Tarımsal uygulamalar hakkında bazı teknik bilgilerin yetersiz olması, drone'un tarımda kullanımı ile ilgili bazı yanlış bilgilerin ortaya çıkmasına veya efektif olmayan kullanımların olmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle drone ile etkin tarımsal uygulamaların yapılabilmesi için tarımsal teknik alt yapı hakkında da bilgi sahibi olunmalıdır. Ayrıca drone geliştirilmesi ve saha uygulamalarının yapılması konusunda yerli olarak teknoloji üretme ve servis hizmeti sunma

düzeğimiz henüz istenen seviyede değildir. Ancak bu alanda ulusal ve uluslararası pazarda yüksek satış potansiyeli bulunmaktadır. Bu amaçla özellikle genç girişimciler ve araştırmacıların ar-ge projeleri ve markalaşma yatırımları teşvik edilerek desteklenmelidir. Günümüzde artan teknik imkanlar ve drone tasarımı için gerekli donanımların çeşitliliği ile bu donanımlara olan kolay ulaşım drone'ların daha da gelişmesini ve popülerliğinin sürmesini sağlamaktadır. Ayrıca drone'lara olan ilginin ve talebin artması piyasaya yeni marka ve modellerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Böylece tarımsal alanda yeni bir pazar fırsatı ve altyapısı oluşmaktadır.

Çok yakın bir gelecekte 5G teknolojisinin devreye girmesiyle tüm kırsal alanlar dâhil her yerde internete ulaşım olacaktır. Öte yandan otonom ve akıllı özellikte drone'lar, robotlar ve akıllı makineler konusunda da önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Drone'lar, robotlar ve diğer akıllı makineler birbirleriyle gerçek zamanlı iletişim kurabilecek ve görevlerini koordinasyon, iş birliği veya dayanışma içinde birlikte gerçekleştirebileceklerdir. Bu sayede gerçek zamanlı iletişim ile dronelar, robotlar ve akıllı makineler birbirlerinin nerede olduğunu ve ne yaptıklarını bilerek birlikte çalışmaları mümkün olacaktır. Ayrıca görüntü işleme, makine öğrenmesi, derin öğrenme ve yapay zekâ tekniklerinde görülen artan iş yapma kapasiteleri tarımda gelişmiş uzman sistemlerin geliştirilmesini sağlamaktadır. Uzman sistemler ile çeşitli tarımsal uygulamalar insan müdahalesi olmadan otomatik olarak gerçekleştirilebilmektedir. Bütün bu gelişmelerin sonucunda gelecekte örneğin bitki hastalıklarının tespiti tarlada veya bahçede otonom olarak dolaşacak drone'lar ve robotlardan elde edilen görüntülerin gerçek zamanlı değerlendirilmesiyle yapılacak ve ardından uzman sistem ilaçlama drone'ları veya robotları veya akıllı makineleri belirlenen alanlara ilaçlama için gönderecektir. Bu öngörüler hayal değildir ve bazı uygulamalar kısmen gerçekleşmiştir.

Yazar Katkısı

Yapılan bu çalışmanın başlangıcından sonuna kadar olan tüm süreçte yazarlar birlikte yazdı, okudu ve onayladı.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

ORCID

Mehmet Metin Özgüven  <https://orcid.org/0000-0002-6421-4804>

Ziya Altaş  <https://orcid.org/0000-0001-9900-0606>

Derya Güven  <https://orcid.org/0000-0001-5363-5366>

Arif Çam  <https://orcid.org/0000-0002-8067-0826>

Kaynaklar

Allred, B., Martinez, L., Fessehazion, M. K., Rouse, G., Williamson, T. N., Wishart, D., Koganti, T., Freeland, R., Eash, N., Batschelet, A. ve Featheringill, R. (2020). Overall results and key findings on the use of uav visible-color, multispectral, and thermal infrared imagery to map agricultural drainage pipes. *Agricultural Water Management*, 232, 106036. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106036>

Altas, Z., Ozguven, M. M. ve Yanar, Y. (2018). Determination of sugar beet leaf spot disease level (*Cercospora beticola* sacc.) with image processing technique by using drone. *Current Investigations In Agriculture and Current Research*, 5(3), 621-631. <https://doi.org/10.32474/CIACR.2018.05.000214>

