



ZİRAAT FAKÜLTESİ
Faculty of Agriculture

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ

Atatürk University
Journal of Agricultural Faculty

ISSN 1300-9036
E-ISSN 2651-5016

Yıl: 2021

Cilt: 52

Sayı: 2

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi - Erzurum
Mayıs – 2021

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ
Atatürk University Journal of Agricultural Faculty

Sahibi / Owner

Prof. Dr. Önder ÇALMAŞUR
Dekan / Dean
Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi/
Atatürk University, Agricultural Faculty

Baş Editör / Editor in Chief

Prof. Dr. Göksel TOZLU
Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü /
Atatürk University, Agricultural Faculty, Department of Plant Protection

Editörler Kurulu / Editorial Board

Prof. Dr. Bülent ÇETİN	Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Atatürk University, Agricultural Faculty, Department of Food Engineering
Prof. Dr. Erdoğan ÖZTÜRK	Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Atatürk University, Agricultural Faculty, Department of Field Crops
Prof. Dr. Saliha ÇORUH	Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü Atatürk University, Agricultural Faculty, Department of Plant Protection
Prof. Dr. Serdar BİLEN	Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Atatürk University, Agricultural Faculty, Department of Soil Science and Plant Nutrition
Doç. Dr. Cihat YILDIZ	Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Müh. Bölümü Atatürk University, Agricultural Faculty, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering
Doç. Dr. Melek EKİNCİ	Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Atatürk University, Agricultural Faculty, Department of Horticulture
Doç. Dr. Murat AYDIN	Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü Atatürk University, Agricultural Faculty, Department of Agricultural Biotechnology
Doç. Dr. Nuray DEMİR	Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü Atatürk University, Agricultural Faculty, Department of Agricultural Economics
Doç. Dr. Selda ÖRS	Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Atatürk University, Agricultural Faculty, Department of Agricultural Structures and Irrigation
Doç. Dr. Sinan KOPUZLU	Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü Atatürk University, Agricultural Faculty, Department of Animal Science

Danışma Kurulu / Advisory Board

Prof. Dr. Attila HEGEDÜS	Szent Istvan Üniversitesi, MACARİSTAN
Prof. Dr. Fikretin ŞAHİN	Yeditepe Üniversitesi, TÜRKİYE
Prof. Dr. Seyyed ABOLGHASEM MOHAMMADI	Tebriz Üniversitesi, İRAN
Dr. Giuseppe FABRIZIO TURRISI	Catania Üniversitesi, İTALYA
Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ	Atatürk Üniversitesi, TÜRKİYE
Dr. Donald L. SUAREZ	USDA-ARS Lab. ABD
Prof. Dr. Maria DATTENA	AGRIS, İTALYA
Prof. Dr. Sougata BARDHAN	Missouri Üniversitesi, ABD
Dr. Marcin KADEJ	Wroclaw Üniversitesi, POLONYA
Prof. Dr. Atilla DURSUN	Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi, KIRGIZİSTAN
Doç. Dr. Celeste WELTY	Ohio State Üniversitesi, ABD

Dizgi / Typesetting

Nevrettin SÜRMELİ

Yazışma Adresi / Correspondence Address

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Yayın
Koordinatörlüğü,
25240 Erzurum – TÜRKİYE

Atatürk University Journal of Agricultural Faculty
Publication Coordinator,
25240 Erzurum – TURKEY

e-mail: auzfdeditor@atauni.edu.tr

ZİRAAT FAKÜLTESİ
Faculty of Agriculture



ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ
Atatürk University Journal of Agricultural Faculty

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi yılda üç sayı olarak yayınlanan, süreli, açık erişim, uluslararası ve hakemli bilimsel bir dergidir.

Atatürk University Journal of Agricultural Faculty is a periodical, open access, international and peer-reviewed scientific journal published three times a year.

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi aşağıda sıralanan veri tabanlarında indekslenmektedir.

Atatürk University Journal of Agricultural Faculty are indexed in the databases listed below.

TÜBİTAK TR DİZİN / ULAKBİM (Yaşam Bilimleri)

CAB Abstracts, CABI Full Text

Clarivate Analytics-Zoological Record

INDEX COPERNICUS (ICV 2019: 70.78)

EBSCO

Crossref

SOBIAD

ASOS

BASE (Bielefeld Academic Search Engine)

DRJI (Directory of Research Journal Indexing)

Scilit

Google Scholar

I2OR

Worldcat

Dimensions

COSMOS (CIF 2019: 3.094)

SIS (Scientific Indexing Services)

OAIJ (Open Academic Journals Index)

MIAR (Information Matrix for the Analysis of Journals)

ESJI (Eurasian Scientific Journal Index)

Academic Resource Index (ResearchBib), ProQuest

SJIF (Scientific Journal Impact Factor)

(SJIF 2017: 6.506; 2018: 7.063; 2019: 7.986; 2020: 7.986; 2021: 8.4)

ZİRAAT FAKÜLTESİ
Faculty of Agriculture





ZİRAAT FAKÜLTESİ

Faculty of Agriculture

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ

Atatürk University Journal of Agricultural Faculty

52 (2) Nolu Sayıya İnceleme ve Değerlendirme Yönünden Bilimsel Katkıda Bulunanlar
(Scientific Advisory Board)*

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (AÜZFD), bu sayıda yer alan makalelere sağladıkları değerli katkılardan dolayı hakemlere teşekkür eder.

Atatürk University Journal of Agricultural Faculty (AUZFD) would like to thank the referees for their valuable contribution to the articles in this issue.

Prof. Dr. Aydın AKKAYA	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Kahramanmaraş
Prof. Dr. Bilal CEMEK	Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Samsun
Prof. Dr. Erdal ELKOCA	Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Meslek Yüksekokulu, Ağrı
Prof. Dr. Erkut PEKŞEN	Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Samsun
Prof. Dr. Esra ÇAPANOĞLU GÜVEN	İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fakültesi, İstanbul
Prof. Dr. İsmail GÜVENÇ	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Kahramanmaraş
Prof. Dr. Köksal YAĞDI	Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bursa
Prof. Dr. Murat YURTCAN	Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi, Edirne
Prof. Dr. Mustafa MİRİK	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tekirdağ
Prof. Dr. Şerafettin ÇELİK	Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Şanlıurfa
Prof. Dr. Yeşim AYSAN	Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Adana
Prof. Dr. Zeki BAYRAMOĞLU	Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Konya
Doç. Dr. Ali GÜNCAN	Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ordu
Doç. Dr. Caner KOÇ	Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ankara
Doç. Dr. Derya GÜLCEMAL	Ege Üniversitesi Fen Fakültesi, İzmir
Doç. Dr. Emel YILDIZ	Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Tekirdağ
Doç. Dr. Figen ÇUKUR	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Milas Meslek Yüksekokulu, Milas, Muğla
Doç. Dr. Hüseyin ÇİÇEK	Mehmet Akif Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Burdur
Doç. Dr. İlknur SOLMAZ	Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Adana
Doç. Dr. Mehmet SAĞIR	Selçuk Üniversitesi Turizm Fakültesi, Konya
Doç. Dr. Oğuz Ayhan KİREÇCİ	Bitlis Eren Üniversitesi Hizan Meslek Yüksekokulu, Bitlis
Doç. Dr. Ufuk TÜRKER	Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ankara
Dr. Öğr. Üyesi Numan BİLDİRİCİ	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Gevaş Meslek Yüksekokulu, Gevaş, Van
Dr. Damla ÖZSAYIN	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gökçeada Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Gökçeada, Çanakkale

*İsimler unvanlara göre alfabetik olarak sıralanmıştır.



Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Atatürk University Journal of Agricultural Faculty

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

ARAŞTIRMA MAKALELERİ / RESEARCH ARTICLES		Sayfa No/ Page Number
Yusuf ESMER* Yavuz GEZER	Tarımsal İşletmelerde Stratejik Analiz: Erzurum İli Örneği Strategic Analysis in Agricultural Enterprises: The Case of Erzurum Province	119-127
Muhammed Cemal TORAMAN* Ali BAYAT Medet İTMEC	Performance Evaluation of a Boomless Oscillating Field Sprayer at Different Spraying Pressures and Oscillating Rates Kolsuz Salınlımlı Tarla Pülverizatörünün Farklı Püskürtme Basınçlarında ve Salınım Hızlarında Performans Değerlendirmesi	128-138
Adem AKSOY* Haluk Çağlar KAYMAK	Ceviz Sektörü Rekabet Gücü Analizi; Yedi Lider Ülke Örneği Competitiveness Analysis of the Walnuts Sector: A Case of 7 Leader Countries	139-147
Ercan CEYHAN* Duran ŞİMŞEK	Kuru Fasulyede (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) Bazı Tarımsal Özelliklerin ve Kalıtlarının Çoklu Dizi Analiz Metoduyla Belirlenmesi Determination of Some Agricultural Characters and Their Heredity Through Line X Tester Method in Dry Bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	148-159
Selda ÖRS Ertan YILDIRIM Melek EKİNCİ* Metin TURAN Atilla DURSUN Üstün ŞAHİN	Monitoring Nutrient Uptake of Chard (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i> L.) Exposed to Exogenously Applied Nitric Oxide under Drought Stress Kuraklık Stresi Altında Dışarıdan Nitrik Oksit Uygulanan Pazıda (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i> L.) Besin Alımının İzlenmesi	160-166
Hasan ER Yasemin KUŞLU*	Design and Comparative Cost Analysis of Alternative Prefabricated Beef Cattle Barns with Conventional Barn Types Yaygın Barınak Türlerine Alternatif Olabilecek Prefabrik Barınakların Tasarımı ve Karşılaştırmalı Maliyet Analizi	167-175
Mustafa AKBABA* Hatice ÖZAKTAN	Kirazda <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> 'nin Biyolojik Kontrolünde Yararlı Bakterilerin Kullanımı Use of Beneficial Bacteria for Biocontrol of <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> on Cherry	176-189
Arash HOSSEİN POUR* Metin TOSUN Kamil HALİLOĞLU	Buğdayda (<i>Triticum aestivum</i> L.) Farklı Süre ve Dozlarda Uygulanan Etil Metansülfonat (EMS)'ın Çimlenme ve Fide ile İlgili Bazı Karakterler Üzerine Etkileri Effect of Ethyl Methanesulfonate Treatment at Different Duration and Concentration on Germination and Seedling Growth Characters in Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)	190-200
DERLEME / REVIEW		
Onur GÜNTAY* Hürsel ÇAY Burçin DURUSEL Yiğit TERZİ	Sentetik Piretroidlere Genel Bakış An Overview of Synthetic Pyrethroids	201-223
Halil İbrahim BİNİCİ* İhsan Güngör ŞAT Eyad AOUEH	Nutritional Composition and Health Benefits of Walnut and its Products Ceviz ve Ceviz Ürünlerinin Besinsel Bileşimi ve Sağlık Üzerine Etkileri	224-230

*Sorumlu yazar



Tarımsal İşletmelerde Stratejik Analiz: Erzurum İli Örneği

Yusuf ESMER^{1,*}  Yavuz GEZER^{2,b} 

¹Bayburt Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Bayburt, Türkiye

²Bayburt Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Organik Tarım İşletmeciliği (Disiplinlerarası)

Yüksek Lisans Programı, Bayburt, Türkiye

*Sorumlu yazar e-mail: yesmer@bayburt.edu.tr

doi: 10.17097/ataunizfd.745928

Geliş Tarihi (Received): 31.05.2020 Kabul Tarihi (Accepted): 20.03.2021 Yayın Tarihi (Published): 29.05.2021

ÖZ: Bu çalışmanın amacı tarımsal işletmelerin stratejik analizlerinin yapılarak ilgili literatüre katkı sağlamaktır. Bu amaç doğrultusunda Erzurum ilinde 10 tarımsal işletme üzerinde araştırma yapılmıştır. Tarımsal işletmelerin güçlü ve zayıf yönleri ile fırsat ve tehditlerini belirlemek için SWOT analizi tekniği kullanılmıştır. SWOT analizi verileri kullanılarak 4 strateji geliştirilmiştir. Geliştirilen stratejilerin ve SWOT analizi faktörlerinin derecelendirilmesinde 63 uzmanın görüşüne başvurulmuştur. Yapılan analizler sonucunda tarımsal işletmeler için en uygun stratejilerin “(1) Tarım arazilerinin verimliliğinin artırılmasına yönelik tarımsal girişimcilere eğitim verilmesi” ve “(2) Sermayedarların organik tarım işletmesi kurma ya da destek verme girişiminde bulunmaları için yönlendirilmeleri” olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda bilinçsiz tarımı engelleme yönelik eğitimlerin verilmesi ve organik tarımı yaygınlaştırmaya yönelik birtakım teşviklerin sunulması gerektiği önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Stratejik analiz, SWOT analizi, Tarımsal işletmeler

Strategic Analysis in Agricultural Enterprises: The Case of Erzurum Province

ABSTRACT: The aim of this study is to contribute to the related literature by making strategic analysis of agricultural enterprises. For this purpose, research has been done on 10 agricultural enterprises in the province of Erzurum. SWOT analysis technique was used to identify the strengths and weaknesses, opportunities and threats of agricultural enterprises. 4 strategies have been developed using SWOT analysis data. Opinions of 63 experts were consulted in grading the developed strategies and SWOT analysis factors. As a result of the analysis, it has been determined that the most appropriate strategies for agricultural enterprises are “(1) training of agricultural entrepreneurs to increase the productivity of agricultural lands” and “(2) orientation of the capitalists to establish or support organic farming enterprises”. In this context, it is suggested that trainings aimed at preventing unconscious agriculture and some incentives to expand organic agriculture should be offered.

Keywords: Strategic analysis, SWOT analysis, Agricultural enterprises

GİRİŞ

Bölgesel, ulusal ve küresel rekabetin sürekli olarak değiştiği ve yoğunluğunun arttığı 21.yüzyılda işletmelerin yaşamlarını sürdürebilmeleri stratejik yönetim ile mümkün olabilmektedir. Stratejik yönetim, bir işletmenin geleceğe yönelik amaç ve hedeflerini belirleyerek bu amaç ve hedeflere ulaşabilmesini sağlayacak strateji, politika ve taktiklerin geliştirilmesini sağlayan bir yönetim tekniğidir (Aktan, 2008a). Başka bir ifade ile stratejik yönetim, bir işletmenin iç çevresiyle birlikte dış çevresini de dikkate alan bir yönetim anlayışı geliştirmesidir (Esmer, 2020a). Stratejik yönetimin en önemli aşamalarından biri strateji belirlemektir.

Eski Yunanca "stratos" (ordu) ve "ago" (yönetmek, gütmek, yol göstermek) sözcüklerinden türetilen strateji kavramı, “belirli bir amaca ulaşmak için takip edilen yol ya da yaklaşım” olarak tanımlanmaktadır (Aktan, 2008b). M. Porter’a göre ise strateji, farklı bir dizi aktiviteyi içeren eşsiz ve değerli bir pozisyonun oluşturulmasıdır (Porter, 1996). Bu bağlamda işletmelerin sürekli değişen koşullar ve rekabet ortamında ayakta kalabilmeleri için strateji geliştirmeleri gerekmektedir. Strateji geliştirmek ise işletmelerin stratejik analiz yapmalarına bağlıdır. Stratejik analiz, bir işletmenin amaç ve hedeflerinin belirlenerek bunlara uygun stratejilerin

Bu makaleye atıfta bulunmak için / To cite this article: Esmer, Y., Gezer, Y., 2021. Tarımsal İşletmelerde Stratejik Analiz: Erzurum İli Örneği. Atatürk Univ. Ziraat Fak. Derg., 52 (2): 119-127. doi: 10.17097/ataunizfd.745928

^aORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3691-1730> ^bORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8746-9212>



geliştirilmesini, işletmenin hem iç çevresinin hem de dış çevresinin incelenmesini kapsayan bir süreçtir (Bozkıran, 2018). Stratejik analizle ilgili yapılan tanımların 3 ortak noktası bulunmaktadır. Bunlar; (1) strateji oluşturma ile ilgili verilerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi, (2) işletmenin iç ve dış çevresinin analiz edilmesi, (3) analiz sürecinde kullanılacak analiz yönteminin belirlenmesidir. Stratejik analiz, her sektörde işletmelerin mevcut durumlarını görebilmeleri ve geleceği planlayabilmeleri konusunda önemli bir araçtır. Bu bağlamda stratejik analiz, tüm işletmeler için olduğu gibi tarımsal işletmeler için de önemli olmaktadır. Tarımsal işletmeler; tarımsal pazarlama, tarımsal ürün işleme ya da endüstrisi ve tarımsal üretim faaliyetinde bulunan işletmelerdir. Tarımsal pazarlama; tarım ürünlerinin üreticiden tüketiciye ulaşımına kadar geçen tüm aşamaları, tarımsal ürün işleme ya da endüstrisi; tarımsal ürünlerin işlenerek salça, konserve, meyve suyu ve turşu gibi başka ürünlere dönüşmesine yönelik işlemleri, tarımsal üretim ise besicilik, seracılık, tavukçuluk ve fidancılık gibi tarımsal ürünlerin üretimi ile ilgili faaliyetlerdir (Gökçe, 2010). Tarımsal işletmeler, üretim faktörlerini kullanarak bitkisel, hayvansal ve su bazında üretim yapmakta ve buna ek olarak işleme, depolama, stoklama, koruma, pazarlama ve satış faaliyetlerinde bulunmaktadır (Garanti Bankası, 2012). Tarımsal işletmelerde karar alma sürecini kolaylaştırmak, strateji geliştirilmesini sağlamak ve yoğun rekabet koşullarında başarıyla ulaşmak için stratejik analiz uygulamasına gereksinim duyulmaktadır (Ağızan vd., 2018a). Diğer yandan tarımsal işletmelerin ekonomik, sosyal ve çevresel yönden etkin bir şekilde analiz edilerek stratejilerin geliştirilmesi ve uygulanması işletme başarısını arttıracak düşünülmektedir (Çelik, 2016a). Bu bağlamda tarımsal işletmelerin içinde buldukları durum ile dışardaki konumlarını belirleyebilmek için stratejik analize tabi tutulmaları gerekmektedir. Stratejik analiz sürecinde kullanılan birçok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerin başında SWOT analizi gelmektedir. SWOT analizi, bir proje veya iş faaliyetinde yer alan güçlü ve zayıf yanlar ile fırsat ve tehditleri anlamaya yardımcı olan basit ancak yaygın olarak kullanılan bir araçtır (Downey, 2007). Literatür incelendiğinde tarım sektöründe farklı alanlar için stratejik analiz aşamasında SWOT analizinin kullanıldığı birçok çalışmanın olduğu görülmektedir. Kansız vd. (2008) Türkiye'de çay sektörünün, Toksoy vd. (2009) Maçka ilçesi orman köylerinde bulunan tarımsal kalkınma kooperatiflerinin, Taş (2011) Sandıklı ilçesinde tarımsal alanların, Seki ve Biler (2016) Biga'da büyük baş hayvan işletmeciliğinin, Çelik (2016b) Konya ili Hadim ilçesinin tarım yapısının, Doğan ve Ersoy (2017) Uşak ilinde tarımsal kalkınma

kooperatiflerinin, Aygün ve Akbulak (2017) Ardahan ili organik hayvancılığın, Vinnichenko and Semenets (2017) Poltava bölgesinin tarım sektörünün, Yakubiv et al. (2018) Ivano-Frankivsk bölgesi tarımsal işletmelerinin ve Merdan (2018) Türkiye'de organik tarımın stratejik analizini yapmak için SWOT analizi tekniğini kullanarak güçlü ve zayıf yönler ile fırsat ve tehditleri belirlemişlerdir.

Türkiye'de iklimin sert olduğu Erzurum ili tarımsal yapısı incelendiğinde tarımsal işletmelerin genellikle küçük ölçekli ve parçalı, işletme başına düşen nüfus yoğunluğunun ve istihdam oranının yüksek ancak verimliliğin ve kişi başına düşen yıllık tarımsal gelirin oldukça düşük olduğu ancak tarımsal üretimin il ekonomisi için oldukça önemli olduğu görülmektedir. Bununla birlikte yapılan araştırmalar; bölgede organik tarım için uygun toprak yapısına sahip arazilerin olduğunu göstermektedir. Organik tarım, herhangi bir kimyasalın kullanılmadığı, canlı sağlığının ve ekolojik dengenin dikkate alınarak sertifikalandırmanın yapıldığı tarım şeklidir. Bu açıdan organik tarımın elverişli olduğu yerlerde organik tarıma yönelik gelişimin sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle bölgede tarımsal işletmelerin karlılığını, sürdürülebilirliğini, kalite düzeyini, rekabet gücünü artırmak ve organik tarımı teşvik etmek için yeni stratejilere gereksinim duyulmaktadır (Günlü vd., 2006a; Topçu, 2008; İkikat Tümer vd., 2010; Demiryürek, 2011; Çakal, 2013a; Esmer ve Gıdık, 2020).

Bu çalışmada Erzurum ilinde faaliyet gösteren tarımsal işletmelerin stratejik analizlerinin yapılarak ilgili literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda öncelikle tarımsal işletmelerin güçlü ve zayıf yönleri ile fırsat ve tehditleri belirlenmeye çalışılarak ortak stratejiler geliştirilmiştir. Sonrasında ise uzmanların görüşlerine başvurularak bu stratejiler derecelendirilmiştir.

MATERYAL VE METOT

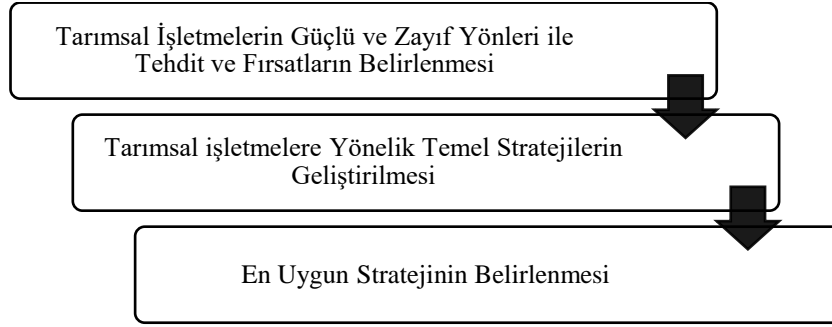
Bu bölümde çalışmada kullanılan materyal ve metotlar açıklanmıştır.

Materyal

Bu çalışmanın amacı tarımsal işletmelerin güçlü ve zayıf yönleri ile tehdit ve fırsatlarının belirlenerek bu işletmelere yönelik strateji geliştirmektir. Bu amaç doğrultusunda Erzurum ilinde tarımsal işletmeler üzerinde araştırma yapılmıştır. Erzurum İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nün en son ulaşılabilen verilerine göre Erzurum ilinde 35 bin bitkisel üretim işletmesi ve 77 bin hayvansal üretim işletmesi olmak üzere toplamda 92 bin tarımsal işletme bulunmaktadır (Akar, 2016). COVID-19 salgını, zaman ve maliyet kısıtları nedeniyle tüm işletmelere ulaşamayacağından kolayda örnekleme

yöntemiyle seçilen 10 işletme üzerinde görüşme tekniği ile veri toplanmıştır. Veri toplama aşamasında işletmelerin türü, personel sayısı, faaliyet süresi, faaliyet gösterdikleri alan, güçlü ve zayıf yönler ile tehdit ve fırsatların sorulduğu açık uçlu bir soru formu kullanılmıştır. Bu soru formu işletme yöneticisi ya da sahipleri tarafından doldurulmuştur.

Strateji geliştirilmesi aşamasında ise uzman görüşüne başvurmak için SWOT verilerinden oluşturulan bir anket formu kullanılmıştır. Toplamda 63 kişinin görüşü alınmıştır. Araştırmanın amacı ve ilgili literatür doğrultusunda geliştirilen araştırma modeli Şekil 1'deki gibidir.



Şekil 1. Araştırma Modeli
Figure 1. Research Model

Araştırma modeli 3 aşamadan oluşmaktadır. Birincisi; tarımsal işletmelerin güçlü ve zayıf yönleri ile tehdit ve fırsatların belirlenmesi, ikincisi; tarımsal işletmelere yönelik temel stratejilerin geliştirilmesi ve üçüncüsü ise tarımsal işletmeler için en uygun stratejinin belirlenmesidir (Esmer, 2020b).

Metot

Bu çalışmada nitel-nicel araştırma metodu kullanılmıştır. Tarımsal işletmelerin güçlü ve zayıf yönleri ile tehdit ve fırsatların belirlenmesinde SWOT analizi kullanılmıştır. SWOT analizi “Strengths (Güçlü Yönler)”, “Weaknesses (Zayıf Yönler)”, “Opportunities (Fırsatlar)” ve “Threats (Tehditler)” sözcüklerinin baş harflerinin kısaltmasından oluşan ve işletmelerin stratejik analiz sürecinde strateji geliştirmek amacıyla kullanılan önemli bir stratejik yönetim aracıdır (Kamilçelebi, 2012; Gürel ve Tat, 2017). İşletmelerden elde edilen SWOT analizleri birleştirilip özetlenerek tek bir SWOT matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan SWOT matrisinden yararlanılarak her bir faktör için bir tane olmak üzere toplamda 4 strateji geliştirilmiştir. Geliştirilen stratejiler ile SWOT faktör ve maddelerinin derecelendirilmesi aşamasında ise

bölgede bulunan işletmeci, ziraat mühendisi, makinist, makine mühendisi, çiftçi, pazarlamacı, tarımsal çalışan, yönetici, tarım uzmanı ve ilgili alanda çalışma yapan akademisyenlerin görüşlerine başvurulmuştur. SWOT faktörlerinin ve stratejilerin derecelendirilmesinde 5’li likert tipi (1: Kesinlikle Katılmıyorum, 2: Katılmıyorum, 3: Kararsızım, 4: Katılıyorum, 5: Kesinlikle Katılıyorum) ölçek kullanılmıştır. Elde edilen veriler SPSS 22.0 programında analiz edilerek en uygun strateji, SWOT faktörü ve maddesi belirlenmeye çalışılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde tarımsal işletmelere ilişkin sayısal bulgular, uzmanların demografik bilgileri, SWOT analizi bulguları ve uzman görüşlerine yönelik bulgular verilerle tartışılmıştır.

Sayısal Bulgular

Araştırma yapılan tarımsal işletmelerin türü, ortalama personel sayısı, faaliyet süresi ve faaliyet gösterdikleri alana ilişkin bulgular Çizelge 1’de verilmektedir.

Çizelge 1. Tarımsal işletmelere ilişkin sayısal bulgular

Table 1. Numerical findings related to agricultural enterprises

İşletmenin türü	Üretim işletmesi	Pazarlama işletmesi
Sayı	6	4
Faaliyet alanı	Yiyecek ve içecek ürünleri	Yiyecek ve içecek ürünleri
Ortalama faaliyet süresi (yıl)	16	7
Ortalama çalışan sayısı	17	12

Çizelge 1 incelendiğinde araştırma yapılan 10 işletmenin 6 tanesi üretim faaliyetinde bulunurken, 4 tanesi ise pazarlama faaliyetinde bulunmaktadır. Üretim işletmeleri yiyecek ve içecek alanında ortalama 18 yıldır faaliyet göstermekte olup bu işletmelerde ortalama 17 işçi çalışmaktadır. Pazarlama işletmeleri ise yine yiyecek ve içecek alanında ortalama 7 yıldır faaliyet göstermekte olup bu işletmelerde ortalama 12 işçi çalışmaktadır. Diğer yandan bu işletmelerin tamamının küçük ölçekli işletmeler oldukları görülmektedir. Bu bulgulara göre tarımsal işletmelerin faaliyet gösterdikleri alanlarda tecrübeli oldukları anlaşılmaktadır.

Geliştirilen stratejilerin, SWOT faktörlerinin ve maddelerinin derecelendirilmesinde görüşüne başvurulmuş uzmanlara yönelik demografik bilgiler Çizelge 2’de verilmektedir.

Çizelge 2 incelendiğinde en fazla işletmeci (18 kişi), çiftçi (11 kişi) ve akademisyen (10 kişi) pozisyonlarında çalışan kişilerin, en az ise yönetici (1 kişi), uzman (1 kişi), makine mühendisi (1 kişi) ve makinist (1 kişi) pozisyonlarında çalışan kişilerin görüşüne başvurulduğu görülmektedir. Diğer yandan tüm uzmanların ortalama sektör tecrübesinin (11 yıl) oldukça iyi olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 3. SWOT matrisi

Table 3. SWOT matrix

İç Çevre Faktörleri (İç Durum Analizi)	
Güçlü Yönler (G)	Zayıf Yönleri (Z)
G1. Likidite sorununun olmaması	Z1. İşletmelerin ulusal ve küresel düzeyde düşük rekabet gücüne sahip olmaları
G2. Öz kaynak ağırlıklı finansman yapısı	Z2. Yeterince tanıtım ve pazarlamanın yapılamaması
G3. Çiftçi ve hayvan kayıt sistemi ile oto kontrol sisteminin bulunması	Z3. İklim koşullarının ürün stokuna engel olması
G4. Bakanlık onaylı ve sertifikalı üretim	Z4. İklim koşulları nedeni üretim potansiyelinin ve ürün çeşitliliğinin düşük olması
G5. Güçlü lojistik ağı	Z5. Hammadde, nakliye ve aracı işletme giderlerinin yüksek olması
G6. Ar-Ge'nin yoğun kullanımı	Z6. Ek finansman bulma sorunlarının olması
G7. Teknoloji ile üretimi kombine eden yapının bulunması	Z7. Yerel yönetimlerin ilgisizliği
G8. E-pazarlamanın aktif kullanımı	Z8. Devlet yardım ve teşviklerinin yetersizliği
G9. İşgücü maliyetlerinin düşük olması	Z9. İşletmelerin yeniliğe açık olmamaları
Dış Çevre Faktörleri (Dış Durum Analizi)	
Fırsatlar (F)	Tehditler (T)
F1. Talebin süreklilik göstermesi	T1. Araçların piyasa üzerindeki ağırlığı
F2. Organik üretimin tüketici nezdindeki önemi	T2. Siyasi belirsizlikler
F3. KOSGEB desteklerinin bulunması	T3. Faiz oranlarındaki hızlı yükseliş
F4. Talepteki artışın arzadaki artıştan yüksek olması	T4. Döviz kurundaki yükseliş
F5. Bölgesel kalkınma programlarının varlığı	T5. Reklam maliyetlerinin yüksekliği
F6. Organik tarıma uygun tarım arazilerinin bulunması	T6. Denetim konusundaki eksiklikler
F7. Sermayedarların tarıma olan ilgisinin her geçen gün artması	T7. Tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı
F8. Tarımsal üretim ve işleme konusunda kalite ve sertifikasyon sisteminin oluşturulmaya başlanması	T8. Bilinçsizce yapılan tarım uygulamaları
F9. Bölgede üretilen ürünlerin fiyatının uygun olması	T9. Devlet desteklerinin süreklilik arz etmemesi nedeniyle tarımsal işletmecilik faaliyetlerinin sürdürülebilir olmaması

Çizelge 2. Uzmanların demografik bilgileri

Table 2. Demographic information of experts

Pozisyon	Sayı	Ortalama Tecrübe (Yıl)
İşletmeci	18	10
Çiftçi	11	10
Akademisyen	10	10
Pazarlamacı	10	9
Tarımsal Çalışan	6	10
Ziraat Mühendisi	4	10
Yönetici	1	22
Tarım Uzmanı	1	15
Makine Mühendisi	1	6
Makinist	1	33
Toplam	63	11

SWOT Analizi Bulguları

Tarımsal işletmelerden elde edilen SWOT analizi bulguları birleştirilip özetlenerek Çizelge 3’de olduğu gibi tek bir SWOT matrisi oluşturulmuştur.

Çizelge 3'de yer alan SWOT analizi bulguları kullanılarak 4 strateji geliştirilmiştir. Güçlü yönlerle ilişkin bulgular incelendiğinde tarımsal işletmelerin nakit problemi yaşamadıkları, güçlü lojistik ağına sahip oldukları, teknolojiyi ve e-pazarlamayı aktif kullandıkları görülmektedir. Bu nedenle güçlü lojistik ağı ile e-pazarlamanın bütünleştirilmesi gerekmektedir. Buna göre; *Strateji 1 (SG): Güçlü lojistik ağı ile e-pazarlamanın bütünleştirilerek daha fazla müşteri kitlesine ürün sunulmasıdır.* Zayıf yönlerle ilişkin bulgular incelendiğinde tarımsal işletmelerin ulusal ve küresel düzeyde düşük rekabet gücüne sahip oldukları, yeniliğe açık olmadıkları görülmektedir. Bu nedenle tarımsal işletmelerin ulusal ve küresel rekabet güçlerinin artırılabilmesi için bu işletmelerde yenilikçi yaklaşım ve inovasyon (akıllı tarım, dijital tarım, fenotip ve genotip oluşturma, bitki sağlık indeksleme gibi uygulamalar) bilincinin artırılmasına yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir. Buna göre; *Strateji 2 (SZ): Yenilikçi anlayış ve inovasyon bilincini artırmaya yönelik çalışmaların yapılmasıdır.* Fırsatlara ilişkin bulgular incelendiğinde talebin süreklilik gösterdiği, organik tarımın tüketicinin gözünde öneminin sürekli arttığı, Erzurum ilinde organik tarıma uygun tarım arazilerinin olduğu ve sermaye sahiplerinin tarıma olan ilgisinin her geçen gün arttığı görülmektedir. Bu durumda Erzurum ilinde organik üretimde bulunan tarımsal işletme sayısının artırılması gerekmektedir. Buna göre; *Strateji 3 (SF): Sermayedarların organik tarım işletmesi kurma ya da destek verme girişiminde bulunmaları için yönlendirilmelerdir.* Tehditlere ilişkin bulgular incelendiğinde ise tarım arazilerinin amacının dışında ve bilinçsizce kullanıldığı dikkati çekmektedir. Bu nedenle tarımsal girişimcilerin ve diğer paydaşların bu konuda eğitilerek tarım arazilerinin verimliliğinin artırılması gerekmektedir. Buna göre *Strateji 4 (ST): Tarım arazilerinin*

verimliliğinin artırılmasına yönelik tarımsal girişimcilere eğitim verilmesidir.

Uzman Görüşlerine Yönelik Bulgular

SWOT analizinin faktör ve maddelerinin derecelendirilmesine yönelik bulgular Çizelge 4'de verilmektedir.

Çizelge 4'deki SWOT analizinin temel faktörlerine ilişkin ortalamalar incelendiğinde en yüksek ortalamaya sahip temel faktörün "tehditler" ($X=4.139 \pm 0.6838$) olduğu görülmektedir. Bu durum tarımsal işletmelerin piyasadaki tehditlere daha fazla odaklanmaları gerektiği göstermektedir. Diğer yandan SWOT maddelerine ilişkin ortalamalar incelendiğinde en yüksek ortalama sahip güçlü yönün "G3. Çiftçi ve hayvan kayıt sistemi ile oto kontrol sisteminin bulunması" ($X=3.937 \pm 1.1198$), en yüksek ortalamaya sahip zayıf yönün "Z4. İklim koşulları nedeni üretim potansiyelinin ve ürün çeşitliliğinin düşük olması" ($X=4.175 \pm 0.9925$), en yüksek ortalamaya sahip fırsatın "F6. Organik tarıma uygun tarım arazilerinin bulunması" ($X=4.111 \pm 0.9691$), en yüksek ortalamaya sahip tehdit unsurun ise "T4. Döviz kurundaki yükseliş" ($X=4.333 \pm 0.8799$) olduğu görülmektedir. Bu bulgular, Erzurum ili tarımsal işletmeler için bir kayıt sisteminin bulunmasının önemli bir avantaj olduğunu, iklim koşullarının önemli bir dezavantaj olduğunu, Erzurum ilinin organik tarım için uygun olduğunu ve döviz kurlarındaki sürekli yükselişin ise tarımsal işletmelerin ekonomilerini tehdit ettiğini göstermektedir. Diğer yandan Erzurum ili geniş arazilere sahip olması, ürün çeşitliği, toprak zenginliği ve kullanılmayan tarım alanları açısından organik tarım için oldukça önemli bir potansiyele sahiptir (Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş., 2017).

Geliştirilen stratejilerin derecelendirilmesine yönelik bulgular Çizelge 5'de verilmektedir.

Çizelge 4. SWOT analizinin faktör ve maddelerinin derecelendirilmesi
Table 4. Rating of factors and items of SWOT analysis

Faktörler ve Maddeler	Ortalama (X)	Standart Sapma
Güçlü Yönler	3.660	0.9483
G1.Likidite sorununun olmaması	3.571	1.2406
G2.Öz kaynak ağırlıklı finansman yapısı	3.730	0.9368
G3.Çiftçi ve hayvan kayıt sistemi ile oto kontrol sisteminin bulunması	3.937	1.1198
G4.Bakanlık onaylı ve sertifikalı üretim	3.841	1.0033
G5.Güçlü lojistik ağı	3.698	1.2265
G6.Ar-Ge'nin yoğun kullanımı	3.429	1.2276
G7. Teknoloji ile üretimi kombine eden yapının bulunması	3.587	1.1018
G8.E-pazarlamanın aktif kullanımı	3.556	1.2284
G9.İşgücü maliyetlerinin düşük olması	3.587	1.2780
Zayıf Yönler	3.982	0.7518
Z1. İşletmelerin ulusal ve küresel düzeyde düşük rekabet gücüne sahip olmaları	3.825	1.1004
Z2.Yeterince tanıtım ve pazarlamanın yapılamaması	4.143	1.0137
Z3. İklim koşullarının ürün stokuna engel olması	4.127	1.2114
Z4.İklim koşulları nedeni üretim potansiyelinin ve ürün çeşitliliğinin düşük olması	4.175	0.9925
Z5.Hammadde, nakliye ve aracı işletme giderlerinin yüksek olması	4.063	0.8590
Z6. Ek finansman bulma sorunlarının olması	4.016	0.9068
Z7. Yerel yönetimlerin ilgisizliği	4.000	1.1359
Z8. Devlet yardım ve teşviklerinin yetersizliği	3.651	1.2202
Z9. İşletmelerin yeniliğe açık olmamaları	3.841	1.0504
Fırsatlar	3.947	0.7410
F1.Talebin süreklilik göstermesi	3.937	1.0298
F2.Organik üretimin tüketici nezdindeki önemi	3.968	1.1355
F3.KOSGEB gibi kurumların desteklerinin bulunması	3.968	0.9832
F4.Talepteki artışın arzadaki artıştan yüksek olması	3.873	0.8705
F5. Bölgesel kalkınma programlarının varlığı	4.095	0.8174
F6. Organik tarıma uygun tarım arazilerinin bulunması	4.111	0.9691
F7. Sermayedarların tarıma olan ilgisinin her geçen gün artması	3.762	1.0582
F8. Tarımsal üretim ve işleme konusunda kalite ve sertifikasyon sisteminin oluşturulmaya başlanması	3.952	0.9907
F9. Bölgede üretilen ürünlerin fiyatının uygun olması	3.857	1.1620
Tehditler	4.139	0.6838
T1. Aracıların piyasa üzerindeki ağırlığı	4.127	0.9417
T2. Siyasi belirsizlikler	4.063	1.0906
T3. Faiz oranlarındaki hızlı yükseliş	4.270	0.9706
T4. Döviz kurundaki yükseliş	4.333	0.8799
T5. Reklam maliyetlerinin yüksekliği	3.841	0.9194
T6. Denetim konusundaki eksiklikler	4.111	1.0178
T7. Tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı	4.317	0.9972
T8. Bilinçsizce yapılan tarım uygulamaları	4.317	0.8767
T9. Devlet desteklerinin süreklilik arz etmemesi nedeniyle tarımsal işletmecilik faaliyetlerinin sürdürülebilir olmaması	3.873	1.1429

Çizelge 5. Stratejilerin derecelendirilmesi
Table 5. Ranking of strategies

Stratejiler	Ortalama (X)	Standart Sapma
Strateji 1 (SG): Güçlü lojistik ağı ile e-pazarlamanın bütünleştirilerek daha fazla müşteri kitlesine ürün sunulması	4.143 (4)	0.9648
Strateji 2 (SZ): Yenilikçi anlayış ve inovasyon bilincini artırmaya yönelik çalışmaların yapılması	4.190 (3)	1.0451
Strateji 3 (SF): Sermayedarların organik tarım işletmesi kurma ya da destek verme girişiminde bulunmaları için yönlendirilmeleri	4.191 (2)	1.0137
Strateji 4 (ST): Tarım arazilerinin verimliliğinin artırılmasına yönelik tarımsal girişimcilere eğitim verilmesi	4.254 (1)	0.9498

Çizelge 5’de stratejilere ilişkin ortalamalar incelendiğinde en yüksek ortalamaya sahip stratejinin “Strateji 4 (ST): Tarım arazilerinin verimliliğinin artırılmasına yönelik tarımsal girişimcilere eğitim verilmesi” ($X=4.254 \pm 0.9498$) olduğu tespit edilmiştir. Bu durumu SWOT analizinin tehditlerine ilişkin “T7. Tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı” ($X=4.317 \pm 0.9972$) ve “T8. Bilinçsizce yapılan tarım uygulamaları” ($X=4.317 \pm 0.8767$) bulguları desteklemektedir.

Bununla birlikte bölgede tarım konusunda bilgi eksikliğinin önemli bir problem olması bu bulguyu doğrulamaktadır (KUDAKA, 2015a). Bu nedenle amacı dışında ve bilinçsiz tarım faaliyetlerini engellemek ve tarımda verimliliği artırmak için tarımsal işletmeci ve çiftçilere bu konuda gerekli eğitimlerin verilmesi gerekmektedir. Diğer yandan en yüksek ortalamaya sahip ikinci stratejinin ise “Strateji 3 (SF): Sermayedarların organik tarım işletmesi kurma ya da destek verme girişiminde bulunmaları için yönlendirilmeleri” ($X=4.191 \pm 1.0137$) olduğu görülmektedir. Bu bulgu Erzurum ilinde organik tarıma uygun arazilerin olması nedeniyle sermaye sahiplerinin bu arazileri değerlendirmeye yönelik organik üretimde bulunan tarım işletmesi kurulması konusunda teşvik edilmeleri gerektiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte son yıllarda Erzurum ilinde organik tarıma olan ilginin artmasına bağlı olarak organik tarım ürünlerinin arttığı görülmektedir (Çakal, 2013b). 2012 yılı verilerine göre Erzurum ilinde yaklaşık olarak 4 bin çiftçinin 40 bin hektarlık alanda organik tarım yapmış ve buğday, yonca, yem bitkileri, çayır otu, bal türlerinde 154 bin ton dolayında ürün üretmiştir (Erzurum Büyükşehir Belediyesi, 2015).