- Altaş, Z., Özgüven, M. M. ve Yanar, Y. (2019, Nisan, 24-27). *Bitki hastalık ve zararlı düzeylerinin belirlenmesinde görüntü işleme tekniklerinin kullanımı: Şeker pancarı yaprak leke hastalığı örneği* [Sözlü sunum]. International Erciyes Agriculture Animal & Food Sciences Conference, Kayseri, Türkiye.
- Andrew, W., Greatwood, C. ve Burghardt, T. (2020). Fusing animal biometrics with autonomous robotics: Drone-based search and individual id of friesian cattle. *Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV) Workshops*, 38-43. https://openaccess.thecvf.com/content_WACVW_2020/papers/w2/Andrew_Fusing_Animal_Biometrics_with_Autonomous_Robotics_Drone-based_Search_and_Individual_WACVW_2020_paper.pdf
- Apolo-Apolo, O. E., Martínez-Guanter, J., Egea, G., Raja, P. ve Pérez-Ruiz M. (2020). Deep learning techniques for estimation of the yield and size of citrus fruits using a UAV. *European Journal of Agronomy*, 115, 126030. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126030>
- Babu, S. J., Shyam, M., Sivakumar, A., Vignesh, R. S. ve Yogapriya J. (2020). Ergonomic heavy-lift pesticide dispeller drone instilled with an intelligent atomizer to achieve optimal spray and improved pest control. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 7 (4). https://www.ejmcm.com/article_1825_555a87f707d98b4aa087cc961699a2a2.pdf
- Behmann, J., Acebron, K., Emin, D., Bennertz, S., Matsubara, S., Matsubara, S., Bohnenkamp, D., Kuska, M. T., Jussila, J., Salo, H., Mahlein, A. ve Rascher, U. (2018). Specim iq: Evaluation of a new, miniaturized handheld hyperspectral camera and its application for plant phenotyping and disease detection. *Sensors* 18, 441. <https://doi.org/10.3390/s18020441>
- Böhler, J. E., Schaepman, M. E. ve Kneubühler, M. (2020). Crop separability from individual and combined airborne imaging spectroscopy and uav multispectral data. *Remote Sensing*, 12(8), 1256. <https://doi.org/10.3390/rs12081256>
- Buters, T. M., Belton, D. ve Cross, A. T. (2019). Multi-sensor uav tracking of individual seedlings and seedling communities at millimetre accuracy. *Drones*, 3 (4), 81. <https://doi.org/10.3390/drones3040081>
- Chen, C. J., Huang, Y. Y., Lu, Y. S., Chen, Y. C., Chang, C. Y. ve Huang, Y.M. (2021). Identification of fruit tree pests with deep learning on embedded drone to achieve accurate pesticide spraying. *IEEE Access*, 9, 21986 - 21997. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3056082>
- Çetinsoy, E., Sırımoğlu, E., Öner, K. T., Ayken, T., Hançer, C., Ünel, M., Akşit, M. F., Kandemir, İ. ve Gülez, K. (2009). Yeni bir insansız hava aracının (suavi) prototip üretimi ve algılayıcı-eyleyici entegrasyonu. *Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı 2009 (TOK'09)*, İstanbul, Türkiye. <https://research.sabanciuniv.edu/id/eprint/12663/1/88.pdf>
- Dantas, R. A. S., Neto, M. V. G., Zyrianoff, I. D. ve Kamienski, C. A. (2020). The swamp farmer app for IoT-based smart water status monitoring and irrigation control. *2020 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor)*, 20258013. <https://doi.org/10.1109/MetroAgriFor50201.2020.9277588>
- D'Odorico, P., Besik, A., Wong, C. Y. S., Isabel, N. ve Ensminger, I. (2020). High-throughput drone-based remote sensing reliably tracks phenology in thousands of conifer seedlings. *New Phytologist* 226, 1667–1681. <https://doi.org/10.1111/nph.16488>
- Etigowni, S., Hossain-McKenzie, S., Kazerooni, M., Davis, K. Ve Zonouz, S. (2018). Crystal (ball): I look at physics and predict control flow! just-ahead-of-time controller recovery. *Proceedings of the 34th Annual Computer Security Applications Conference*, 553–565. <https://doi.org/10.1145/3274694.3274724>