Stratejilerin derecelendirilmesi ile ilgili bulgular incelendiğinde tüm stratejilerin ortalama değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu bulgu tüm stratejilerin uzmanlar tarafından itibar gördüğünü ve Erzurum ili tarımsal işletmeler için uygun stratejiler olduğunu göstermektedir. Ancak strateji sıralamasında Strateji 4 (ST) ve Strateji 3 (SF) stratejileri öne çıktıklarından, bu stratejiler

üzerinden değerlendirme yapılması daha uygun görülmüştür.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyada ekonomide meydana gelen dalgalanmalar küresel ve ulusal işletmelerin başarısını etkilediği gibi bölgesel işletmelerin de başarısını olumlu ya da olumsuz etkilemektedir. İşletmelerin ayakta kalabilmeleri için stratejik analize tabi tutularak stratejilerini güncellemeleri gerekmektedir. Bu bağlamda tarımsal işletmelerin, rekabet güçlerini tanımlayarak rekabet avantajı sağlamak için stratejilerini gözden geçirmeleri önemli olmaktadır (Ağızan vd., 2018b). Çalışmada Erzurum ili tarımsal işletmelerinin SWOT analizi tekniği kullanılarak stratejik analizi yapılmıştır. Analizde işletmelerin güçlü ve zayıf yönleri ile fırsat ve tehditleri belirlenerek stratejiler geliştirilmiş ve en uygun stratejinin belirlenmesi için uzman görüşüne başvurulmuştur. SWOT analizi sonucunda işletmelerin öne çıkan güçlü yönlerinin “çiftçi-hayvan kayıt ve oto kontrol sistemi ile bakanlık onaylı ve sertifikalı üretim”, öne çıkan zayıf yönlerinin “iklim koşullarının elverişli olmaması nedeniyle üretim potansiyelinin ve ürün çeşitliliğinin az olması ayrıca iklim şartlarının ürün stokuna engel olması, yeterince iklim şartlarının ve pazarlama çalışmalarının yapılamaması”, öne çıkan fırsatların “organik tarım için uygun arazilerin ve bölgesel kalkınma programlarının olması”, öne çıkan tehditlerin ise “döviz kurlarındaki yükseliş, tarım alanlarının amaç dışı kullanımı ve bilinçsiz tarım uygulamaları” olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte öne çıkan temel faktörün “tehditler” unsuru olduğu görülmüştür. Diğer yandan geliştirilen stratejilerin analizi sonucunda birinci sıradaki stratejinin “Tarım arazilerinin verimliliğinin artırılmasına yönelik tarımsal girişimcilere eğitim verilmesi”, ikinci sıradaki stratejinin ise “sermayedarların organik tarım işletmesi kurma ya da destek verme girişiminde bulunmaları için yönlendirilmeleri” olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda ulaşılan sonuçlar ve ilgili literatürden hareketle, çalışmada belirlenen stratejileri gerçekleştirmeye yönelik yapılması

gerekenler şu şekilde sıralanabilmektedir (Günlü vd., 2006b; Çakal, 2013b; KUDAKA, 2015b):

- Tanıtım ve teşviklerle bölgeye ait organik ürünlerin adı duyurulmalı, markalaşma ve pazarlamaya yönelik gerekli organizasyonlar yapılmalı, karlı ve verimli bir tarımsal üretim için kredi ve finansman olanakları artırılmalıdır.
- Organik tarımı geliştirmeye ve yaygınlaştırma yönelik girdi maliyetlerini düşürücü destekler sunulmalı, organik hayvancılığın gelişmesi çiftçilerin örgütlenmeleri sağlanmalı, uygun tarım alanlarında pilot projeler yapılmalı, daha kaliteli ve ucuz ürün üretimi için teşvikler verilmeli, hem iç pazar hem de dış pazara yönelik öncü ürünler tespit edilerek bu ürünlerde uzmanlaşma sağlanmalıdır.
- Bölgenin organik tarım potansiyeli değerlendirilerek organik üretim yapacak işletmeler ve birlikler desteklenmeli, organik üretime yönelik sertifikasyon ve tescillenme çalışmalarına önem verilerek yaygınlaştırılmalıdır.
- Bölgede tarım arazilerinin verimliliği artırmak, amaç dışı ve bilinçsiz tarımı engellemek için önemli bir problem olan bilgi eksikliğini gidermek için bölgede bulunan Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü (DATAE) ve üniversitelerin araştırmacı, uygulamacı ve eğitici rolleriyle ön plana çıkarak ekolojik, etkili ve ekonomik çözümler sunmaları gerekmektedir. Bu bağlamda tarımda bilinci ve duyarlılığı artırmaya yönelik eğitimler ve seminer düzenlenmeli, yayınlar yapılmalıdır.

Tüm bu önerilerle birlikte son yıllarda tarımda çokça kullanılan kimyasallar, toprak yapısını bozmakta, erozyona neden olmakta, yeraltı ve yerüstü sularını kirletmekte ve gıda ürünlerinin kalitesini düşürmektedir. Bu sorunların çözümünün ise organik tarım ile mümkün olduğu söylenebilmektedir (Ataseven, 2010). Bu da “sermayedarların organik tarım işletmesi kurma ya da destek verme girişiminde bulunmaları için yönlendirilmeleri” stratejisini desteklemektedir. Sonuç olarak, tarımsal işletmeler üzerinde gerçekleştirilen bu çalışmanın tarımın stratejik yönetimi konusunda başta işletmeciler, yöneticiler ve ilgili araştırmacılar olmak üzere tüm tarım paydaşlarına ve otoritelere fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkıları

YE araştırmayı tasarladı, YG verileri topladı, YE analizleri yaptı, YE ve YG makaleyi yazdı ve makalenin son halini okuyup onayladı.

KAYNAKLAR

- Ağızan, K., Bayramoğlu, Z., Ağızan, S., 2018. Tarımda Stratejik Yönetimin Gerekliliği Ve Stratejik Yönetim Yaklaşımı Olan Denge Puan Kartı (DPK) Kullanımı. X. IBANESS Congress Series, 27-28 Ekim 2018, Ohrid/Macedonia, s: 440-450.
- Akar, O., 2016. İlimizin Arazi Varlığı ve Kullanım Şekli. Erzurum İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü. http://www.erkurumbt.org.tr/eskiSite/site/dosyalar/taril_il_mud.pptx#:~:text=%C3%87KS%20kay%C4%B1tl%C4%B1%20yakla%C5%9F%C4%B1k%2035%20bin,92%20bin%20tar%C4%B1msal%20i%C5%9Fletme%20mevcuttur. (Erişim Tarihi: 3 Mart 2021).
- Aktan, C.C., 2008. Stratejik Yönetim ve Stratejik Planlama. Çimento İşveren Derg., 22 (4): 4-21.
- Aygün, G., Akbulak, C., 2017. Ardahan İli Organik Hayvancılık Potansiyelinin Değerlendirilmesi. Dumlupınar Üniv. Sosyal Bil. Derg., (53): 144-161.
- Ataseven, Y., 2010. Tarımsal Faaliyetlerin İçme Suyu Havzalarındaki Etkilerinin Araştırılması: Ankara İli Örneği. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara, 231 s.
- Bozkıran, S., 2018. İşletmelerde Stratejik Analiz. Econominal, Agricultural Economics-Rural Development-Environment: <https://econominal.org/isletmelerde-stratejik-analiz/> (Erişim Tarihi: 2 Mayıs 2020).
- Çakal, M.A., 2013. TRA1 Organik Tarım Stratejisi. KUDAKA Araştırma ve Planlama Birimi. <http://www.erkurumbt.org.tr/dosyalar/rapor-tarim.pdf> (Erişim Tarihi: 30 Mayıs 2020).
- Çelik, Y., 2016. Hadim İlçesi Tarım sektörünün SWOT Analizi. Uluslararası Sempozyum: Geçmişten Günümüze Bozkır, 06-08 Mayıs 2016, Konya, s: 1459-1468.
- Demiryürek, K., 2011. Organik Tarım Kavramı ve Organik Tarımın Dünya ve Türkiye’deki Durumu. Gaziosmanpaşa Üniv. Ziraat Fak. Derg., 28 (1): 27-36.
- Doğan, N. Ö., Ersoy, Y., 2017. Tarımsal Kalkınma Kooperatiflerinde SWOT Analizi: Uşak İli Örneği. 3. Sektör Sosyal Ekonomi Derg., 52 (Özel Sayı): 952-969.

- Downey, J., 2007. Strategic Analysis Tools-Topic Gateway Series. The Chartered Institute of Management Accountants. https://www.cimaglobal.com/Documents/ImportedDocuments/cid_tg_strategic_analysis_tools_nov07.pdf.pdf (Accessed Date: 3 May 2020).
- Erzurum Büyükşehir Belediyesi, 2015. T.C. Erzurum Büyükşehir Belediyesi 2015-2019 Stratejik Plan. https://erzurum.bel.tr/DOSYA/Stratejik_plan_2015_2019.pdf (Erişim Tarihi: 30 Mayıs 2020).
- Esmer, Y., 2020. Financial Strategic Analysis in SMEs: The Case of Amasya Province. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Derg.* 5 (1): 82-88.
- Esmer, Y., Gıdık, B., 2020. Organik Tarım Öğrencilerinin Tarımsal Girişimcilik Eğilimlerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma. *Tarım Ekonomisi Derg.*, 26 (2): 147-156.
- Garanti Bankası, 2012. Sektörün İtici Gücü: Tarımsal İşletmeler. İstanbul: Garanti KOBİ. https://www.msmturkey.com/fileadmin/msme/upload/pdf/Panel_3/Agricultural_enterprises_as_a_driving_force_in_the_sector.pdf (Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2020).
- Gökçe, O., 2010. Tarımsal Girişimcilik ve Geliştirilmesi. <http://osmangokce.net/wp/2010/05/16/tarimsal-grmclk-ve-geltrlmes/> (Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2020).
- Günlü, A., Atasever, M., Karakaya, Y., 2006. Erzurum İli Hayvancılığının Yapısal Özellikleri ve Yakın Gelecekteki Durumu Üzerine Genel Değerlendirme. *Atatürk Üniv. Vet. Bil. Derg.*, 1 (3): 55-68.
- Gürel, E., Tat, M., 2017. SWOT Analysis: A Theoretical Review. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Derg.*, 10 (51): 994-1006.
- İkikat Tümer, E., Birinci, A., Aksoy, A., 2010. Tarımsal Üretimi Etkileyen Risk Faktörleri Ve Stratejilerinin Belirlenmesi: Erzurum İli Örneği. *Türkiye IX. Tarım Ekonomisi Kongresi*, 22-24 Eylül 2010, Şanlıurfa, s: 191-198.
- Kamilçelebi, H., 2012. Türkiye’de Sigorta Sektörünün SWOT Analizi ve Bir Araştırma. *Ekonomi Bil. Derg.*, 4 (1): 45-54.
- Kansız, N., Akın Acuner, Ş., Yavuz, M.A., 2008. Çay Sektörü SWOT Analizi (Güçlü / Zayıf Yönler, Fırsatlar/Tehditler). Rize: Milli Prodüktivite Merkezi. <http://rizetso.org.tr/wp-content/uploads/2014/09/cay-sektoru-swot-analizi.pdf> (Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2020).
- KUDAKA, 2015. TRA1 Düzey 2 Bölgesi Tarım Sektörü Raporları. Erzurum: T.C. Kuzeydoğu Anadolu Kalkınma Ajansı (KUDAKA). https://kudaka.org.tr/apb/tarim_sektoru_raporlari.pdf (Erişim Tarihi: 30 Mayıs 2020).
- Merdan, K., 2018. Türkiye’de Organik Tarımın Mevcut Durumu ve Gelişme Potansiyelinin SWOT Analiz Yardımıyla Değerlendirilmesi. *Social Sciences Studies Journal*, 4 (14): 523-536.
- Porter, M.E., 1996. What is Strategy?, *Harvard Business Review*, Novembe-December: 1-20.
- Seki, İ., Biler, T., 2016. Büyük Baş Hayvan İşletmelerine Yönelik SWOT Analizi: Biga Örneği. *ÇOMÜ Ziraat Fak. Derg.*, 4 (1): 51-59.
- Taş, B., 2011. Tarım Alanlarının Planlaması Sürecinde SWOT Analizi Kullanımına Bir Örnek: Sandıklı İlçesi. *Coğrafi Bil. Derg.*, 9 (2): 189-207.
- Toksoy, D., Yenigün, M., Şen, G., 2009. Orman Köylerindeki Tarımsal Kalkınma Kooperatiflerinin SWOT Analizi ile Değerlendirilmesi (Maçka İlçesi Örneği). *Kastamonu Üniv. Orman Fak. Derg.*, 9 (1): 12-18.
- Topçu, Y., 2008. Çiftçilerin Tarımsal Destekleme Politikalarından Faydalanma İstekliliğinde Etkili Faktörlerin Analizi: Erzurum İli Örneği. *Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 21 (2): 205-212.
- Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş., 2017. Erzurum İli Uygun Tarım Alanları Araştırması. Ankara: Teknoloji, Araştırma ve İş Geliştirme Daire Başkanlığı. https://www.kudaka.org.tr/ekler/2e8bb-Erzurum_ili_uygun_yatirim_alanlari.pdf (Erişim Tarihi: 30 Mayıs 2020).
- Vinnichenko, N., Semenets, I., 2017. Strategic Analysis of Agricultural Enterprises. *International Scientific Journal “Internauka”*, 1 (23): 35-38.
- Yakubiv, V., Boryshkevych, I., Piatnychuk, I., 2018. Strategic Analysis of Development of Agricultural Enterprises of Ivano-Frankivsk Region. *The Actual Problems of Regional Economy Development*, 2 (14): 16-24.



Performance Evaluation of a Boomless Oscillating Field Sprayer at Different Spraying Pressures and Oscillating Rates

Muhammed Cemal TORAMAN^{1,*}  Ali BAYAT²  Medet ITMEC³ 

¹Hakkari University, Çolemerik Vocational School, Department of Plant Protection, Hakkari, Turkey

^{2,3}Cukurova University, Faculty of Agriculture, Agricultural Machinery Technology and Engineering Department, Adana, Turkey

*Corresponding author e-mail: cemaltoraman@hakkari.edu.tr

doi: 10.17097/ataunizfd.769745

Received (Geliş Tarihi): 14.07.2020 Accepted (Kabul Tarihi): 03.04.2021 Published (Yayın Yarihi): 29.05.2021

ABSTRACT: The efficiency expected from any pesticide depends largely on the type of plant protection machine used in spraying and the operating parameters of the selected machine. Today, sprayers with different spraying wing width are widely used in field spraying. Especially with field sprayers with large working widths, it is difficult to work at high spraying speeds due to the wing width and wing weight. In this study, wingless field sprayer effectiveness was evaluated. Occasionally for spraying instead of sprayers with standard type field spraying booms, the field sprayers with commercial name Electropar, which are operated with high pressure and with oscillating nozzles are used. Since the sprayer has no wings, it can spray at high tractor speeds. optimum working width of this sprayer, pestisit distribution uniformity on a horizontal surface, etc. Its parameters are unknown. In this study, the optimum working width provided by the sprayer at different operating pressures and nozzle oscillation rates, and volumetric fluid distribution throughout the working width and optimum working parameters were determined. The three different working pressures (1, 2 and 3 MPa) and the transverse volumetric fluid distribution of the three jet nozzle units moving in opposite directions relative to each other on a horizontal ground at two oscillations (44 and 60 rpm) were determined by a portable patternator. Operation of the high-pressure cone jet nozzle unit at 1 MPa pressure and 60 rpm oscillating speeds provided a more uniform transverse distribution than other operating parameters. The increase in operating pressure caused an increase in the volume of fluid accumulated in the patternator's grooves at the same working height and sampling distance. The optimum working width, depending on the operating conditions specified by the boomless sprayer, varied between 11.20 and 12.80 m depending on the spray unit oscillating speed and spray pressure.

Keywords: High pressure jet nozzles, Patternator, Transverse distribution, Spray width

Kolsuz Salımlı Tarla Pülverizatörünün Farklı Püskürtme Basınçlarında ve Salınım Hızlarında Performans Değerlendirmesi

ÖZ: Herhangi bir tarım ilacından beklenen etkinlik, büyük oranda pülverizasyonda kullanılan bitki koruma makinası çeşidine ve seçilen makinanın işletme parametrelerine bağlı olarak değişmektedir. Günümüzde tarla ilaçlamalarında yaygın olarak farklı ilaçlama kanat genişliğine sahip tarla pülverizatörleri kullanılmaktadır. Özellikle büyük iş genişliği olan geniş ve ağır kanatlara sahip tarla pülverizatörleri ile yüksek ilaçlama hızlarında çalışmak zorlaşmaktadır. Bu çalışmada kanatsız tarla pülverizatörü etkinliği değerlendirilmiştir. Zaman zaman pülverizasyon için standart tip tarla pülverizatörleri yerine, yüksek basınçlı ve salımlı memelerle çalışan Elektropar ticari adlı tarla pülverizatörleri kullanılır. Kanadı olmadığı için yüksek traktör hızlarında püskürtme yapılabilir. Bu pülverizatörün optimum çalışma genişliği, yatay bir yüzeyde yaptığı pestisit dağılımının homojenliği, vb. parametreleri bilinmemektedir. Bu çalışmada, farklı çalışma basınçlarında ve salınım hızlarında pülverizatörün sağladığı optimum çalışma genişliği ve çalışma genişliği boyunca hacimsel sıvı dağılımı ve optimum çalışma parametreleri belirlenmiştir. Yatay bir zeminde birbirine göre zıt yönlere hareket eden üç jet meme ünitesinin iki salımlı (44 ve 60 rpm) üç farklı çalışma basıncı (1, 2 ve 3 MPa) ve enine hacimsel sıvı dağılımı taşınabilir bir paternatör tarafından belirlenmiştir. Yüksek basınçlı konik jet meme ünitesinin 1 MPa basınçta ve 60 rpm salınım hızında çalışması, diğer çalışma parametrelerine göre daha düzgün bir enine dağılım sağlamıştır. Çalışma basıncındaki artış, aynı çalışma yüksekliği ve örnekleme mesafesinde paternatörün oluklarında sıvı birikimi hacminde artışa neden olmuştur. Kolsuz pülverizatör tarafından belirlenen çalışma koşullarına bağlı olarak optimum çalışma genişliği, püskürtme ünitesinin salınım hızı ve püskürtme basıncına bağlı olarak 11.20 ile 12.80 m arasında değişmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yüksek basınçlı jet memeler, Paternatör, Enine dağılım, Püskürtme genişliği

Bu makaleye atıfta bulunmak için / To cite this article: Toraman, M.C., Bayat, A., Itmec, M., 2021. Performance Evaluation of a Boomless Oscillating Field Sprayer at Different Spraying Pressures and Oscillating Rates. Atatürk Univ. J. of Agricultural Faculty, 52 (2): 128-138. doi: 10.17097/ataunizfd.769745

^aORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0726-7915> ^bORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7104-9544>

^cORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0714-6232>



INTRODUCTION

In pest management, homogenous distribution of sprayed pesticide on target surface is an important aspect. The purpose is to carry out the most efficient pest management through the least spraying for a successful pest, disease and weed control. Thus, environmental risks are reduced, and cost-efficient agricultural management is performed. Homogenous distribution of chemicals on target surface is closely related with uniformity of covering branches and leaves of plants with fungicides (Göhlich, 1985).

Distribution of pesticide is determined with different methods in laboratory and field conditions. The equipment called patternator is used in laboratory environment for measuring distribution of a steady nozzle (Harrell, 2003; Debouche et al., 2000; Özkan and Ackerman, 1992). The spray distribution significantly varies depending on changes in pressure. Distribution quality of the spraying nozzles are based on several parameters such as the static and dynamic parameters of sprayer boom. In addition to this, the distribution is also affected by environmental conditions (Sinfort and Herbst, 1996). Accumulation and distribution of fungicide applied on the target surface is not only affected by flow rate of a single nozzle, but also by several factors such as nozzle spray pattern, spray direction, auxiliary airflow, drop dynamics (Foqué et al., 2012; Xie et al., 2015). For an ideal transverse distribution of field sprayers, the fluid levels collected in the receiving tubes of patternator grooves should be as much as the others. In other words, the volumes that accumulated in tubes must be in the form of a straight line parallel to the horizontal (Ergül and Dursun, 2003).

There are some methods which are used for determining the distribution quality of a spray on horizontal surface of a farm field (Anonymous, 2017). One of these methods is to make a decision based on the variability of spray water collected in grooves of a horizontal patternator. On this purpose, the CV% value which indicates the change in water collecting in the grooves along the spray width, should be calculated. Either the changes of the spray pattern of a single nozzle or the changes of

volumetric calculations along the spray booms of a field crop sprayer can be evaluated in accordance with the CV% value.

The commercial field sprayers are generally effected by soil unevenness and on the sprayer booms there are much vibrations which disturb spray pattern, increase the CV % value. Itmeç and Bayat (2019), analyzed the most used sprayer booms (10 m) in Turkey via a CAD program. As a result, fully cantilever beam profile system's natural frequency is 8.45 Hz. As the length of the boom increase, the rigidity of the sprayer booms decreases. There are too many studies about vibration damping and determining the vibration characteristics of the field sprayer boom (Lardoux et al., 2007; Ooms et al., 2002; Anthonis and Ramon, 2003). Nation (1982), explained that to resist these uncontrolled vibrations field sprayer booms must be rigid as possible. Therefore, the opinion of boomless field sprayer can be innovative design. Some companies manufacture an alternative sprayer for herbicide applications at higher spray rates ($L s^{-1}$) called as boomless oscillating field sprayer (Electro-jet, Parlayan Agriculture Company, Manisa/Turkey) which does not have spraying booms to eliminate vibrations. Instead of spray booms, these sprayers have only three high-pressurized nozzles and an oscillation system for those three nozzles.

In the study, boomless oscillating field sprayer (Electro-jet) performance was evaluated. The Electro-jet sprayer has two conical nozzles working with high pressure and a fan nozzle. The spray transverse distribution of the its sprayer is unknown. In this study, it has been tried to determine the optimum working width with the volumetric fluid distribution provided by the sprayer on a horizontal floor, at three different operating pressures and two oscillation speeds.

MATERIAL AND METHOD

In the study, the tractor mounted type boomless oscillating field sprayer with 600 L tank capacity and a high pressure piston-membrane pump (Italian AR 1064, 106 L rpm, 4 pistons, 50 bar) was used (Figure 1).