- Fawcett, D., Bennie, J. ve Anderson, K. (2020). Monitoring spring phenology of individual tree crowns using drone-acquired ndvi data. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 7(2), 227-244. <https://doi.org/10.1002/rse2.184>
- Gago, J., Douthe, C., Coopman, R. E., Gallego, P. P., Ribas-Carbo, M., Flexas, J., Escalona, J. ve Medrano, H. (2015). UAVs challenge to assess water stress for sustainable agriculture. *Agricultural Water Management*, 153, 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.01.020>
- Garre, P. ve Harish, A. (2018). Autonomous agricultural pesticide spraying uav. *Materials Science and Engineering*, 455, 012030. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/455/1/012030>
- Gašparović, M., Zrinjski, M., Barković, D. ve Radočaj, D. (2020). An automatic method for weed mapping in oat fields based on uav imagery. *Computers and Electronics in Agriculture* 173,105385. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105385>
- İnan, M. ve Karcı, A. (2021). Tarımda ağaç ilaçlamanın drone'larla yapılmasında yeni bir yöntemin geliştirilmesi ve uygulanması. *Computer Science*, 6(2), 72-89. <https://dergipark.org.tr/en/pub/bbd/issue/62530/928229>
- Jensen, J. R. (2006). *Remote sensing of environment: An earth resource perspective*. Pearson.
- Jin, H., Köppl, C. J., Fischer, B. M. C., Rojas-Conejo, J., Johnson, M. S., Morillas, L., Lyon, S. W., Durán-Quesada, A. M., Suárez-Serrano, A., Manzoni, S. ve Garcia, M. (2021). Drone-based hyperspectral and thermal imagery for quantifying upland rice productivity and water use efficiency after biochar application. *Remote Sensing*, 13(20), 1866. <https://doi.org/10.3390/rs13101866>
- Kerkech, M., Hafiane, A. ve Canals, R. (2020). Vine disease detection in uav multispectral images using optimized image registration and deep learning segmentation approach. *Computers and Electronics in Agriculture*, 174, 105446. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105446>
- Kılıçoğlu, A. ve Şengün, Y. S. (2007). İnterferometrik yapay açıklıklı radar tekniğinin jeodezide kullanılması. *Harita Dergisi*, 72(133), 53-62. <https://www.acarindex.com/harita-dergisi/interferometrik-yapay-aciklikli-radar-tekniginin-jeodezide-kullanilmasi-239529>
- Kitpo, N. ve Inoue, M. (2018). Early rice disease detection and position mapping system using drone and iot architecture. *2018 12th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC)*, 18888153. <https://doi.org/10.1109/SEATUC.2018.8788863>
- Li, X. ve Xing, L. (2019). Reactive deployment of autonomous drones for livestock monitoring based on density-based clustering. *2019 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO)*, 19283603. <https://doi.org/10.1109/ROBIO49542.2019.8961763>
- Li, H., Li, G., Ye, Y. ve Lin, L. (2021). A high-efficiency acquisition method of led-multispectral images based on frequency-division modulation and rgb camera. *Optics Communications*, 480, 126492. <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2020.126492>
- Lopez, J. J. ve Pázmány, M. M. (2019). Drones for conservation in protected areas: Present and future. *Drones*, 3(1), 10. <https://doi.org/10.3390/drones3010010>
- Maimaitijiang, M., Sagan, V., Sidike, P., Daloye, A. M., Erkbol, H. ve Fritschi, F. B. (2020). Crop monitoring using satellite/uav data fusion and machine learning. *Remote Sensing*, 12, 1357. <https://doi.org/10.3390/rs12091357>
- Maddikunta, P. K. R., Hakak, S., Alazab, M., Member. S., Bhattacharya, S., Gadekallu, T. R., Khan, W. Z. ve Pham, Q. (2021). Unmanned aerial vehicles in smart agriculture: Applications, requirements, and challenges. *IEEE Sensors Journal*, 21(16), 17608-17619. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2021.3049471>
- Matsuura, Y., Heming, Z., Kawai, S. ve Nobuhara, H. (2020). High-precision/throughput growth measurement of crops by drone with stereo matching based on rtk-gnss and single camera. 2020

- IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), 20300745. <https://doi.org/10.1109/GCCE50665.2020.9292033>
- Mattivi, P., Pappalardo, S. E., Nikolic, N., Mandolesi, L., Persichetti, A., Marchi, M. D. ve Masin, R. (2021). Can commercial low-cost drones and open-source gis technologies be suitable for semi-automatic weed mapping for smart farming? A case study in ne Italy. *Remote Sensing*, 13(10), 1869 <https://doi.org/10.3390/rs13101869>
- Meivel, S., Maguteeswaran, R., Gandhiraj, N. ve Srinivasan, G. (2016). Quadcopter uav based fertilizer and pesticide spraying system. *International Academic Research Journal of Engineering Sciences*. 1(1),8-12. <http://acrpub.com/article/publishedarticles/24102016IARJES343.pdf>
- Messina, G. ve Modica, G. (2020). Applications of uav thermal imagery in precision agriculture: state of the art and future research outlook. *Remote Sensing*, 12, 1491. <https://doi.org/10.3390/rs12091491>
- Mihalache, D. B., Vanghele, N. A., Petre A.A. ve Matache, A. (2021). The use of drones in modern agriculture. *Annals of the University of Craiova-Agriculture, Montanology, Cadastre Series*, 50 (2), 349-354. <https://anale.agro-craiova.ro/index.php/aamc/article/view/1133/1065>
- Milics, G. (2019). Application of uavs in precision agriculture. Palocz-Andresen, M., Szalay, D., Gosztom, A., Sípos, L., Taligás, T. (Ed.) *International Climate Protection* (s. 93-97) içinde. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03816-8_13
- Moreira, L., Castro, F., Góes, J. A., Bins, L., Teruel, B., Fracarolli, J., Castro, V., Alcântara, M., Oré G, Luebeck, D., Oliveira, L. P., Gabrielli, L. ve Hernandez-Figueroa, H. E. (2019). A drone-borne multiband dınsar: results and applications. *2019 IEEE Radar Conference (RadarConf)*. 1,6. <https://doi.org/10.1109/RADAR.2019.8835653>
- Neumann, C., Behling, R., Schindhelm, A., Itzerott, S., Weiss, G., Wichmann, M. ve Muller, J. (2020). The colors of heath flowering-quantifying spatial patterns of phenology in calluna life-cycle phases using high-resolution drone imagery. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 6(1), 35–51. <https://doi.org/10.1002/rse2.121>
- Ore, G., Alcântara, M. S., Góes, J. A., Oliveira, L. P., Yepes, J., Teruel, B., Castro, V., Bins, L. S., Castro, F., Luebeck, D., Moreira, L. F., Gabrielli, L. H. ve Hernandez-Figueroa, H. E. (2020). Crop growth monitoring with drone-borne dınsar. *Remote Sensing*, 12, 615. <https://doi.org/10.3390/rs12040615>
- Ozguven, M. M. (2018). The newest agricultural technologies. *Current Investigations in Agriculture and Current Research*, 5(1), 573-580. <https://doi.org/10.32474/CIACR.2018.05.000201>
- Özgüven, M. M. (2018). *Hassas tarım*. Akfon Yayınları.
- Özgüven, M. M. (2020). Tarımda dijital dönüşüm ve akıllı makineler. *Yeni Türkiye Dergisi*, Tarım Politikaları Özel Sayısı, 114(2), 105-132
- Özgüven, M. M., Türker, U., Akdemir, B., Çolak, A., Acar, A. İ., Öztürk, R. ve Eminoğlu, M. B. (2020). Tarımda dijital çağ. *Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi*, 55-74. http://www.sonerkazaz.com/wp-content/uploads/1_Dunyada-ve-Turkiyede-Sus-Bitkileri-Sektoru-2020.pdf
- Özgüven, M. M. ve Közkurt, C. (2021, Şubat, 22-25). Agricultural robots and smart agricultural machinery. *International Symposium of Scientific Research and Innovative Studies* [Sözlü sunum]. Bandırma, Türkiye.
- Parra, L., Marin, J., Yousfi, S., Rincón, G., Mauri, P. V. ve Lloret, J. (2020). Edge detection for weed recognition in lawns. *Computers and Electronics in Agriculture*, 176, 105684. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105684>