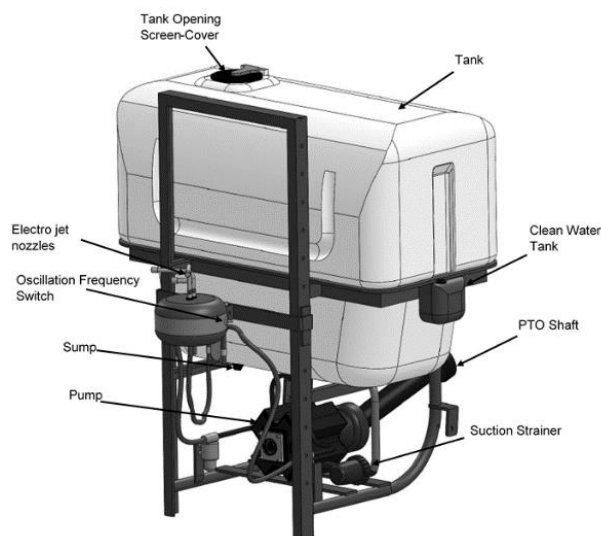


Figure 1. Electro-jet boomless sprayer (Parlayan Sprayer Company, Turkey)

The experiment was carried out at three different pressures (1, 2, 3 MPa) and the volumetric fluid distribution at the horizontal surface of the spray jets at two oscillation rates (44 and 60 rpm) was determined to find the optimum working width. The water in the tank was sprayed by a double-headed nozzle lances which were moving reverse oscillation towards right-left on mounted instead of standard spray booms of the sprayer. The lances were operated by a DC motor having four bar mechanism all in a closed box. The DC motor powered by tractor's battery which was operated in two different

revolutions and the nozzles on the spray unit were designed to oscillate reverse to each other. Both of oscillating nozzles sprayed along 180 degrees in each oscillation.

One of the oscillating lance had two nozzles in which of them was cone full nozzle (2.5 mm orifice diameter) and other a flat fan nozzle (long edge 3.6 mm, short edge 2.2 mm) however, the other oscillating lance had only one cone full nozzle (2.5 mm orifice diameter). The volume flow rate of the boomless oscillating sprayer used in the research are given in Table 1.

Table 1. Operating parameters of the Boomless oscillating field sprayer

Nozzle Pressure (MPa)	Nozzle Flowrate (L rpm)		
	Lances with two nozzles		Lance with one nozzle
	Cone nozzle	Flat Fan nozzle	Cone nozzle
1	7.60	4.02	7.75
2	10.30	5.43	10.70
3	12.40	6.93	12.70

In order to determine the transverse static spray distribution of the boomless oscillating sprayer, a 1200x800 mm portable patternator with 50 mm grooves depth and 50 mm grooves width equipped with graduated tubes was used. On the patternator, there were 23 grooves which can measure the distance of 1.15 m horizontally. The boomless oscillating sprayer was operated without a patternator, at three different pressures 1 MPa, 2 MPa and 3 MPa, and two oscillation revolution of 44 rpm and 60 rpm. Because of the plate hole diameter is larger than the nozzles used in field sprayers, nozzles on the machine can create drops at high pressures, just like a spray gun. Higher drop out speed is needed

for higher spray width. This can be achieved with high pressure. Because would be drop's speed just before impact is $V = \sqrt{2gh}$ (Halliday et al., 2017). Here h indicates pressure in terms of column of water. The electro-jet creates a spray pattern with only 3 nozzles oscillating. In order to understand the horizontal distribution pattern of the electro-jet in the field spraying, the wetting area was determined by operating the electro-jet at a speed of 44 rpm and a pressure of 1 MPa. The rails on which the patternator will move are extended to the midpoint of the wetting area formed as a semicircle with a diameter of 14.30 m, perpendicular to the direction of progress (a =

2.70 m). Measurements were continued by advancing the patterner on the rail from left to right each time as much as its own length. The same procedures were repeated for each patterner position of the spray applications of three different pressures of the 60 rpm

oscillation speed of the electro-jet. Accordingly, the widest wetting area of the boomless oscillating field sprayers' operation was determined. Finally, the rail system was mounted on the widest wetting area to collect water in all operating conditions (Figure 2).



Figure 1. The mechanism in which experiments are carried out

As shown in Figure 3, via a rail system the patternator was pulled along the wetting area left to right according to the travelling of the simulated tractor. In order to ensure that each spraying was applied for 180 seconds, the spray flow was adjusted through the control lever located on the sprayer regulator. The patternator measurements were taken

in the same position each with three replications. By the way, distribution of the application also discovered and the data was overlapped. After wetting area determination of each process condition, the experiments were started with patternator which was on a rail system with three different pressures and two oscillating rates.

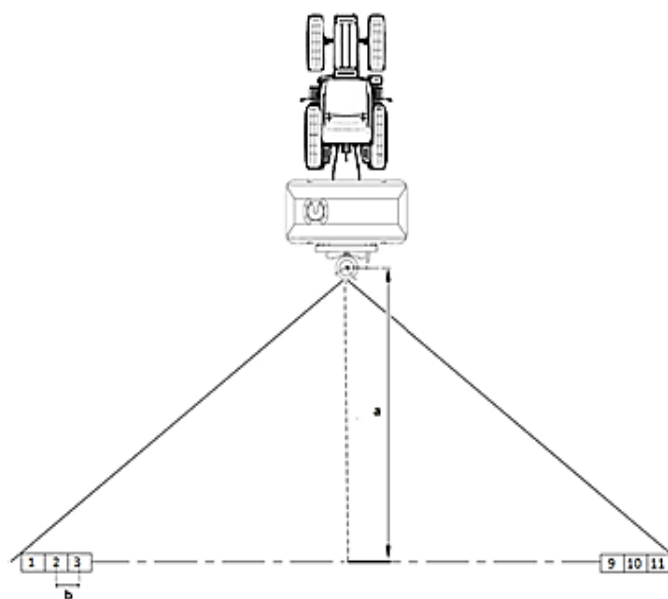


Figure 2. The method for measuring transverse spray distribution of field sprayer

During the working of the boomless oscillating sprayer, the pesticide must be overlapped a little bit on the surface of the field in each pass to distribute the pesticide better. In experiments data was obtained stationary condition, therefore for each operation data must be overlapped according to the middle axis. The CV% values was calculated for both the steady and the overlapped conditions which was determined for each experiment.

The boomless oscillating sprayer was driven at a fixed height by a speed variator to give the desired stable oscillating rate. Thus, possible changes of machine progress rate and spray height was prevented. The test runs were carried out in a closed environment for preventing the impact of lateral and frontal winds on distribution during all test runs. An AC/DC convertor was used as the power supply for the motor which was used for oscillating the spray nozzles of the sprayer. A dual-outlet Pacific brand power supply generating 0-30 Volt, 0-5 Ampere

current has been used for 12 Volt power needed for operating Boomless oscillating field sprayer device. During test runs, the temperature was measured as 22 °C and humidity as 47%.

The experiments are assessed according to the random block trial model, the triple repeat level of 2 factors the electro-jet device's two oscillating rates and three spray pressures. Anonymous (2018), package software was used in the mathematical and statistical evaluations of the obtained results. Since the data did not show normal distribution, the studies were performed in 95% confidence interval according to Friedman Multiple Variance Analysis.

RESULTS AND DISCUSSION

The volumetric distribution pattern obtained from the experiments conducted at 44 rpm and three different pressures are given in Figure 3.

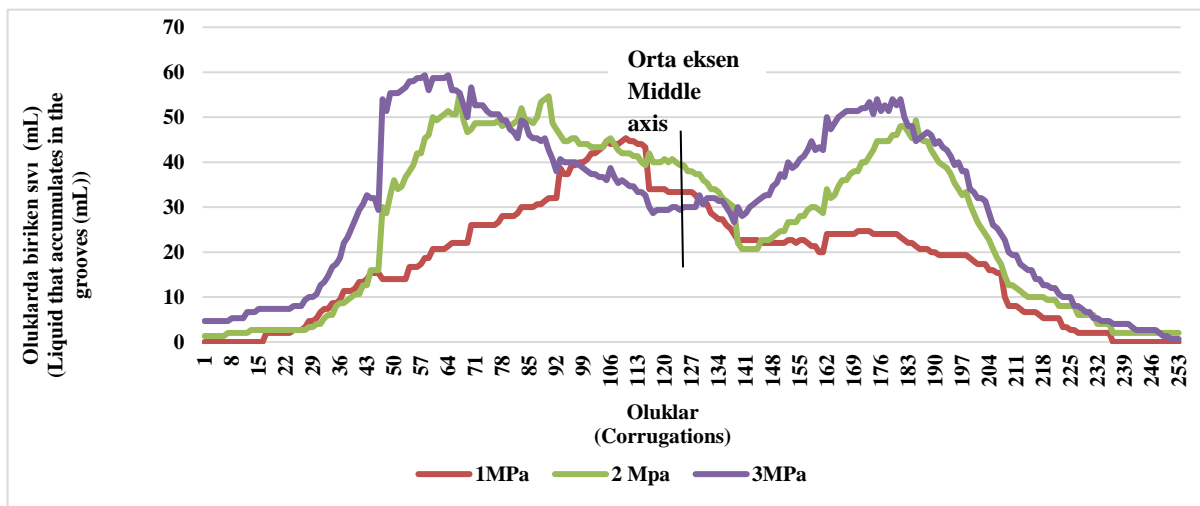


Figure 3. Static pattern at 44 rpm oscillation speed and three different pressures

Generally, it has been observed that there was more liquid accumulation at the left side of sprayer travelling direction than the right side. There are two nozzles on the left application lever of the device.

Designed for application towards the center of the target surface, the second nozzle appears to cause more fluid to accumulate (Table 2) on the left surface rather than its center (Figure 4).

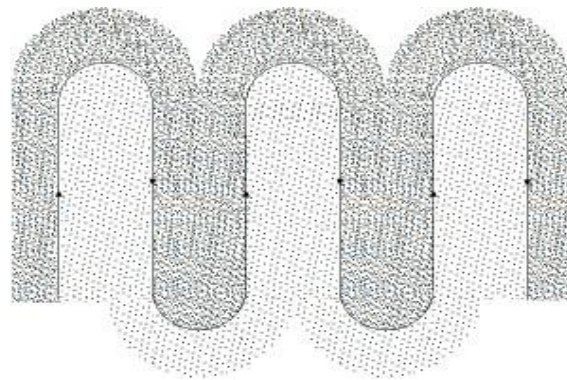


Figure 4. Field application representation pattern of the sprayer

Table 2. The amount of liquid sprayed by the electro-jet device to the left and right side of the middle axis (mL)

Oscillation speed (rpm)	Direction	Pressure (MPa)	Liquid amount (mL)	%
44 rpm	Left	1	2669	58
		2	3833	57
		3	4187	54
	Right	1	1938	42
		2	2933	43
		3	3589	46
60 rpm	Left	1	3757	54
		2	3833	57
		3	5293	56
	Right	1	3223	46
		2	2933	43
		3	4167	44

Especially, it was observed that there is an excessive liquid accumulation 300 to 540 cm from the left side of the axis of the sprayer travelling direction. This is close to the results reported by Tücer (2008). In addition, the difference between the travel speeds in terms of drop numbers reaching 2.5m, 5m and 10 meters was found statistically insignificant with 99% probability. This causes the distribution to be irregular. Three different pressure applications of 44 rpm speed are designed as field applications considering ISO 5682-2 (2017) standard. By analyzing the distribution pattern of the device at 1 MPa, we can say that a bad distribution is obtained with the high 57.33% coefficient of variance shown in Table 3. According to the variation coefficient and the standard deviation stated in Table 3 of this application and the direction of movement specified in Figure 4 according to, effective spray width is

obtained as 11.20 m when the indentation dimensions in Figure 5 are applied (Table 3).

Spray distribution of the device at 44 rpm oscillation speed and 2 MPa pressure has caused accumulation on the right side and especially on the left sides. On the left side of the direction of travelling, more and relatively more favorable distribution has occurred than on the right side. As coming closer to the middle axis, the amount of application liquid has reduced. This reduction is at a level, which will distort the desired covering order. The effective spray width of the patterator was determined as 11.80 m according to the variation coefficient and standard deviation related to Table 3 which was created taking into account the data obtained from the position of the patterator on the rail.

Table 3. Standard deviation, standard error, %CV, and spray length values obtained from patternator corrugations

Oscillation rate (rpm)	Pressure (MPa)	Pattern type	Standard deviation	Standard error	CV %	Spray length (m)
44	1	Static	12	0.79	57.33	14.30
	2		17	1.12	59.97	16.40
	3		17	1.14	52.86	17.60
	Overlapped	1	7	0.49	29.19	11.20
		2	9	0.62	22.64	11.80
		3	10	0.66	24.45	12.00
60	1	Static	17	1.10	59.26	14.30
	2		18	1.12	65.17	16.40
	3		20	1.23	52.25	17.60
	Overlapped	1	7	0.47	17.28	11.55
		2	9	0.61	23.49	11.55
		3	11	0.73	23.28	12.80

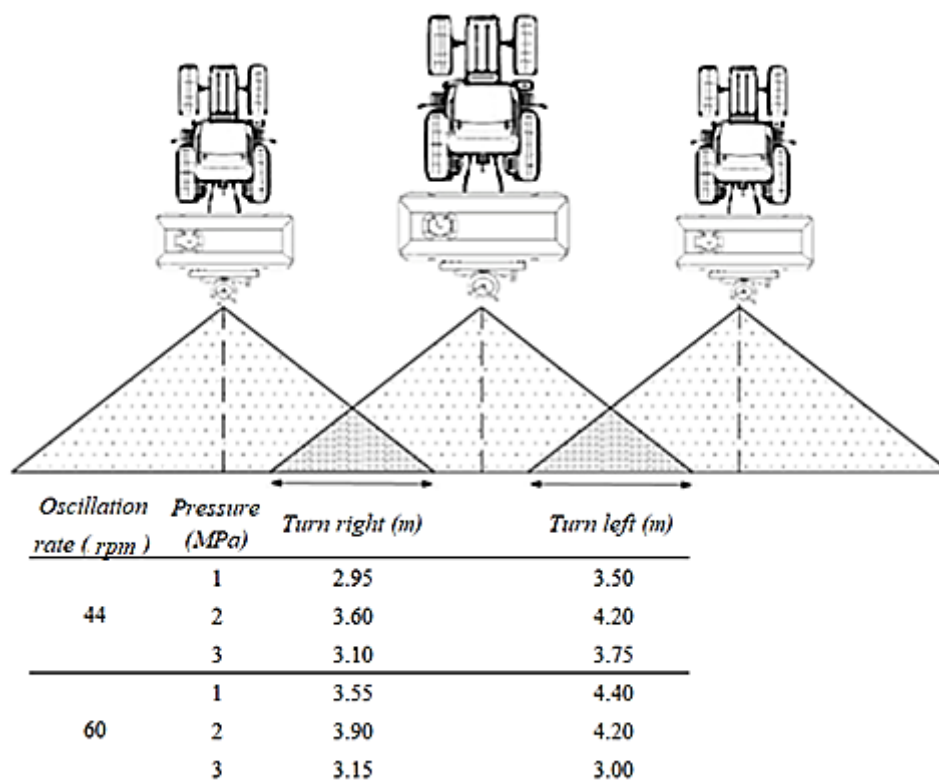


Figure 5. Indentations to be considered in turns for a proper distribution in field application

Considering the variation factors of effective spray width and standard deviation consisting a stable distribution of this application where, for a good practice, the activities should be carried out in accordance with the effective spray width by considering the covering rate. If, the graphic indicating the distribution pattern at 44 rpm oscillation speed and 3 MPa pressure is analyzed, the most significant characteristic of distribution is that the device distorts the order by accumulating

distribution from the center point to right and left side. It has been observed that there was more accumulation at the left side while there was also a hill formed distribution on both sides. Considering that the positions of the patternator on the track with 17.60 m maximum covering width (wetting width) measured directly at the application area, it has been determined based on the standard deviation and coefficient of variation the effective spray width was 12.00 m (Table 3). In 3 MPa pressure setting at the

same oscillation speed, the coefficient of variation factor has given the highest result with 24.45% value. 3 MPa pressure application 44 rpm oscillation speed gives and the worst distribution pattern results which should be avoided

When the spray values obtained at the same speed at different pressures are compared, all three distributions cannot achieve the desired level of distribution according to the coefficient of variation. According to the standard error in Table 3, it can be said that there is an increase in deterioration with increasing pressure. Wolf et al. (2014), reported that at low pressures, they formed a uniform volumetric

distribution throughout the transverse distribution of the nozzles, and at high pressures, pattern distortions occurred. The most important disadvantage of working at low pressures is application with a small amount of liquid.

Figure 6 is formed by overlapping the covering rates obtained by the indentation sizes indicated in Figure 5 of the right and left booms of the nozzles. Accordingly, the best spray pattern at an oscillation rate of 44 rpm is obtained by applying 2 MPa pressure with a variation coefficient of 22.64%, and 1 MPa pressure with a variation coefficient of 29.19%.

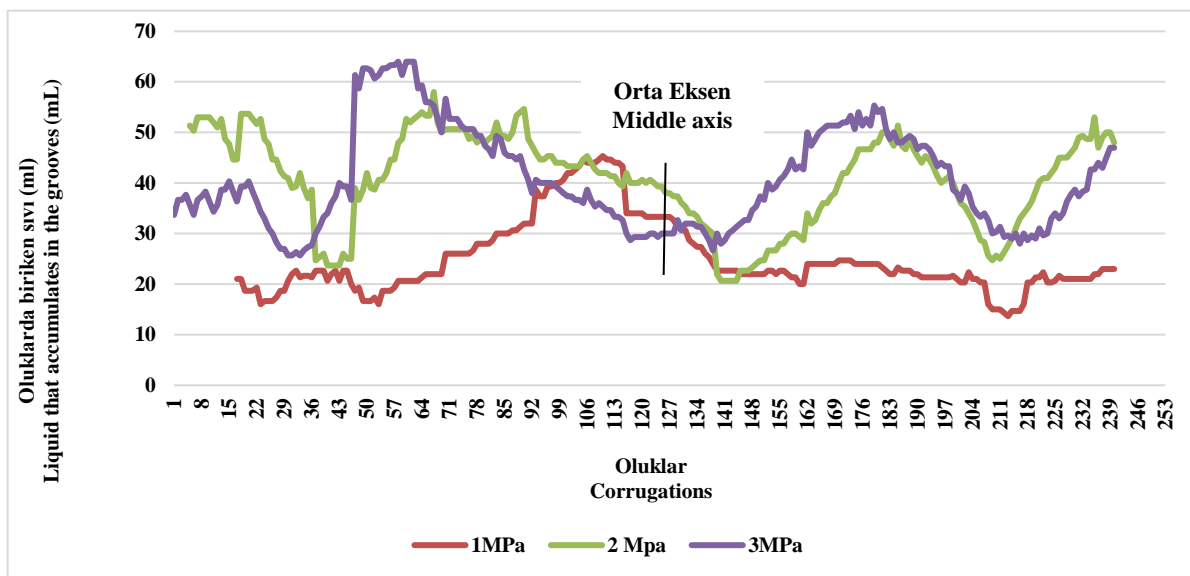


Figure 6. Static pattern with overlapping pulverization application at 44 rpm oscillation speed and covering rate addition at three different pressures

The distribution data obtained from the second speed level of boomless oscillating field sprayer device which is 60 rpm oscillation speed and 1 MPa pressure are given in Figure 7. While, the maximum spray width directly determined during application has been found as 14.30 m, it has been detected that the effective spray width is 11.55 m considering the standard deviation and coefficient of variation (Table 3).

In addition, the spray pattern obtained from the same pressure and different oscillation speeds gave different results when compared to standard errors. According to the pattern data which was obtained at 60 rpm oscillation speed and 2 MPa pressure, there

has been approximately more accumulation from 180 to 420 cm at the left side of axis of travelling direction. For both oscillating speed, this pressure has accumulated the liquid amount applied on the axis of travelling direction at edges and caused important distortions by leaving the center significantly empty. Consequently, it is not recommended to work at this pressure for obtaining a proper distribution pattern. During the application, it has been determined that the effective spray width is 11.55 m (Table 3) according to the standard deviation and coefficient of variation in this distribution where the maximum covering spray width was measured as 16.40 m.

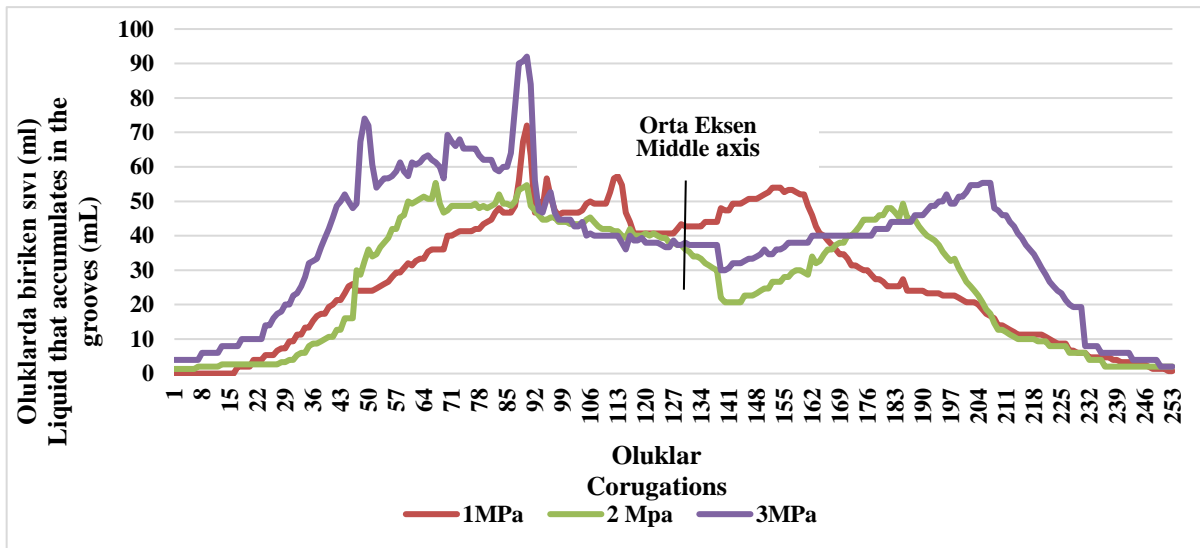


Figure 7. The static pattern at 60 rpm oscillation speed and three different pressures

Three different pressure applications of 60 rpm speed are designed as field applications considering ISO 5682-2 (2017) standard. The covering ratios formed by the spray nozzles were determined by overlapping the data obtained from the corrugations with each other during simulated turns. The 17.28% coefficient of variation, standard deviation and Figure 8 which has been obtained from 60 rpm oscillation speed and 1 MPa pressure application is the most efficient pulverization application done by Boomless oscillating field sprayer device. The acceptable CV% differs based on the research sector. Basically, CV <10 is very good, 10-20 is good, 20-30

is acceptable and CV > 30 is unacceptable (Gomes, 2009).

According to this, spraying should be done at 60 rpm oscillation speed and 1 MPa pressure setting in an operation to be conducted by this device with an efficient spray width, amount of liquid and proper distribution pattern. The variation factor for the distribution pattern obtained at the same speed and 3 MPa pressure setting has been determined as an intermediate level as 23.28%. During this spraying application, the maximum covering width has been determined as 17.60 while its effective spray width has been determined as 12.80 m.

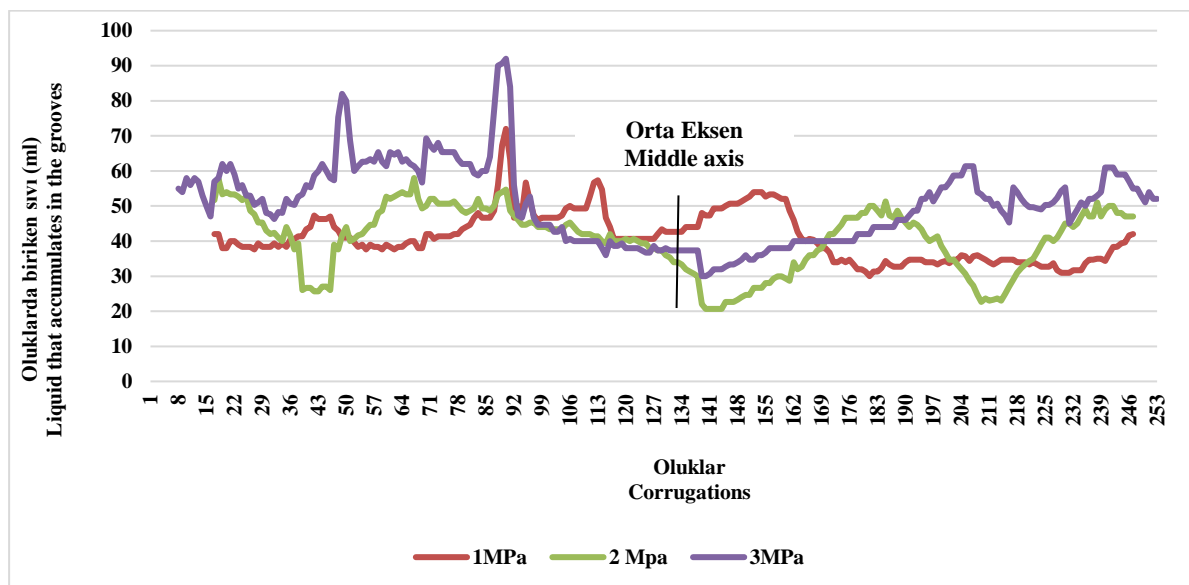


Figure 8. Static pattern with overlapping pulverization application at 60 rpm oscillation speed and covering rate addition at three different pressures

When the oscillation rates in Table 3 are compared according to standard errors, it was observed that the spray data obtained from 44 rpm oscillation speed 1 MPa pressure and 60 rpm oscillation speed 1 MPa pressure give close results.

Effective work widths achieved are greater than the maximum work width specified by Anonymous (2020) and Tücer (2008).

Table 4. Statistical analysis

<i>Test Statistics^a</i>	
<i>N</i>	6831
<i>Chi-Square</i>	9095,075
<i>df</i>	2
<i>Asymp. Sig.</i>	,000

a. Friedman Test

<i>Test Statistics^a</i>			
	<i>Pressure - Speed</i>	<i>Data - Speed</i>	<i>Data - Pressure</i>
<i>Z</i>	-28,104 ^b	-70,322 ^b	-70,070 ^b
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>	,000	,000	,000

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

CONCLUSIONS

The change of spray swath of boomless oscillating field sprayer caused by the increasing pressure gives similar results for classical type sprayers with similar capacities. However, the distribution smoothness of a classical type sprayer decreases after the outer spray jet of the last nozzle, this decrease can be obtained from boomless oscillating field sprayer in a longer distance. Consequently, while shorter marker recesses are left for covering parts of classical type sprayers in turns for ensuring proper distribution on the field surface, the obtained results that this recess should be more for boomless oscillating field sprayer.

Considering the field applications, it is estimated that there will be excessive liquid accumulation at the left side of travelling direction of the tractor. And a less accumulation will be applied at the right side during an application to be carried out by boomless oscillating field sprayer. On the other hand, as the left side of the travelling direction will be subjected to excessive fungicide/herbicide accumulation as the left and right boom applications always correspond to the same direction in turns and there will be less accumulation at the right side, there will be an irregular distribution pattern on the field.

The second fan nozzle placed on the lever carrying out spraying at left side of the travelling direction of Boomless oscillating field sprayer device loads along the left lance it is connected to instead of spraying the liquid to the target zone which is the center. Instead of this, if this nozzle is reconfigured

In the statistical comparison of the average corrugations data obtained from the sprays in two different oscillation speeds and three different pressure applications the differences between the groups were found to be significant at $P < 0.05$ confidence level (Table 4).

in order to provide 90° of spraying on axis of travelling direction as running as an independent lance, it is inevitable to obtain a spraying pattern with proper distribution. Additional constructions lances up to the working width can be attached to the sprayer. Spray width can be increased three times with two new electro-jets placed on the right and left sides.

Statement of Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Authors' Contribution

MCT, AB and MI designed and analyzed the research, organized the study, conducted the preparation of pictures and tables. All authors contributed to the writing, took part in the process of publication, read and approved of the manuscript.

REFERENCES

- Anonymous, 2017. Equipment for crop protection-Spraying equipment. Part 2: Test methods of to assess the horizontal transverse distribution for hydraulic sprayers, International Standard ISO 5682-2:2017 (3): 10.
- Anonymous, 2020. Elektrojet tarla (sebze, tahıl vb) ilaçlama modeli. <https://www.kadmec.com/tarim-makinalari/toprak-isleme-makinalari/ilaclama-makinelere/elektrojet-tarla-ilaclama> (Accessed Date: 3 April 2020).

- Anthonis, J., Ramon, H., 2003. Design of an active suspension to suppress the horizontal vibrations of a spray boom. *Journal of Sound and Vibration*, 266 (3): 573-583.
- Armonk, NY., 2013. IBM SPSS Statistics 22.0 for Windows.
- Debouche, C., Huyghebaert, B., Mostade. O., 2000. Simulated and measured coefficients of variation for the spray distribution under a static spray boom. *Journal of Agricultural Engineering Research* 76 (4): 381-388.
- Ergül, İ., Dursun. E., 2003. The effect of pesticides distribution patterns on the wounds of conical spray nozzle made from different materials. *Journal of Agricultural Sciences*, 9 (3): 278-283.
- Foqué, D., Pieters, J.G., Nuyttens, D., 2012. Spray deposition and distribution in a bay laurel crop as affected by nozzle type, air assistance and spray direction when using vertical spray booms. *Crop Protection*, 41: 77-87.
- Gomes, F.P., 2009. *Curso de estatística experimental*. 15th edn. Piracicaba, Esalq, 477 p.
- Göhlich, H., 1985. Deposition and penetration of sprays. Symposium on Application and Biology, BCPC monogram. 14th Asia Pacific Vibration Conference, Dynamics for Sustainable Engineering, 5-8 December 2011, Hong Kong, 28: pp: 172-182.
- Halliday, D., Resnick, R., Walker, J., 2017. *Fundamentals of physics*. Wiley, 11th edition ISBN-10: 1119460158, 672.
- Harrell, J., 2003. Laboratory sprayer hardware and spray distribution. <http://docplayer.net/44191550-Laboratory-sprayer-hardware-and-spray-distribution.html> (Accessed Date: 14 October 2018).
- Itmec, M., Bayat, A., 2019. Modal analysis of different boom designs of field sprayers with a CAD Program. 1st International Congress on Biosystems Engineering (ICOBEN2019), 24-27 September 2019, Antakya, Hatay, pp: 121-126.
- Lardoux, Y., Sinfort, C., Enfalt, P., Sevilla. F., 2007. Test method for boom suspension influence on spray distribution, Part I: Experimental study of pesticide application under a moving boom. *Biosystems Engineering*, 96 (1): 29-39.
- Ooms, D., Lebeau, F., Ruter, R., Destain, F., 2002. Measurements of the horizontal sprayer boom movements by sensor data fusion. *Computers and Electronics in Agriculture*, 33: 139-162.
- Özkan, H.E., Ackerman, K.D., 1992. An automated computerized spray pattern analysis system. *Applied Engineering in Agriculture*, 8 (3): 325-331.
- Sinfort, C., Herbst, A., 1996. Evaluation of the quality of spray distribution from boom sprayers in practical conditions. *EPPO Bulletin*, 26: 27-36.
- Tücer, A., 2008. Elektro-jet ilaçlama makinası ile pamuk alanlarında yapılan ilaçlamalarda hedef ve hedef dışı alanlardaki ilaç dağılımının saptanması. *Celal Bayar University Journal of Science*, 4 (2): 169-178.
- Xie, Y., Gao, S., Eslamian, M., 2015. Fundamental study on the effect of spray parameters on characteristics of P3HT: PCBM active layers made by spray coating. *Coatings*, 5: 488-510.



Ceviz Sektörü Rekabet Gücü Analizi; Yedi Lider Ülke Örneği

Adem AKSOY^{1,*a}  Haluk Çağlar KAYMAK^{2,b} 

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Erzurum, Türkiye

²Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye

*Sorumlu yazar e-mail: aaksoy@atauni.edu.tr

doi: 10.17097/ataunizfd.773270

Geliş Tarihi (Received): 24.07.2020 Kabul Tarihi (Accepted): 30.03.2021 Yayın Tarihi (Published): 29.05.2020

ÖZ: Çalışmada dünya ceviz üretiminde önemli paya sahip olan ülkelerin üretim, dış ticaret ve rekabet güçleri incelenmiştir. 2018 yılı verilerine göre Türkiye'nin dünya ceviz üretiminde önemli bir ülke olduğunu göstermektedir. Araştırmada 2005-2019 yıllarına ait veri seti kullanılmıştır. Çalışmada Balassa Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlükler Endeksi (RCA), Vollrath Nispi İhracat Avantajı Endeksi (RXA), Nispi Ticari Avantaj Endeksi (RTA), Açıklanmış Rekabetçilik Endeksi (RC), Nispi İthalat Avantaj Endeksi (RMA) ve Ticaret Balans Endeksi (TBI) indekslerinden yararlanılmıştır. İndeks sonuçlarına göre Türkiye'nin dış ticarete rekabet açısından dezavantajlı olduğu ve dünya ceviz ticaretinde ithalatçı durumda olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ceviz, Dış ticaret, Dünya, Türkiye

Competitiveness Analysis of the Walnuts Sector: A Case of 7 Leader Countries

ABSTRACT: In the study, the production, foreign trade and competitiveness of the countries, which have an important share in world walnut production, were examined. According to the 2018 data shows that Turkey is one of the most important walnut producers in the world. The data set belonging to 2005-2019 was used in the research. In the study, Revealed Comparative Advantage (RCA), Vollrath Relative Export Advantage Index (RXA), Relative Trade Advantage Index (RTA), Relative Competitiveness Index (RC), Relative Import Advantage Index (RMA) and Trade Balance Index (TBI) indices were used. According to the index results, it is concluded that Turkey is disadvantaged in terms of foreign trade competition and Turkey has importer position in world walnut trade.

Keywords: Walnuts, Foreign trade, World, Turkey

GİRİŞ

Ceviz (*Juglans regia* L.) Juglandaceae familyası içerisinde yer alan, sert kabuklu ve ılıman iklim meyve türlerinden bir tanesidir. Dünyada yaklaşık 60 farklı türü vardır ve bunlardan 21 tanesi *Juglans* cinsidir (Ahmad et al., 2018). Cevizin orijinin İran'ın Hazar denizi kıyısında bulunan Ghilan bölgesi olduğu kanısı yaygın olmakla birlikte, orta Asya'ya özgü olan *J. regia*, eski Sovyetler Birliği'nin güney kısımlarından Çin'e ve doğu Himalayalara, güneydoğu Avrupa ve Kafkaslardan Türkiye ve İran'a kadar geniş bir alanda hem doğal olarak yetişmekte hem de kültürü yapılmaktadır (Britton et al., 2007).

Ceviz M.Ö. 1000'den bu yana hem insan sağlığı hem de beslenme amaçlı değerlendirilmektedir

(Jaiswal and Tailang 2017). Nitekim, ceviz (*J. regia*), antik çağlardan beri ishal, hiperglisemi, kanser, bulaşıcı hastalıklar, anoreksiya, egzama, astım, antihipertansif, nöroprotektif, helmintiyazis, artrit, sinüzit, mide ağrısı ve cilt bozuklukları gibi çeşitli rahatsızlıkları tedavi etmek için kullanılmaktadır (Girzu et al., 1998). Bunun yanında, ceviz, protein, yağ ve mineral bakımından oldukça zengindir ve konsantre enerji kaynağıdır (Ahmad et al., 2018). Ayrıca, ceviz çok çeşitli flavonoidler, fenolik asitler ve ilgili polifenollerin iyi bir kaynağı olup (Anderson et al., 2001), önemli miktarda B grubu vitamin içerir ve diğer tüm sert kabuklu meyve türleri arasında B-6 vitamini bakımından en zengin olanıdır (Ahmad et al., 2018).

Bu makaleye atıfta bulunmak için / To cite this article: Aksoy, A., Kaymak, H. Ç., 2021. Ceviz Sektörü Rekabet Gücü Analizi; Yedi Lider Ülke Örneği. Atatürk Univ. Ziraat Fak. Derg., 52 (2): 139-147. doi: 10.17097/ataunizfd.773270

^aORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4342-9272>

^bORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0836-7654>



Türkiye dünyada önemli ceviz üretici ülkelerden biridir. Nitekim, Çin Halk Cumhuriyeti, ABD, İran, Türkiye, Meksika, Ukrayna ve Şili dünyadaki önemli ceviz üretici ülkelerdir. Dünya ceviz üretiminin yaklaşık %44'ünü Çin Halk Cumhuriyeti yaparken, bu yedi ülke ise toplam üretimin %87'sini yapmaktadır. Türkiye'de ise 2000'li yılların başlarında 126 bin ton/yıl olan ceviz üretimi, yaklaşık %79 artışla 2019 yılı verilerine göre 225 bin ton seviyelerine ulaşmıştır ve dünya ceviz üretiminin %5.9'unu karşılamaktadır. Türkiye'de hemen hemen her bölgede yetiştiriciliği yapılan ceviz, en çok sırasıyla, Hakkari, Kahramanmaraş, Mersin, Bursa, Denizli, Sakarya, Antalya, Manisa, İzmir ve Balıkesir illerinde yapılmaktadır. Bununla birlikte, yine 2019 yılı verilerine göre, Türkiye'de 11.3 milyon meyve veren, 10 milyon da meyve vermeyen yaşta ceviz ağacı bulunmaktadır. Türkiye'de ceviz üretimi yaklaşık 1246 ha alanda yapılmakta olup ağaç başına verim ortalama 20 kg'dır (FAO, 2020; TÜİK, 2020).

Türkiye ceviz üretim sektörünün rekabetçi ve verimli bir sektöre dönüşebilmesi için modernizasyonu, rekabet gücü ve ihracat potansiyelinin artırılması konularının mevcut durumunun belirlenmesi gerekmektedir. Ceviz sektöründe ihracat için üretimin çeşitlendirilmesi, ülkeye daha fazla döviz girdisi sağlanması ve kırsal alanların değerlendirilip karlılığın artırılması gerekmektedir.

Bu nedenle, bu çalışmada, dünya ceviz üretiminde önemli aktörlerden biri olan Türkiye'deki ceviz sektörü rekabet gücünün, Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlükler Endeksi, Vollrath Nispi İhracat Avantajı Endeksi, Nispi Ticari Avantaj Endeksi, Açıklanmış Rekabetçilik Endeksi, Nispi İthalat Avantaj Endeksi, ve Ticaret Balans Endeksi kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışmanın ana materyalini Uluslararası Ticaret Merkezi (INTRACEN) veri tabanından elde edilen ticaret verileri oluşturmaktadır (INTRACEN, 2020). Araştırmada 2005-2019 yıllarına ait veri seti kullanılmıştır. Çalışmada veri seti dışında yerli ve yabancı literatür ve istatistiklerden de yararlanılmıştır. Çalışmada Balassa Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlükler Endeksi (Revealed Comparative Advantage-RCA), Vollrath Nispi İhracat Avantajı Endeksi, (Relative Export Advantage-RXA) Nispi Ticari Avantaj Endeksi, (Relative Trade Advantage-RTA) Açıklanmış Rekabetçilik Endeksi, (Relative Competitiveness-RC) Nispi İthalat Avantaj Endeksi, (Relative Import Advantage-RMA) ve Ticaret Balans Endeksi, (Trade Balance Index-TBI) sonuçları tablolar halinde sunulmuştur.

Uluslararası ticarete rekabet gücünün ölçülmesinde çok sayıda indeks kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan indeksler, Balassa and Vollrath indeksleridir (Hinloopen and Marrewijk 2000; Lyfor and Welch 2004; Tao and Fu 2007; Fertö, 2008; Serin ve Civan 2008; Bojnec and Fertö 2012; Balogh ve Jambor 2017; Terin vd., 2018). Bu nedenle çalışmada Balassa ve Vollrath indeksleri kullanılmıştır. Balassa (1965) tarafından geliştirilen bu endekste bir endüstrideki ülkenin toplam ihracatı içindeki payı hesaplanıp, aynı endüstrideki dünya ihracatının toplam dünya içindeki payına oranlanması olup, Balassa indeksi olarak da adlandırılmaktadır (Atik, 2005; Akdağ, 2013). Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlükler indeksi, uluslararası ticarete uzmanlaşmayı ölçmeye yarayan bir indeks olup literatürde yaygın kabul görmektedir (Kanaka and Chinadurai 2012; Pilinkiene, 2014; Torok and Jambor 2016; Çukur vd., 2017). RCA indeksi bir ülkenin güçlü ve zayıf ihracatçı sektörlerini belirlemeye yönelik çalışmalarda kullanılmaktadır (Aiginger, 2000; Bojnec and Fertö 2007; Terin ve Yavuz 2018). Buradaki amaç, karşılaştırmalı üstünlüğün altında yatan kaynakları belirlemekten çok, ülkenin karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olup olmadığını belirlenebilmesidir (Çakmak, 2005). Balassa'nın RCA indeksi şu şekilde formüle edilmektedir:

$$RCA_{ij} = \left[\frac{X_{ij}}{X_i} \right] / \left[\frac{X_{wj}}{X_w} \right] \quad (1)$$

Burada, RCA_{ij}, 'i' ülkesinin 'j' sektörü için açıklanmış karşılaştırmalı üstünlükler indeksini, X_{ij} 'i' ülkesinin 'j' sektörünün ihracatını, X_i 'i' ülkesinin toplam ihracatını, X_{wj} 'j' sektörü dünya ihracatını ve X_w toplam dünya ihracatını göstermektedir. RCA indeksi 0 ile ∞ arasında bir değer almaktadır. Eğer endeks değeri 1'den büyük ise rekabet gücünün hesaplanması için ele alınan ülkenin karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğunu gösterir. Birden küçük çıkması durumunda ise ülkenin rekabet gücünün olmadığını ve karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olmadığını gösterir (Hinloopen and Marrewijk 2000; Havrila and Gunawardana 2003; Esmaili, 2014).

Balassa'nın RCA indeksine alternatif olarak geliştirilen ve yaygın olarak kullanılan Vollrath'ın indeksidir. Vollrath'a göre indeksin hesaplanmasında ihracat ile birlikte ithalat değerleri de hesaba katılmalıdır. Bu nedenle Vollrath, Balassa indeksine alternatif olarak üç ölçüm yöntemi geliştirmiştir. Bu ölçümlerden birincisi Nispi İhracat Avantajı (RXA) indeksidir. RCA ve RXA endeks formülleri incelendiğinde aslında RCA=RXA olduğu görülmektedir.