- Reza, M. N., Na, I. S., Baek, S.W. ve Lee, K. H. (2019). Rice yield estimation based on k-means clustering with graph-cut segmentation using low-altitude uav images. *Biosystems engineering* 177, 109-121. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.09.014>
- Sarwar, F., Griffin, A., Periasamy, P., Portas, K. ve Law, J. (2018). Detecting and counting sheep with a convolutional neural network. *2018 15th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS)*. 1-6, 18455885. <https://doi.org/10.1109/AVSS.2018.8639306>
- Sebbane, Y. B. (2018). *Intelligent autonomy of uavs, advanced missions and future use*. CRC Press Taylor & Francis Group.
- Singh, N. ve Singh, A. N. (2020). Odysseys of agriculture sensors: Current challenges and forthcoming prospects. *Computers and Electronics in Agriculture*, 171, 105328, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105328>
- Skacev, H., Micovic, A., Gutic, B., Dotilic, D., Vesic, A., Ignjatovic, V., Lakicevic, S., Jakovljevic, M. M. ve Zivkovic, M. (2020). On the development of the automatic weed detection tool. *IEEE Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC)*. 123-126. <https://doi.org/10.1109/ZINC50678.2020.9161802>
- Stavrakoudis, D., Katsantonis, D., Kadoglidou, K., Kalaitzidis, A. ve Gitas, I. Z. (2019). Estimating rice agronomic traits using drone-collected multispectral imagery. *Remote Sensing*, 11, 545. <https://doi.org/10.3390/rs11050545>
- Su, J., Liu, C., Coombes, M., Hu, X., Wang, C., Xu, X., Li, Q., Guo, L. ve Chen, W, H. (2018). Wheat yellow rust monitoring by learning from multispectral uav aerial imagery. *Computers and Electronics in Agriculture* 155, 157–166. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.10.017>
- Syifa, M., Park, S. J. ve Lee, C. W. (2020). Detection of the pine wilt disease tree candidates for drone remote sensing using artificial intelligence techniques. *Engineering*, 6(8), 919–926. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2020.07.001>
- Tan, M., Özgüven, M. M. ve Tarhan, S. (2015, Eylül,2-5). Drone sistemlerin hassas tarımda kullanımı. *29. Tarımsal Mekanizasyon Kongresi ve Enerji Kongresi [Sözlü Sunum]*, Diyarbakır, Türkiye.
- Tao, H., Feng, H., Xu, L., Miao, M., Yang, G., Yang, X. ve Fan, L. (2020). Estimation of the yield and plant height of winter wheat using uav-based hyperspectral images. *Sensors*, 20, 1231. <https://doi.org/10.3390/s20041231>
- Turgut, M. N. (2011). Dört rotorlu insansız hava aracının modellenmesi ve simülasyonu. [Yüksek Lisans Tezi]. Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Um, J. S. (2019). *Drones as cyber-physical systems*. Springer Nature.
- Uygun, T., Özgüven, M. M. ve Altaş, Z. (2019, Nisan, 24-27). Lidar (Light detection and ranging) sensörlerin tarımda kullanımı. *International Erciyes Agriculture, Animal & Food Sciences Conference [Sözlü sunum]*. Kayseri, Türkiye.
- Vayssade, J. A., Arquet, R. ve Bonneau, M. (2019). Automatic activity tracking of goats using drone camera. *Computers and Electronics in Agriculture*, 162, 767–772. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.05.021>
- Wang, G., Han, Y., Li, X., Andaloro, J., Chen, P., Hoffmann, W., Han, X., Chen, S. ve Lan, Y. (2020). Field evaluation of spray drift and environmental impact using an agricultural unmanned aerial vehicle (uav) sprayer. *Science of the Total Environment*, 737, 139793. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139793>
- Xu, B., Wang, W., Falzon, G., Kwan, P., Guo, L., Chen, G., Teit, A. ve Schneider, D. (2020). Automated cattle counting using mask r-cnn in quadcopter vision system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 171, 105300. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105300>

- Yallappa, D., Veerangouda, M., Maski, D., Palled, V. ve Bheemanna, M. (2017). Development and evaluation of drone mounted sprayer for pesticide applications to crops. *2017 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, 1-7. <https://doi.org/10.1109/GHTC.2017.8239330>
- Zhang, L., Zhang, H., Niu, Y. ve Han, W. (2019). Mapping maizewater stress- based on uav multispectral remote sensing. *Remote Sensing*, 11, 605. <https://doi.org/10.3390/rs11060605>



ORDU ÜNİVERSİTESİ
BİLİM ve TEKNOLOJİ
DERGİSİ

Ordu Üniversitesi Cumhuriyet Yerleşkesi
Cumhuriyet Mahallesi No:218 Müzik ve Sahne Sanatları
Fakültesi Binası 3. Kat Fen Bilimleri Enstitüsü 52200
Altınordu/ORDU

Tel: 0 452 226 52 00
Faks: 0 452 226 52 20

<http://btd.odu.edu.tr>
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ordubtd>