Nispi ihracat avantajı indeksi belirli bir üründe herhangi bir ülkenin dünya piyasalarında sahip olduğu ihracat payının diğer bütün mallarda dünya ihracatında sahip olduğu paya oranı olarak

tanımlanabilir (Atik, 2005). İndeksin bu özelliği, ele alınan ülkelerin ve malların toplam ihracat (dünya) hesaplanırken dışta tutulmasına ve böylece ele alınan ülke ve malın iki defa hesaplamaya dahil edilmesini engellemektedir (Fertö and Hubbard 2003; Çakmak, 2005; Altay ve Gürpınar 2008). Vollrath'ın ikinci ölçüm yöntemi Nispi Ticaret Avantajı (RTA) olup, Nispi İhracat Avantajı (RXA) ile Nispi İthalat Avantajı (RMA) arasındaki fark olarak hesaplanmaktadır. Üçüncü yöntem ise Açıklanmış Rekabetçilik indeksidir. RXA indeksinin 1'den büyük olması ilgili sektörün rekabet avantajına sahip olduğunu gösterir (Utkulu ve Seymen 2004). Vollrath'a göre, RMA değerinin 1'den küçük olması ilgili sektörün rekabet avantajına sahip olduğunu ve RC indekslerinin pozitif değerler alması karşılaştırmalı avantajı, negatif değerler alması ise karşılaştırmalı dezavantajı göstermektedir (Vollrath, 1991; Frohberg and Hartmann 1997; Akhtar et al., 2013; Bashimov, 2016). Bu indeksler aşağıdaki gibi formüle edilmiştir

$$RXA_{ij}=(X_{ij}/X_{nj})/(X_{ir}/X_{nr}) \quad (2)$$

$$RMA_{ij}=(M_{ij}/M_{nj})/(M_{ir}/M_{nr}) \quad (3)$$

$$RTA_{ij}=RXA_{ij}-RMA_{ij} \quad (4)$$

$$RC_{ij}=\ln(RXA_{ij})-\ln(RMA_{ij}) \quad (5)$$

Formülde, X = ihracatı, M = ithalatı, n = geri kalan tüm malları ve r = dünyanın geri kalanını göstermektedir. Buna göre;

RTA= j ülkesinin i malında görelî ticaret ij avantajını RXA = j ülkesinin i malında görelî ihracat ij avantajını, RMA= j ülkesinin i malında görelî ithalat ij avantajını, RC=j ülkesinin i malında görelî rekabet ij üstünlüğü indeksini ifade etmektedir.

Araştırmada, rekabetçilik düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan diğêr bir indeks ise

Ticaret Dengesi İndeksi (Trade Balance Index, TBI) dir. TBI, bir ülkenin belirli bir malda net ihracatçı veya net ithalatçı ülke olup olmadığını belirlemek için kullanılmakta ve aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir (Lafay, 1992; Widodo, 2008).

$$TBI_{ij} = \frac{X_{ij}-M_{ij}}{X_{ij}+M_{ij}} \quad (6)$$

Bu formülde; TBI_{ij} i ülkesinin j malı ticaret dengesi indeksini göstermektedir. X_{ij} ve M_{ij} ise i ülkesinin j malı ihracatını ve ithalatını göstermektedir. Bu indeks -1 ile +1 arasında bir değêr almaktadır. Eğer TBI_{ij}>0 ise ÷lke söz konusu malda net ihracatçı konumdadır. Eğer TBI_{ij}<0 ise ÷lke söz konusu malda net ithalatçı konumdadır (Widodo, 2008; Ullah and Kazuo 2013; Topçu ve Sarıgöl, 2015).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Coğrafi geçmişı, yayılma alanı ve ticari önemi olan cevizin Avrupa ve Asya kıtalarının büyük bir bölümünde yaygın olarak üretimi yapılmaktadır. Cevizin gen merkezleri arasında Türkiye de bulunmaktadır (Akça, 2014; Ketenci ve Bayramoğlu 2018). Dünyada önemli ceviz üreticilerinin başında Çin, Amerika, İran ve Türkiye gelmektedir. Çizelge 1'de 2005-2018 yılları incelendiğinde üretimde ilk sırada ortalama %42'lik pay ile ilk sırada Çin gelmektedir. Bu ÷lkeyi sırasıyla %16'lık pay ile Amerika, %11.6'lık pay ile İran ve %6.6 ile 4. sırada Türkiye izlemektedir (Şen, 2011; Yücer, 2013). İncelenen periyot içerisinde Çin'nin payını arttığı, Amerika ve İran'nın ise paylarını koruduğu Türkiye'nin azda olsa payında azalma olduğu dikkate çekmektedir.

Çizelge 1. Dünya kabuklu ceviz üretimi (%)

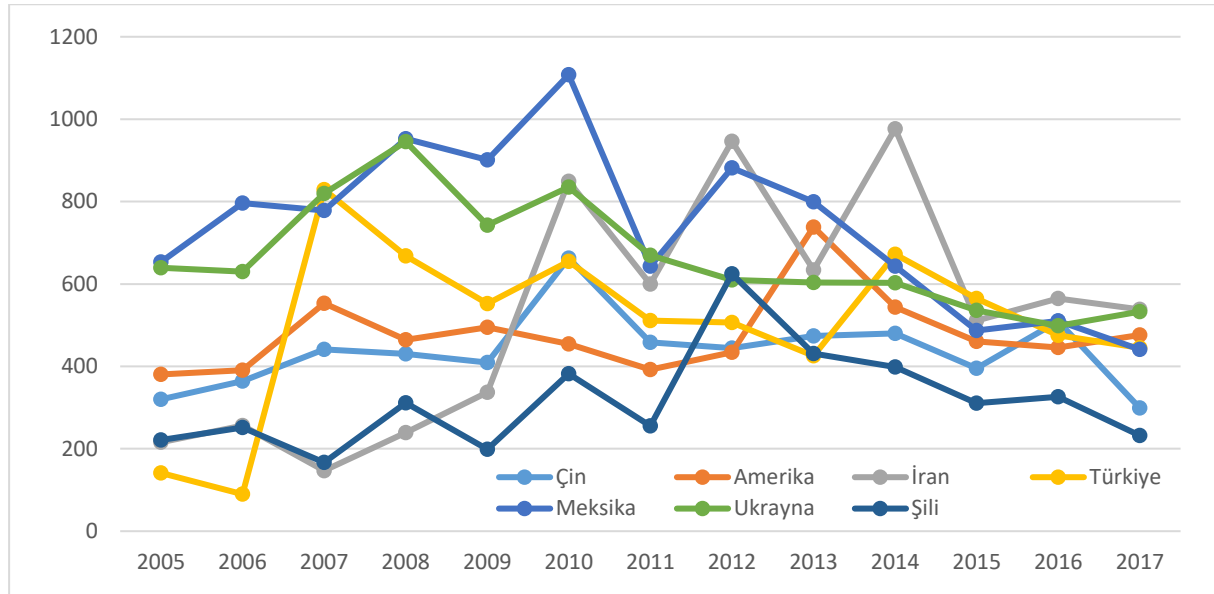
Table 1. World shelled walnut production (%)

Yıl	Çin	Amerika	İran	Türkiye	Meksika	Ukrayna	Şili	Diğêr	Dünya
2005	27.7	17.9	13.7	8.3	4.4	5.0	0.8	22.2	100.0
2006	25.6	17.1	19.8	7.0	3.7	3.7	1.4	21.6	100.0
2007	31.8	15.0	15.1	8.7	4.0	4.1	1.4	19.9	100.0
2008	37.0	17.6	11.6	7.6	3.6	3.5	1.1	18.0	100.0
2009	39.6	16.0	11.3	7.2	4.7	3.4	1.1	16.9	100.0
2010	46.4	16.5	9.7	6.4	2.8	3.2	1.2	13.9	100.0
2011	51.8	13.1	8.8	5.7	3.0	3.5	1.1	13.0	100.0
2012	55.3	13.6	7.8	5.6	3.0	2.7	1.1	11.0	100.0
2013	48.1	14.8	7.4	7.0	3.5	3.8	1.4	14.0	100.0
2014	45.4	15.7	12.2	5.5	3.8	3.1	1.6	12.6	100.0
2015	46.5	15.4	11.8	5.3	3.4	3.2	1.8	12.5	100.0
2016	44.6	18.1	10.1	5.7	4.1	3.1	2.0	12.3	100.0
2017	44.6	16.3	11.2	6.0	4.2	3.1	2.3	12.4	100.0
2018	43.3	16.7	11.2	5.9	4.4	3.5	2.3	12.8	100.0
Ort.	42.0	16.0	11.6	6.6	3.8	3.5	1.5	15.2	100.0

FAO, 2020.

Üretici fiyatlarının yer aldığı Şekil 1’de Şili’de kabuklu ceviz fiyatının diğer üretici ülkelere göre daha düşük olduğu görülmektedir. Genel fiyatlar seviyesine bakıldığında periyodisiteden kaynaklı olarak yıllar içerisinde fiyatlarda aşırı dalgalanma yaşanmaktadır. 2010 yılına kadar Ukrayna ve

Meksika üretici fiyatlarının daha yüksek olduğu, daha sonraki dönemde İran üretici fiyatının bu ülkelerin üretici fiyatları üzerine çıktığı dikkati çekmektedir. 2005-2017 yılları arasında Amerika ve Çin üretici fiyatlarının ise daha istikrarlı seyrettiği görülmektedir.



Şekil 1. Kabuklu ceviz üretici fiyatları (FAO, 2020)
Figure 1. Shelled walnut producer prices (FAO, 2020)

Uluslararası Dünya ceviz ticaretinde rekabet gücünü ölçülmesinde kullanılan Nispi İhracat Avantajı Endeksi (RXA), Nispi İthalat Avantajı Endeksi (RMA), Nispi Ticaret Avantajı Endeksi (RTA), Açıklanmış Rekabetçilik Endeksi (RC) ve Ticaret Dengesi Endeksi (TBI) sonuçları Çizelge 2 ve Çizelge 3’te verilmiştir. Balassa’nın RCA indeks değerleri ile Vollrath’ın RXA indeks değerleri aynı olduğu için Çizelgelerde RCA yerine RXA indeks değerlerine göre yorumlar yapılmıştır. Çizelge 2’de kabuklu ceviz rekabet indeks değerleri incelendiğinde 2005-2019 yılları arasında Türkiye’nin kabuklu ceviz ticaretinde rekabet avantajının olmadığı dikkati çekmektedir. Belirtilen yıllar arasında Türkiye için ortalama RXA, RMA, RTA ve RC indeks sonuçları sırası ile 0,01, 9,12, -9,12 ve -6,91 olarak hesaplanmıştır. Bu dört indeks sonucu Türkiye’nin uluslararası kabuklu ceviz ticaretinde karşılaştırmalı dezavantaja sahip olduğunu göstermektedir. Türkiye’nin 2005-2019 yılları arası ortalama TBI indeks sonucu -1,00 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar Türkiye’nin uluslararası kabuklu ceviz ticaretinde net ithalatçı konumunda

olduğunu ortaya koymaktadır. Nitekim, Güvenç ve Kazankaya (2019), çalışmalarında Türkiye’nin ceviz dış ticaretinde ithalatçı ülke olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışma sonuçları Amerika, Şili ve Ukrayna’nın uluslararası kabuklu ceviz ticaretinde karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğunu göstermiştir. Bu ülkelere ait RXA, RMA ve RC indeks sonuçları Amerika (5,39, 0,00, 7,94), Ukrayna (6,52, 0,02, 6,51) ve Şili (23,51, 0,52, 4,26) şeklindedir. TBI sonuçları (1,00, 0,99, 0,95) dikkate alındığında ise net ihracatçı konumunda oldukları söylenebilir. İran ve Meksika’ya ait indeks sonuçlarına bakıldığında RXA değerleri sırasıyla 0,17 ve 6,61 olup bu sonuçlara göre Meksika’nın da güçlü bir rekabet avantajına sahip olduğu söylenebilir. Fakat bu ülkelere ait RMA ve TBI değerlerine bakıldığında İran (0,00, 1,00) ve Meksika (6,92, 0,12) değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu değerlere göre İran’ın ihracatçı ve Meksika’nda RMA değerine göre net ithalatçı ve TBI indeksine görede ihracatçı olduğu söylenebilir. Çin’in ise Türkiye gibi ithalatçı ülke olduğu ve kabuklu ceviz ticaretinde dezavantajlı ülke olduğu söylenebilir.

Çizelge 2. Dünya ceviz üretiminde lider ülkelerin rekabet indeks sonuçları (Kabuklu)*
Table 2. Competition index results of leader countries in world walnut production (With shell)

Ü	İN	Yıllar														
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
T		0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
	RMA	1.18	2.86	4.26	5.50	8.98	8.08	8.77	11.08	8.71	9.97	13.62	16.07	10.52	16.42	10.77
	RTA	-1.17	-2.85	-4.26	-5.50	-8.97	-8.08	-8.75	-11.04	-8.71	-9.96	-13.62	-16.07	-10.51	-16.42	-10.77
	RC	-4.75	-5.96	-1.45	-7.96	-6.99	-7.46	-6.07	-5.50	-7.67	-8.28	-9.15	-8.64	-7.19	-8.55	-8.05
	TBI	-0.99	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-0.99	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
Ç	RXA	0.06	0.04	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.20	0.43	1.25
	RMA	0.04	0.04	0.12	0.28	0.52	0.66	0.66	0.82	0.54	0.39	0.31	0.18	0.18	0.15	0.12
	RTA	0.03	0.00	-0.10	-0.25	-0.50	-0.64	-0.65	-0.82	-0.53	-0.39	-0.30	-0.17	0.02	0.28	1.13
	RC	0.58	-0.11	-1.78	-2.29	-2.90	-3.75	-4.21	-7.33	-4.83	-5.11	-4.68	-3.48	0.13	1.05	2.34
	TBI	0.41	0.07	-0.60	-0.79	-0.82	-0.93	-0.96	-1.00	-0.97	-0.98	-0.96	-0.87	0.34	0.64	0.90
A	RXA	5.05	4.79	4.60	5.23	6.11	6.20	6.09	6.11	7.05	5.90	4.99	5.33	4.89	4.22	4.26
	RMA	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
	RTA	5.05	4.79	4.60	5.22	6.10	6.20	6.09	6.11	7.04	5.89	4.99	5.33	4.87	4.21	4.25
	RC	8.37	9.11	11.09	6.70	8.78	9.93	8.82	9.29	6.79	6.47	8.25	6.47	6.00	6.21	6.84
	TBI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00
İ	RXA	0.03	0.07	0.06	0.14	0.05	0.05	0.06	0.27	0.25	0.35	0.10	0.00	0.06	0.89	-
	RMA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
	RTA	0.03	0.07	0.06	0.14	0.05	0.05	0.06	0.27	0.25	0.35	0.10	0.00	0.06	0.89	-
	RC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TBI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
M	RXA	10.78	8.69	7.37	4.03	8.29	5.84	6.08	5.21	3.48	5.83	6.12	8.92	5.17	6.76	6.63
	RMA	10.02	11.06	7.81	11.41	8.03	4.65	5.43	4.32	3.47	3.93	5.82	6.86	5.85	8.96	6.19
	RTA	0.76	-2.36	-0.44	-7.37	0.25	1.20	0.65	0.89	0.01	1.90	0.30	2.06	-0.68	-2.20	0.44
	RC	0.07	-0.24	-0.06	-1.04	0.03	0.23	0.11	0.19	0.00	0.39	0.05	0.26	-0.12	-0.28	0.07
	TBI	0.09	-0.11	0.02	-0.53	0.20	0.25	0.18	0.22	0.20	0.35	0.22	0.37	0.10	-0.01	0.22
U	RXA	5.29	10.32	10.46	14.73	10.91	8.29	7.45	7.50	2.38	2.07	2.31	4.95	1.55	3.11	-
	RMA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.02	0.12	0.04	-
	RTA	5.29	10.32	10.46	14.72	10.91	8.29	7.45	7.47	2.38	2.07	2.29	4.94	1.44	3.07	-
	RC	-	-	-	8.07	-	-	-	5.37	-	-	4.88	5.58	2.59	4.34	-
	TBI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	0.99	1.00	0.89	0.98	-
Ş	RXA	11.63	10.76	10.90	20.25	11.73	17.73	20.31	14.65	17.19	24.27	36.78	21.31	46.14	47.97	40.98
	RMA	1.95	1.33	0.04	0.00	0.36	0.88	0.11	0.55	0.54	1.10	0.35	0.32	0.04	0.02	0.25
	RTA	9.68	9.43	10.86	20.25	11.37	16.85	20.20	14.10	16.65	23.17	36.43	20.99	46.10	47.94	40.73
	RC	1.79	2.09	5.64	-	3.48	3.01	5.18	3.28	3.46	3.10	4.66	4.20	7.03	7.59	5.11
	TBI	0.79	0.80	1.00	1.00	0.97	0.94	0.99	0.94	0.96	0.94	0.99	0.98	1.00	1.00	0.99

Ü: Ülkeler, İN: İndeks, T: Türkiye, Ç: Çin, A: Amerika, İ: İran, M: Meksika, U: Ukrayna, Ş: Şili, *Yazarlar tarafından hesaplanmıştır.

Çizelge 3. Türkiye ve Dünya ceviz üretiminde lider ülkelerin rekabet indeks sonuçları (kabuksuz)*
Table 3. Competition index results of leader countries in world walnut production (shelled)

Ü	İN	Yıllar														
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
T	RXA	0.30	0.36	0.93	1.73	1.50	2.82	3.42	4.52	3.54	3.77	3.10	1.36	1.62	1.46	1.31
	RMA	4.35	4.29	4.76	4.21	5.42	1.67	0.45	2.37	0.82	0.48	0.71	1.95	1.76	1.30	1.43
	RTA	-4.05	-3.93	-3.83	-2.48	-3.93	1.15	2.97	2.15	2.72	3.29	2.39	-0.60	-0.14	0.16	-0.12
	RC	-2.67	-2.48	-1.64	-0.89	-1.29	0.52	2.03	0.65	1.46	2.07	1.47	-0.36	-0.08	0.12	-0.09
	TBI	-0.91	-0.89	-0.76	-0.56	-0.62	0.10	0.67	0.17	0.50	0.73	0.59	-0.22	-0.11	0.05	0.06
Ç	RXA	1.11	1.00	0.73	0.71	0.22	0.20	0.31	0.31	0.33	0.28	0.20	0.13	0.26	0.28	0.41
	RMA	0.12	0.14	0.12	0.07	0.18	0.21	0.10	0.12	0.12	0.17	0.12	0.14	0.10	0.10	0.09
	RTA	0.99	0.87	0.61	0.64	0.04	0.00	0.21	0.19	0.20	0.11	0.09	-0.02	0.16	0.18	0.32
	RC	2.23	2.00	1.80	2.26	0.19	-0.01	1.10	0.93	0.98	0.49	0.56	-0.12	0.93	1.05	1.50
	TBI	0.85	0.82	0.79	0.86	0.25	0.14	0.59	0.54	0.56	0.41	0.50	0.20	0.61	0.62	0.78
A	RXA	4.11	4.15	4.47	4.38	4.80	4.96	5.30	4.86	5.16	5.04	5.16	4.72	4.34	4.26	3.92
	RMA	0.01	0.01	0.03	0.07	0.03	0.04	0.00	0.03	0.04	0.03	0.05	0.03	0.04	0.04	0.05
	RTA	4.11	4.14	4.44	4.31	4.77	4.93	5.30	4.83	5.12	5.00	5.11	4.68	4.31	4.22	3.87
	RC	6.28	5.97	4.99	4.12	5.09	4.83	7.46	5.00	4.82	4.99	4.56	4.95	4.82	4.66	4.41
	TBI	0.99	0.99	0.98	0.95	0.98	0.98	1.00	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97
İ	RXA	0.10	0.34	0.15	0.15	0.42	0.08	0.42	1.42	0.49	1.81	2.34	1.23	1.73	0.22	-
	RMA	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
	RTA	0.05	0.34	0.15	0.15	0.41	0.08	0.42	1.42	0.49	1.81	2.34	1.23	1.73	0.22	-
	RC	0.66	-	-	-	3.89	-	6.27	-	-	-	-	-	-	-	-
	TBI	0.55	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
M	RXA	3.96	4.26	4.35	4.28	3.74	4.97	5.12	5.00	4.16	4.71	5.18	8.20	8.48	10.40	10.08
	RMA	0.90	0.88	0.78	1.01	0.42	0.57	1.00	1.36	0.66	0.00	0.47	0.32	0.38	0.66	0.43
	RTA	3.06	3.38	3.57	3.27	3.32	4.40	4.12	3.64	3.50	4.71	4.72	7.87	8.11	9.74	9.65
	RC	1.48	1.58	1.72	1.44	2.19	2.16	1.63	1.30	1.84	-	2.41	3.24	3.12	2.76	3.15
	TBI	0.66	0.68	0.72	0.62	0.82	0.82	0.72	0.62	0.76	1.00	0.86	0.94	0.93	0.90	0.94
U	RXA	23.14	27.33	16.73	21.45	30.10	21.88	20.72	18.43	12.24	13.76	19.24	16.32	17.38	18.91	-
	RMA	0.05	0.05	0.07	0.09	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	-
	RTA	23.09	27.29	16.66	21.36	30.07	21.87	20.71	18.42	12.23	13.75	19.22	16.32	17.37	18.89	-
	RC	6.12	6.40	5.46	5.47	6.85	8.91	7.53	8.54	7.36	7.51	6.92	7.52	7.51	7.03	-
	TBI	1.00	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-
Ş	RXA	13.82	13.47	13.97	25.23	13.73	19.83	18.69	20.80	24.73	26.07	26.32	23.35	30.27	24.01	27.78
	RMA	0.10	0.04	0.06	0.00	0.03	0.01	0.00	0.08	0.00	0.04	0.07	0.06	0.02	0.00	0.01
	RTA	13.72	13.43	13.91	25.23	13.69	19.82	18.69	20.73	24.73	26.03	26.25	23.30	30.24	24.01	27.77
	RC	4.92	5.75	5.53	-	6.05	7.33	8.33	5.61	11.20	6.41	5.98	6.03	7.13	10.00	8.50
	TBI	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Ü: Ülkeler, İN: İndeks, T: Türkiye, Ç: Çin, A: Amerika, İ: İran, M: Meksika, U: Ukrayna, Ş: Şili, *Yazarlar tarafından hesaplanmıştır.

Çizelge 3’de Türkiye ve Dünya kabuksuz ceviz üretiminde lider ülkelerin rekabet indeks sonuçları verilmiştir. Kabuksuz ceviz rekabet indeks değerleri incelendiğinde 2005-2019 yılları arasında Türkiye’nin kabuklu ceviz ticaretinde rekabet avantajının olmadığı dikkati çekmektedir. Belirtilen yıllar arasında Türkiye için ortalama RXA, RMA, RTA ve RC indeks sonuçlarına göre RXA (2.21) değerinin 2’nin üzerinde olması Türkiye’yi zayıf rekabetçi yaparken RMA (2.40) değerinin 1’in üzerinde olması ithalatçı olduğunu ve RTA ve RC (-0.28, -0.08) değerlerinin 0’dan düşük olması rekabet avantajının olmadığı anlamına gelmektedir. Ketenci ve Bayramoğlu (2018), yaptıkları çalışmada RCA indeksinin 1.3 olarak hesaplanmış olup Türkiye’nin rekabet avantajının düşük düzeyde olduğunu ifade etmişlerdir.

Dünya kabuksuz ceviz üretiminde önde gelen ülkelere ait rekabet indeksleri incelendiğinde başta Şili olmak üzere Ukrayna, Meksika ve Amerika’nın uluslararası kabuklu ceviz ticaretinde rekabet avantajlarının olduğu ve bu ülkelerin net ihracatçı konumunda oldukları söylenebilir. Şili’ye ait RXA, RMA, RTA ve RC indeksleri sonuçları sırasıyla 21.47, 0.03, 21.44 ve 7.05 şeklindedir. Çin ve İran’a ait indeks değerleri incelendiğinde RXA değerlerine göre (0.43 ve 0.78) rekabet avantajlarının olmadığı, RMA indeks değerlerine göre (0.13 ve 0.00) ihracatçı ve TBI değerlerine göre (0.57 ve 0.97) ihracatçı konumunda oldukları söylenebilir.

SONUÇLAR

Dünya’da 2019 yılı itibarıyla 3.7 milyon ton kabuklu ceviz üretimi yapılmaktadır. Çin %43.3’lük üretim payı ile ilk sırada yer almaktadır. İncelenen 7 ülke dünya kabuklu ceviz üretiminin %85’ini sağlamaktadır. Dünya ceviz üretiminde ilk sıralarda yer alan ülkelerin uluslararası Dünya ceviz ticaretinde rekabet gücünün ölçülmesinde Nispi İhracat Avantajı İndeks (RXA), Nispi İthalat Avantajı İndeks (RMA), Nispi Ticaret Avantajı İndeks (RTA), Açıklanmış Rekabetçilik İndeks (RC) ve Ticaret Dengesi İndekslerinden (TBI) yararlanılmıştır. Bu indeks sonuçları bazı durumlarda ülkelerin üretimde önemli potansiyelleri olmasına rağmen uluslararası ticarete söz sahibi olamadıklarını göstermektedir. İndeks sonuçlarına göre Dünya ceviz üretiminin yarısına yakını elinde bulunduran Çin’in hem kabuklu hem de iç ceviz ticaretinde rekabet avantajının olmadığı ve önemli bir ithalatçı ülke olduğunu ortaya koymuştur. Araştırma sonucuna göre, Amerika, Şili ve Ukrayna’nın uluslararası ceviz ticaretinde karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğunu göstermiştir. Bu ülkelerin dünya ceviz ihracatında net ihracatçı olduklarını göstermektedir.

Türkiye dünya ceviz üretiminde önemli bir aktör ve cevizin anavatanı olmasına rağmen üretimin

kapama bahçelerde yapılamaması ve bilinçli üretici sayısının az olması nedeniyle diğer dünya ülkeleri ile mukayese edildiğinde verimliliğin daha düşük olduğu dikkati çekmektedir. Rekabet gücü ölçümünde kullanılan indeks sonuçlarına göre, Türkiye’nin dış ticarete rekabeti açısından dezavantajlı olduğu görülmektedir. Ayrıca Türkiye dünya ceviz ticaretinde ithalatçı durumdadır. Sonuç olarak çalışmada dünya ceviz ticaretinde söz sahibi olmak için yalnızca üretim miktarının yüksekliğinin yeterli olmadığı sonucunu varılmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkıları

Yazarlar, makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Ahmad, N., Singh, S.R., Rashid, M., Mir, H., 2018. Walnut. Fruit Production in India. pp: 661-672.
- Aiginger, K., 2000. Specialization of European manufacturing. Australian Economic Quarterly, 2: 81-92. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.14.0.2635&rep=rep1&type=pdf> (Erişim Tarihi: 16 Nisan 2020).
- Akça, Y., 2014. Ceviz Yetiştiriciliği. Anıt Matbaası, Ankara, 328 s.
- Akdağ, N., 2013. Geçiş Ekonomilerinde Ticari Serbestleşmenin Rekabet Gücüne Etkisi, Bilecik Şeyhedevali Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bilecik, 128 s..
- Akhtar, W., Akmal, N., Shah, H., Niazi, M.A., Tahir, A., 2013. Export competitiveness of Pakistani horticultural products. Pakistan J. Agric. Res. 26 (2): 87-96.
- Altay, B., Gürpınar, K., 2008. Açıklanmış karşılaştırmalı üstünlükler ve bazı rekabet gücü endeksleri: Türk mobilya sektörü üzerine bir uygulama. Afyon Kocatepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 10 (1): 257-274.
- Anderson, K.J., Teuber, S.S., Gobeille, A., Cremin, P., Waterhouse, A.L., Steinberg, F.M., 2001. Walnut polyphenolics inhibit *in vitro* human plasma and LDL oxidation. J Nutr., 131: 2837-2842.
- Atik, H., 2005. Yenilik ve Ulusal Rekabet Gücü, Detay Yayıncılık, Ankara 144 s.
- Balassa, B., 1965. Trade liberalization and revealed comparative advantage. The Manchester School, 33: 99-123.

- Bashimov, G., 2016. Türkiye'nin domates ihracat performansı ve rekabet gücü. *Alinteri*, 31 (B):1-8.
- Bojnec, S., Fertö, I., 2007. Comparative advantages in agro-food trade of Hungary, Croatia and Slovenia with the European Union. IAMO Discussion Paper No. 106, Germany. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/28499/1/548778310.pdf> (Erişim Tarihi: 16 Nisan 2020).
- Bojnec, S., Fertö, I., 2012. Does EU enlargement increase agrofood export duration? *World Economy*, 35 (5): 609-631.
- Britton M.T., Leslie C.H., McGranahan G.H., Dandekar A.M., 2007. Walnuts. *Biotechnology in Agriculture and Forestry, Transgenic Crops V* (ed. by E.C. Pua and M.R. Davey), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 60: 349-370
- Esmaili, A., 2014. Revealed Comparative advantage and measurement of international competitiveness for dates. *Journal of International Food and Agribusiness Marketing*, 26 (3): 209-217.
- Çakmak, Ö.A., 2005. Açıklanmış karşılaştırmalı üstünlükler ve rekabet gücü: Türkiye tekstil ve hazır giyim endüstrisi üzerine bir uygulama. *Ege Akademik Review*, 5 (1): 65-76.
- Çukur, F., Demirbaş, N., Gölge, E., 2017. International competitiveness of the Turkish olive oil sector. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 31 (3): 162-168.
- FAO, 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2020)
- Fertö, I., Hubbard L.J., 2003. Revealed comparative advantage and competitiveness in Hungarian Agri-food sectors. *The World Economy*, 26 (2): 247-259.
- Fertö, I., 2008. The evolution of Agri-food trade patterns in Central European countries. *Post-Communist Economies*, 20(1): 1-10.
- Frohberg, K., Hartmann, M. 1997. Promoting CEA agricultural exports through association agreements with the EU: why it is not working (No. 1). Discussion Paper, Institute of Agricultural Development in Central and Eastern Europe. <https://www.econstor.eu/handle/10419/28578> (Erişim Tarihi: 8 Mayıs 2020)
- Girzu, M., Carnat, A., Privat, A.M., Fialip, J., Carnat, A.P., Lamaison, J.L., 1998. Sedative effect of walnut leaf extract and juglone, an isolated constituent. *Pharm Biol.* 36 (4): 280-286.
- Güvenç, İ., Kazankaya, A., 2019. Türkiye'de Ceviz Üretimi, Dış Ticareti ve Rekabet Gücü. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29 (3): 418-424.
- Havrila, I., Gunawardana, P., 2003. Analyzing comparative advantage and competitiveness: An application to Australia's textile and clothing industries. *Australian Economic Papers* 42 (1): 103-117.
- Hinloopen, J., Marrewijk, C.V., 2000. "On the Empirical Distribution of the Balassa Index", *Review of World Economics/Weltwirtschaftliches Archiv*, 137: 1-35
- INTRACEN, 2020. International Trade Center. <http://www.intracen.org/itc/market-info-tools/statistics-importproduct-country/> (Erişim Tarihi: 05 May 2020).
- Jaiswal, B.S., Tailang, M., 2017. *Juglans regia: A Review of Its Traditional Uses Phytochemistry and Pharmacology*. *Indo American Journal of Pharmaceutical Research*, 7 (9): 390-398
- Kanaka, S., Chinadurai, M., 2012. A study of comparative advantage of Indian agricultural exports. *Journal of Management and Science*, 2 (3): 1-9.
- Ketenci, C.K., Bayramoğlu, Z., 2018. Türkiye'de Ceviz Üretimine Rekabet Analizi, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 5 (3): 339-347.
- Lafay, G. 1992. *The Measurement of Revealed Comparative Advantages in MG Dagenais and PA Muet eds., International Trade Modeling*, Chapman & Hill, London. 1992. ISBN: 10: 0412450003.
- Lyfor, C.P., Welch, J.M., 2004. Measuring competition for textiles: does the U.S make the grade. *Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting in Tulsa, Oklahoma, February 18, U.S.* OECD/FAO. 2017.
- Pilinkiene, V., 2014. Evaluation of international competitiveness using the revealed comparative advantage indices: The case of the Baltic States, *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5 (13): 353-359.
- Serin, V., Civan, A., 2008. Revealed comparative advantage and competitiveness: A Case study for Turkey towards the EU. *Journal of Economic and Social Research*, 10 (2): 25-41.
- Şen, S. M., 2011. Ceviz. *ÜÇM Yayıncılık Ankara*, 220 s.
- Tao, Y., Fu, X., 2007. China's textile industry international competitive advantage and policy suggestion. *Journal of the Washington Institute of China Studies*, 2(1): 84-97. <https://www.bpastudies.org/bpastudies/article/view/24/53> (Erişim Tarihi: 20 Nisan 2020).
- Terin, M., Yavuz, F., 2018. Türkiye Peynir Sektörünün Uluslararası Rekabetçiliğinin Avrupa Birliği Ülkeleriyle Karşılaştırılması

- Analizi, Türk Tarım–Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6 (9): 1243-1250.
- Terin, M., Yıldırım, İ., Aksoy, A., Sarı, M.M., 2018. Competition power of Turkey's honey export and comparison with Balkan Countries. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 24 (1): 17-22.
- Topcu, BA., Sarıgül, S.S., 2015. Comparative advantage and the product mapping of exporting sectors in Turkey. *The Journal of Academic Social Science*, 3 (18): 330-348.
- Torok, A., Jambor, A., (2016). Determinants of the revealed comparative advantages: The case of the European ham trade. *Agricultural Economics*, 62 (10): 471-482.
- TÜİK. 2020. Türkiye İstatistik Kurumu İnternet Sayfası. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim Tarihi: 05 Mayıs 2020).
- Ullah, M.S., Kazuo, I., 2013. Dynamics of comparative advantage and export potentials in Bangladesh. *The Ritsumeikan Economic Review*, 61 (4): 471-484. http://ritsumeikeizai.koj.jp/koj_pdfs/61401.pdf (Erişim Tarihi: 16 Nisan 2020).
- Utkulu, U., Seymen, D., 2004. Trade, Competitiveness and Revealed Comparative Advantage: Evidence for Turkey towards the EU', *European Trade Study Group 6th Annual Conference, Etsg 2004, Nottingham*.
- Widodo, T., 2008. Dynamic changes in comparative advantage: Japan "flying geese" model and its implications for China. *Journal of Chinese Economic and Foreign Trade Studies*, 1 (3): 200-213.
- Vollrath, T.L., 1991. A theoretical evaluation of alternative trade intensity measures of revealed comparative advantage. *Weltwirtsch. Arch.*, 130: 263-279.
- Yücer, M.M., 2013. *Ceviz. Hasad Yayıncılık, İstanbul*, s: 92.



Kuru Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Bazı Tarımsal Özelliklerin ve Kalıtımlarının Çoklu Dizi Analiz Metoduyla Belirlenmesi

Ercan CEYHAN^{1,*}  Duran ŞİMŞEK^{2,b} 

¹Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye

²Akça Tohumculuk A.Ş., Antalya, Türkiye

*Sorumlu yazar e-mail: eceyhan@selcuk.edu.tr

doi: 10.17097/ataunizfd.789112

Geliş Tarihi (Received): 01.09.2020 Kabul Tarihi (Accepted): 18.05.2021 Yayın Tarihi (Published): 29.05.2021

ÖZ: Araştırmada iki adet kuru fasulye (Great Northern 59 ve Alberto) çeşidi ve bir adet ateş fasulyesi (İspanyol, Bombay fasulyesi) (*Phaseolus coccineus* L.) baba ve 6 fasulye (PV04035, PV04086, PV04092, PV04145, PV05001 ve PV05023) hattı ise ana olarak kullanılarak 2017 yılında çoklu dizi analiz yöntemine göre melezlemeler (18 melez kombinasyonu) yapılmıştır. F₁ generasyonu ve ebeveynler 2018 yılında Selçuk Üniversitesi Tam Kontrollü Bitki İslah Serasında yetiştirilmiştir. Çalışmada bitki boyu, bakla sayısı, baklada tane sayısı, bitki tane sayısı, yüz tane ağırlığı ve bitkide tane verimine ilişkin ölçüm, sayım, tartımlar yapılmıştır. İncelenen özellikler için ebeveyn ve F₁ melezlerinde çoklu dizi analiz yöntemine göre genel ve özel kombinasyon yetenekleri, heterosis ve heterobeltiosis değerleri, geniş ve dar anlamda kalıtım dereceleri tespit edilmiştir. Çalışmada PV04145 ve *Phaseolus coccineus* L. hatlarının tane veriminde genel kombinasyon yeteneği yüksektir. “PV05023 x *P. coccineus* L” kombinasyonunun özel uyum yeteneği etkileri yüksek bulunmuştur. Tane veriminde heterosis değerleri %-11.97 (PV05001 x *P. coccineus* L.) ile %39.35 (PV04086 x Great Northern 59) olarak saptanmıştır. İncelenen materyal tane verimi yönüyle heterosis göstermesi ve ortalama verim değerlerinin yüksek olması, Orta Anadolu Bölgesi açısından en önemli ihtiyaç olan yüksek verimli çeşit adayları ihtiyaçlarına cevap verebilecek nitelikte olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Fasulye, Çoklu dizi analizi, Genel kombinasyon yeteneği, Kalıtım, Özel kombinasyon yeteneği

Determination of Some Agricultural Characters and Their Heredity Through Line X Tester Method in Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

ABSTRACT: In this study, the crosses by line x tester (18 hybrid combination) between six bean lines (PV04035, PV04086, PV04092, PV04145, PV05001 and PV05023) and commercial dry bean cultivars (Great Northern 59 and Alberto) and one runner bean (*Phaseolus coccineus* L.) were made in 2017. The F₁ hybrids together with the parents were evaluated in fully-automated plant breeding greenhouse of Selcuk University in 2018. Measurements, counts and weightings were determined plant height, number of pods per plant, number of seeds per pod, number of seeds per plant, hundred-seed weight and plant seed yields of the parents and hybrids. For investigated traits, line x tester analysis method was employed to determine general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA), heterosis and heterobeltiosis values, broad and narrow sense heritability among the investigated traits of the parents and hybrids. In the study, general combination ability of PV04145 and *Phaseolus coccineus* L. lines is high in seed yield. The specific combining abilities of the “PV05023 x *P. coccineus* L.” were found to be high. In the seed yield, heterosis values were determined as -11.97% (PV05001 x *P. coccineus* L.) and 39.35% (PV04086 x Great Northern 59). The fact that the analyzed material shows heterosis in terms of seed yield and the average yield values are high, it shows that this material can meet the needs of high yielding variety candidates in terms of the Central Anatolia Region.

Keywords: Bean, Line x tester analysis, General combination ability, Heredity, Specific combining ability

GİRİŞ

Bitki ıslahında çeşit geliştirme çalışmalarında başarı, sahip olunan varyasyonun genişliği ve bu varyasyondan doğru seçim yapabilme ile doğru orantılıdır. Bu amaçla günümüzde varyasyon

sağlamak amacıyla ıslahçıların başvurdukları en önemli yöntemlerden biri melezlemedir. Fakat zaman, işgücü ve maliyet gibi faktörlerden dolayı ıslahçı belirli sayıda melezleme yapabilmektedir. Bu nedenle çalışma süresinin kısılması ve maliyetin

Bu makaleye atıfta bulunmak için / To cite this article: Ceyhan, E., Şimşek, D., 2021. Kuru Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Bazı Tarımsal Özelliklerin ve Kalıtımlarının Çoklu Dizi Analiz Metoduyla Belirlenmesi. Atatürk Univ. Ziraat Fak. Derg., 52 (2): 148-159. doi: 10.17097/ataunizfd.789112

^aORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9154-9984> ^bORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9839-2716>



azalması ancak doğru ebeveyn seçimi ile sağlanabilmektedir. Ebeveynlerin genetik yapısı ve ele alınan özelliklerin kalıtımı önceden belirlenirse, bu gibi temel bilgilere dayalı ıslah programları daha başarılı olacaktır. Bu nedenle bitki ıslahçısı ebeveynlerin genel kombinasyon yeteneği (GKY), özel kombinasyon yeteneği (ÖKY), genotip x çevre interaksiyonları ve kalıtımı ile ilgili bilgilere sahip olması gerekmektedir. Fasulye gibi kendine döllen bitkilerin ıslahında açılan generasyonlarda ne zaman seleksiyona başlanacağı incelenen özelliğin gen etkisine bağlıdır. Eklemeli gen etkilerinin hakim olduğu ve kalıtımının basit olduğu özelliklerde F₂'den itibaren teksele seçme yöntemi kullanılarak başlanması gerekir (Kranup, 1995). Eklemeli olmayan gen etkisinin önemli olduğu özelliklerde ise seçme işlemi ileriki generasyonlarda yapılmalı ve toptan seçme metodu kullanılmalıdır (Niwas et al., 1990).

Daha önce yapılan çalışmalarda fasulyede tane veriminin eklemeli genler (Zimmermann et al., 1985; Singh and Urrea, 1994; Oliveira Junior et al., 1997; Rodrigues et al., 1998; Barelli et al., 2000), baklada tane sayısının bir tek gen allelinin eklemeli etkisi altında (Al-Mukhtar and Coyne, 1981), ayrıca tane verimi, yüz tane ağırlığı, bakla sayısı, baklada tane sayısı, bitkide bakla sayısı ve bitki boyunun kalıtımında eklemeli olmayan genlerin (Rodrigues et al., 1998; Ceyhan et al., 2014b; Tamüksek and Ceyhan, 2020) etkili olduğu bilinmektedir. Ayrıca fasulyede tane verimi, bakla sayısı, bitki boyu, baklada tane sayısı ve yüz tane ağırlığında (Zimmermann et al., 1985; Singh and Urrea, 1994; Oliveira Junior et al., 1997; Rodrigues et al., 1998; Barelli et al., 2000, Ceyhan et al., 2014b; Tamüksek and Ceyhan, 2020), GKY ve ÖKY'nin varyasyonu ve heterosisin önemli olduğunu tespit etmişlerdir.

Bu ıslah çalışması ile yeni geliştirilecek olan hatların çevre şartlarına uygun, verimli ve kaliteli genotipleri bulup ortaya çıkarmak, ya da eldeki mevcut populasyon veya çeşitlerin yetersiz olan yönlerinin giderilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenlerden dolayıdır ki, Orta Anadolu bölgesinde yetiştirilen ve bugüne kadar göz ardı edilen yerel ekotiplerden daha önce Prof. Dr. Ercan CEYHAN tarafından seçilen ve saf hat haline getirilen genotipler ile Konya ve Karaman illerinde ekilmekte olan Great Northern 59 ve Alberto çeşitlerinden faydalanılmıştır. Bu illeri içerisine alan Orta Anadolu bölgesinde fasulyenin olgunlaşma dönemindeki yüksek sıcaklıklardan dolayı bu çeşitler çiçeklerini dökmekte buna bağlı olarak da kuru fasulyenin tane verimi ve kalitesi düşmektedir (Ceyhan, 2004b; Ceyhan et al., 2008a; 2008b; Harmankaya et al., 2009; Ülker ve Ceyhan, 2008; Varankaya ve Ceyhan, 2012; Ceyhan et al., 2014a; 2014b). Bu bölgeye adapte olabilecek yüksek verimli ve kaliteli fasulyeye

çeşitlerine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada fasulye tarımının en yoğun yapıldığı yer olan Orta Anadolu bölgesine uygun çiçeklenme döneminde yüksek sıcaklığa toleranslı ve yüksek verimli hatlar belirlenmeye çalışılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Araştırmada, iki adet kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) (Great Northern 59 ve Alberto) çeşidi ve bir adet ateş fasulyesi (İspanyol, Bombay fasulyesi) (*Phaseolus coccineus* L.) baba ve 6 fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) hattı ise ana olarak kullanılarak melezleme yapılmıştır. Melezleme işlemi Ceyhan (2004a)'ya göre yapılmıştır. Melezleme işlemi Line x Tester metoduna göre 6 x 3 olacak şekilde yapılmıştır. Bu melezlemelerde ıslah amaçlarımıza uygun ebeveynler kullanılmıştır. Araştırmada özellikle yüksek sıcaklığa dayanıklı saf hatlar (PV04035, PV04086, PV04092 ve PV04145) ile hassas saf hatlar (PV05001 ve PV05023) ana olarak kullanılmıştır. Araştırmada baba olarak kullanılan Alberto ve Great Northern 59 çeşitleri bölgede en fazla ekimi yapılan ve erkenci olan çeşitlerdir (Çizelge 1).

Melezleme işlemi çoklu dizi (line x tester) olacak şekilde yapılan 9 ebeveyn 6 (ana) x 3 (baba) denkleminde göre 18 melez kombinasyonu elde edilmiştir. Elde edilen melez tohumların 18 adedi ve ebeveynler yine sera şartlarında yetiştirilmiştir. Sera denemeleri "Tesadüf Blokları Deneme" desenine göre 1 m uzunluğunda parseller halinde üç tekrürlü olarak "Selçuk Üniversitesi Tam Kontrollü Bitki Islah Serası"nda 30 Mart 2018 tarihinde kurulmuştur. Hasat işlemi Ağustos ayı içerisinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmada melezlerin ve ebeveynlerinin besin maddesi ihtiyacını karşılamak amacıyla bütün deneme alanına üniform bir şekilde dekara 15 kg DAP (Diamonyum Fosfat) gübresi verilmiştir. Yabancı ot mücadelesi elle ve çapayla mekanik olarak yapılmış ve bitkilerin su isteğine bağlı olarak damlama sulama 5 defa su verilmiştir. Bitkilerin yetiştirme süresince Tam Kontrollü Islah Serasının gündüz sıcaklığı 25 °C, gece sıcaklığı 18 °C, nisbi nem %50-55 ve rüzgâr hızı 5 km/saat olacak şekilde sabit tutulmuştur.

Araştırmada incelenen özelliklere ait ölçüm ve sayımlar ebeveyn ve F₁ melezlerinde her parselde 5 bitkiden elde edilmiştir. Araştırmada üzerinde durulan özellikler ait verilerin alınışı Ceyhan, (2004a) göre yapılmıştır. Araştırmada F₁ bitkileri üzerinde yapılan gözlem, ölçümlerden elde edilen veriler "Tesadüf Blokları Deneme" desenine göre ön varyans analizine tabi tutulmuştur. Melezler arasında varyasyon tespit edilen tarımsal özelliklerde çoklu dizi (line x tester) analizi uygulanmıştır (Kempthorne, 1957; Sing and Chaudhary, 1979).

Çizelge1. Melezlemede kullanılan ebeveynlerin bazı özellikleri

Table 1. Some traits of parents used in the cross

Çeşit veya Hatlar	Bazı Tarımsal Özellikleri
<i>Phaseolus coccineus</i> L.	Yurt dışından temin edilmiş kurağa dayanıklı saf hattır (Kalloo, 1993).
Alberto	Türkiye’de en fazla yetiştirilen fasulye Kanada orjinli popülasyondur.
Great Northern 59	Erkenci ABD orijinli fasulye çeşididir.
PV05001	Konya ilinden toplanmış ve daha sonra tek bitki seleksiyonu ile saf hat elde edilmiştir. Ortalama 50-60 cm boylanır. Baklalar düz yassı, açık yeşil renkte, kılıksızdır. Tohum dermason tipinde ve rengi beyazdır (Ülker ve Ceyhan, 2008; Varankaya ve Ceyhan, 2012).
PV04042	Konya ilinden toplanmış ve daha sonra tek bitki seleksiyonu ile saf hat elde edilmiştir. Erkenci, bitki yarı sarılıcı bakla rengi açık yeşil ve üzeri pembe renkte mozaik, olgunlaşmada beyaz tane şekli dermason. Tane rengi beyazdır (Ülker ve Ceyhan, 2008; Varankaya ve Ceyhan, 2012).
PV04026	Konya ilinden toplanmış ve daha sonra tek bitki seleksiyonu ile saf hat elde edilmiştir. Dik gelişen ve 55-60 cm boylanana, sülüksüz, çiçek rengi beyaz, bakla şekli düz, uçlara hafif kıvrık, horoz tipinde ve beyaz tohum rengine sahiptir beyazdır (Ülker ve Ceyhan, 2008; Varankaya ve Ceyhan, 2012).
PV04032	Karaman ilinden toplanmış ve daha sonra tek bitki seleksiyonu ile saf hat elde edilmiştir. Bodur-Dik ve bitki boyu 50-60 cm, çiçek rengi beyaz, baklanın şekli düz-ucu kıvrık, tane tipi horoz, tane rengi beyaz’dır (Ülker ve Ceyhan, 2008; Varankaya ve Ceyhan, 2012).
PV05011	Aksaray ilinden toplanmış ve daha sonra tek bitki seleksiyonu ile saf hat elde edilmiştir. Dik gelişen ve 50 cm boylanana, sülüklü, çiçek rengi beyaz, bakla şekli düz, uçlara hafif kıvrık, dermason tipinde ve beyaz tohum rengine sahiptir (Ülker ve Ceyhan, 2008; Varankaya ve Ceyhan, 2012).
PV05023	Konya ilinden toplanmış ve daha sonra tek bitki seleksiyonu ile saf hat elde edilmiştir. Dik gelişen ve 50 cm boylanana, sülüksüz, çiçek rengi beyaz, bakla şekli düz, uçlara hafif kıvrık, beyaz tohum rengine sahiptir (Ülker ve Ceyhan, 2008; Varankaya ve Ceyhan, 2012).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmada incelenen özelliklere ait çoklu dizi varyans analizi kareler ortalaması Çizelge 2’de, genel ve özel kombinasyon varyansları bunların birbirine oranları, eklemeli ve dominantlık varyansları ve bunların oransal ilişkileri Çizelge 3’de verilmiştir.

Araştırmada incelenen tüm özellikler için hesaplanan varyans analizinde genotiplerin, ebeveynlerin ve melezlerin kareler ortalamalarının istatistiki bakımdan önemli olduğu bulunmuştur. Hatlar arasında yüz tane ağırlığı hariç diğer özelliklerin hepsinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Testerler arasında ise bakla sayısı, baklada tane sayısı ve yüz tane ağırlığı hariç diğer tüm özelliklerde istatistiki bakımdan önemli farklılıklar bulunmuştur. Hat x Tester interaksyonuna ait varyanslar içinde ise tüm özelliklerde çok önemli farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 3 incelendiğinde çalışmada incelenen tüm özelliklerde F₁ melezlerinde $\sigma^2_{GKY} / \sigma^2_{ÖKY}$ oranlarının 1’den küçük ve (H/D)^{1/2} oranının da 1’den

büyük çıkması bize eklemeli olmayan gen etkisinin yani dominant gen etkisinin bu özelliğin kalıtımında etkili olduğunu göstermektedir. Oliveira Junior et al. (1997), Barelli et al. (2000), Ceyhan et al. (2014b) fasulye bitkisinin bitki boyunun kalıtımında eklemeli olmayan gen etkisinin ve dominant gen etkisinin etkili olduğunu bildirmişlerdir. Ceyhan et al. (2014b) fasulyede bitkide tane sayısının ve tane veriminin kalıtımında eklemeli olmayan gen etkisinin ve dominant gen etkisinin etkili olduğunu bildirmiştir. Ancak Rodrigues et al. (1998), Barelli et al. (2000), Ceyhan et al. (2014b) ise bizim çalışmanın tersine fasulyede bitkide bakla sayısının kalıtımında eklemeli gen etkisinin etkili olduğunu bildirmiştir. Yine Zimmermann et al. (1985), Singh and Urrea (1994), Oliveira Junior et al. (1997), Rodrigues et al. (1998), Barelli et al. (2000) ise fasulye bitkisinin tane veriminin kalıtımında eklemeli gen etkisinin ve dominant gen etkisinin etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 2. Fasulye F₁ melezlerinde incelenen tane verimi ve bazı verim özellikleri için çoklu dizi analiz metoduyla hesaplanan kareler ortalamaları

Table 2. The average of squares calculated by line x tester method for seed yield and its components in F₁ hybrids of beans

Varyasyon Kaynakları	SD	Bitki Boyu	Bakla Sayısı	Baklada Tane Sayısı
Tekerrür	2	0.858	3.012	0.109
Genotipler	27	734.035**	92.871**	0.799**
Ebeveynler	8	1720.520**	50.176**	1.015**
Melezler	17	270.716**	79.407**	0.620**
Ebev. x Melez İnt.	1	1452.605**	756.173**	2.900**
Hatlar	5	165.042*	189.763**	1.196**
Testerler	2	1616.415**	70.296	0.592
Hat x Testerler İnt.	10	54.414**	26.052**	0.338**
Hata	52	13.978	2.576	0.073

Varyasyon Kaynakları	SD	Bitkide Tane Sayısı	Yüz Tane Ağırlığı	Tane Verimi
Tekerrür	2	282.111	0.167	13.896
Genotipler	27	734.617**	29.359**	159.244**
Ebeveynler	8	358.093**	79.454**	234.918**
Melezler	17	747.483**	8.839**	94.830**
Ebev.x Melez İnt.	1	4262.722**	6.799**	808.138**
Hatlar	5	1616.774**	7.635	120.584*
Testerler	2	1610.907**	20.011	288.405**
Hat x Testerler İnt.	10	140.152**	7.207**	43.238*
Hata	52	11.983	0.271	19.516

*: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$

Çizelge 3. Fasulye F₁ melezlerinde incelenen özellikler için genel kombinasyon yeteneği varyans tahmini (σ^2 GKY), özel kombinasyon yeteneği varyans tahmini (σ^2 ÖKY), eklemeli varyans (σ^2 D), dominantlık varyans (σ^2 H) ile oransal ilişkileri

Table 3. Estimation of GCA variance, estimation of SCA variance estimation, additive variance, proportional relationship with dominance variance in parents and F₁ hybrids of beans

Özellikler	σ^2 GKY	σ^2 ÖKY	σ^2 GKY/ σ^2 ÖKY	σ^2 D	σ^2 H	(H/D) ^{1/2}
Bitki Boyu	6.485	192.841	0.034	12.971	13.479	1.019
Bakla Sayısı	1.600	29.332	0.055	3.199	7.825	1.564
Baklada Tane Sayısı	0.008	0.203	0.042	0.017	0.088	2.283
Bitkide Tane Sayısı	18.209	352.000	0.052	36.418	42.723	1.083
Yüz Tane Ağırlığı	1.547	42.195	0.037	3.094	7.908	1.599
Tane Verimi	0.049	3.733	0.013	0.098	2.312	4.860

Bitki boyu

Araştırmada ebeveynlerin bitki boylarının 42.43 (PV04145) ile 119.47 cm (*Phaseolus coccineus* L.), F₁ melezlerinde ise 54.93 cm (PV04035 x Alberto.) ile 87.33 cm (PV04086 x *P. coccineus* L.) arasında yer aldığı belirlenmiştir (Çizelge 4). Birçok araştırmacı bizim araştırma sonuçlarımıza benzer sonuçlar elde etmişlerdir (Genchev, 1995; Ceyhan, 2004b; Ülker

ve Ceyhan, 2008; Ceyhan, 2012; Ceyhan et al., 2014b; Tamüksek and Ceyhan, 2020).

Bitki boyu için GKY incelendiğinde PV04092 hattı önemli ve pozitif ($p < 0.01$), PV04035 ($p < 0.01$) hattı ise negatif ve önemli GKY göstermişlerdir. Testerlerden *Phaseolus coccineus* L. çeşidi pozitif ve önemli ($p < 0.01$) etkiye sahipken, Alberto ve Great Northern 59 çeşitleri negatif ve önemli ($p < 0.01$) etkiye sahiptirler (Çizelge 4).

Çizelge 4. Fasulye ebeveyn ve F₁ melezlerinde bitki boyuna ait ortalamalar, GKY, ÖKY, heterosis (Hs), heterobeltiosis (Hb) ve kalıtım dereceleri**Table 4.** Plant height, GCA values, SCA values, heterosis (%) values, heterobeltiosis (%) values, broad and narrow inheritance in parents and F₁ hybrids of beans

Ebeveynler	Ortalamalar (cm)	GKY	ÖKY	Hs (%)	Hb (%)		
PV04035	44.77	-5.791**					
PV04086	53.10	1.898					
PV04092	55.67	6.298**					
PV04145	42.43	1.843					
PV04001	44.43	-3.235**					
PV04023	47.67	-1.013					
<i>Phaseolus coccineus</i> L.	119.47	10.909**					
Alberto	54.53	-6.191**					
Great Northern 59	49.50	-4.719**					
F₁ Melezleri							
PV04035 x <i>P. coccineus</i> L.	69.40		-1.543	-15.49*	-41.91**		
PV04035 x Great Northern 59	55.77		1.924	12.32	2.26		
PV04035 x Alberto	54.93		-0.381	16.55	10.98		
PV04086 x <i>P. coccineus</i> L.	87.33		8.702**	1.22	-26.90**		
PV04086 x Great Northern 59	57.00		-4.531**	5.92	4.52		
PV04086 x Alberto	58.83		-4.170	14.68	10.80		
PV04092 x <i>P. coccineus</i> L.	84.67		1.635	-3.31	-29.13**		
PV04092 x Great Northern 59	65.17		-0.765	18.27*	17.07**		
PV04092 x Alberto	66.53		-0.870	26.53*	19.52**		
PV04145 x <i>P. coccineus</i> L.	77.00		-1.576	-4.88	-35.55**		
PV04145 x Great Northern 59	60.57		-0.909	24.92*	11.06		
PV04145 x Alberto	65.43		2.485	42.35**	32.19**		
PV05001 x <i>P. coccineus</i> L.	68.33		-5.165**	-16.62*	-42.80**		
PV05001 x Great Northern 59	59.87		3.469	20.98*	9.78		
PV05001 x Alberto	59.57		1.696	26.83*	20.34**		
PV05023 x <i>P. coccineus</i> L.	73.67		-2.054	-11.85**	-38.34**		
PV05023 x Great Northern 59	59.43		0.813	16.31**	8.99		
PV05023 x Alberto	61.33		1.241	26.24**	23.91**		
LSD %1:	8.163	Ortalama Hs %:	12.03	h ² :	0.42	SH (Hatlar):	1.553
LSD %5:	6.124	Ortalama Hb %:	-0.07	H ² :	0.95	SH (Testerler):	0.777
						SH (ÖKK):	4.659

*: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$

Melezlerin ÖKY etkilerine bakıldığında F₁ generasyonunda, "PV04086 x *P. coccineus* L." ($p < 0.01$) melezi pozitif ve önemli ÖKY etkisine sahip olurken, bu kombinasyon yüksek bitki boyu için, "PV05001 x *P. coccineus* L." ve "PV04086 x Great Northern 59" ($p < 0.01$) melezleri negatif ve önemli ÖKY etkisine sahip olurken, bu kombinasyonlar ise kısa veya orta bitki boyu için ıslah çalışmalarında kullanılabilir genotipler olarak belirlenmiştir (Çizelge 4). Bu özellik üzerine araştırmalar yapan Rodrigues et al. (1998), Barelli et al. (1999), Ceyhan (2004a), Ceyhan et al. (2008a), Ceyhan et al. (2014b), Tamüksek and Ceyhan (2020) farklı sayıda ebeveyn ve melezlerin GKY ve ÖKY değerlerini önemli olarak tespit etmişlerdir.

F₁ generasyonunda belirlenen ortalama heterosis değeri %12.03, heterobeltiosis değeri ise %-0.07'dir. Heterosis değerleri %-16.62 (PV05001 x *P.*

coccineus L.) ile %42.35 (PV04145 x Alberto) arasında, heterobeltiosis değerleri ise %-41.91 (PV04035 x *P. coccineus* L.) ile %32.19 (PV04145 x Alberto) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4). Bitki boyu için heterosis ve heterobeltiosis değerlerini inceleyen Rodrigues et al. (1998), Baralli et al. (1999), Ceyhan (2004a), Ceyhan et al. (2008a), Ceyhan et al. (2014b), Tamüksek and Ceyhan (2020) bu araştırmada elde ettiğimiz sonuçlara benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

F₁ melezlerinde bitki boyunun geniş anlamda kalıtım derecesinin (0.95) yüksek olarak hesaplanması (Çizelge 4), bu özelliğe çevre varyansının etkisinin yüksek olduğunu belirtmektedir. Buda bize bitki boyu bakımından seleksiyonun ileriki generasyonda yapılması gerektiğini göstermektedir.

Bakla sayısı

Bitkide bakla sayısının ebeveynlerde 19.33 (PV04035) ile 33.33 (*Phaseolus coccineus* L.) adet, F₁ generasyonunda ise 24.00 (PV05001 x Alberto) ile 37.33 adet (PV04145 x Alberto) arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 5). Bu araştırma sonuçları ile Ceyhan (2004b), Ülker ve Ceyhan (2008), Varankaya ve Ceyhan (2012), Ceyhan et al. (2014b), Tamüksek and Ceyhan (2020)'in yaptığı çalışmalar arasında büyük oranda benzerlik bulunmaktadır.

GKK incelendiğinde PV04145 (p<0.05) hattı önemli ve pozitif etkiye sahiptir (Çizelge 5). Araştırma da GKK etki değeri pozitif ve önemli olan PV04145 hattı fasulyede bakla sayısını arttırmaya yönelik ebeveyn olarak önerilebilir.

F₁ generasyonunda melezlerin ÖKY etkilerine bakıldığında, "PV05001 x *P. coccineus* L." ve "PV05023 x *P. coccineus* L." (p<0.05) melezleri pozitif ve önemli ÖKY etkisine sahip olurken, "PV05001 x Alberto" (p<0.05) melezi ise negatif ve önemli ÖKY etkisine sahiptir (Çizelge 5). Pozitif ve önemli ÖKY etkisine sahip olan melezler bitkide bakla sayısını arttırmada kullanılacak uygun genotip olarak ortaya çıkmaktadırlar. Mukhtar and Coyne (1981), Rodrigues et al. (1998), Barelli et al. (2000), Ceyhan (2004a), Ceyhan et al. (2014b), Tamüksek and Ceyhan (2020) da bitkide bakla sayısı, ebeveyn ve melezlerin GKY ve ÖKY etkileri bakımından araştırma bulgularımıza benzer sonuçlar rapor etmişlerdir.

Çizelge 5. Fasulye ebeveyn ve F₁ melezlerinde bakla sayısına ait ortalamalar, GKY, ÖKY, heterosis (Hs), heterobeltiosis (Hb) ve kalıtım dereceleri

Table 5. Number of pods per plant, GCA values, SCA values, heterosis (%) values, heterobeltiosis (%) values, broad and narrow inheritance in parents and F₁ hybrids of beans

Ebeveynler	Ortalamalar (adet)	GKY	ÖKY	Hs (%)	Hb (%)		
PV04035	19.33	-4.963**					
PV04086	20.00	4.593**					
PV04092	23.00	-3.741**					
PV04145	24.67	6.481**					
PV04001	25.67	-1.852**					
PV04023	23.33	-0.519					
<i>Phaseolus coccineus</i> L.	33.33	2.259**					
Alberto	22.33	-1.407**					
Great Northern 59	22.67	-0.852**					
F₁ Melezleri							
PV04035 x <i>P. coccineus</i> L.	25.00		-2.593**	-5.06	-25.00**		
PV04035 x Great Northern 59	24.33		0.407	16.80**	8.96		
PV04035 x Alberto	26.67		2.185**	26.98**	17.65**		
PV04086 x <i>P. coccineus</i> L.	36.00		-1.148	35.00**	8.00*		
PV04086 x Great Northern 59	32.33		-1.148	52.76**	44.78**		
PV04086 x Alberto	36.33		2.296**	70.31**	60.29**		
PV04092 x <i>P. coccineus</i> L.	27.67		-1.148	-1.78	-17.00**		
PV04092 x Great Northern 59	27.33		2.185**	20.59**	18.84**		
PV04092 x Alberto	24.67		-1.037	8.03*	7.25		
PV04145 x <i>P. coccineus</i> L.	36.33		-2.704**	25.29**	9.00*		
PV04145 x Great Northern 59	36.67		1.296	56.03**	48.65**		
PV04145 x Alberto	37.33		1.407	57.75**	51.35**		
PV05001 x <i>P. coccineus</i> L.	34.67		3.963**	17.51**	4.00		
PV05001 x Great Northern 59	26.67		-0.370	11.11*	3.90		
PV05001 x Alberto	24.00		-3.593**	-0.69	-6.49		
PV05023 x <i>P. coccineus</i> L.	35.67		3.630**	25.88**	7.00		
PV05023 x Great Northern 59	26.00		-2.370**	13.87**	11.43*		
PV05023 x Alberto	27.67		-1.259	20.29**	18.57**		
LSD %1:	3.505	Ortalama Hs %:	25.32	h ² :	0.27	SH (Hatlar):	0.286
LSD %5:	2.629	Ortalama Hb %:	16.45	H ² :	0.97	SH (Testerler):	0.143
						SH (ÖKK):	0.859

*: p < 0.05; **: p < 0.01

Heterosis değerlerinin %-5.06 (PV04035 x *P. coccineus* L.) ile %70.31 (PV04086 x Alberto.)

arasında, heterobeltiosis değerlerinin ise %-25.00 (PV04035 x *P. coccineus* L.) ile %60.29 (PV04086 x

Alberto.) arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 5). Heterosis ve heterobeltiosis değerlerini bitkide bakla sayısı için inceleyen Ceyhan (2004a), Ceyhan et al. (2008a), Ceyhan et al. (2014b), Tamüksek and Ceyhan (2020) bu özellik için önemli, negatif aynı zamanda pozitif heterosis ve heterobeltiosis değerleri ortaya koymuştur.

Bu özellik için geniş anlamda kalıtım derecesinin yüksek (0.97) ve dar anlamda kalıtım derecesinin düşük (0.27) çıkması baklada tane sayısının çevreden oldukça etkilendiğini göstermekte (Çizelge 5) ve bundan dolayı seleksiyona 3-4 generasyon sonra başlanması uygun olacaktır.

Baklada tane sayısı

Baklada tane sayısının ebeveynlerde 2.99 (*Phaseolus coccineus* L) ile 4.87 adet (Alberto); F₁ melezlerinde ise 309 (PV04086 x Alberto) ile 4.63 adet (PV04035 x *P. coccineus* L.) arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge6). Yapılan diğer

çalışmalarda da araştırma sonuçlarımıza benzer sonuçlar elde edilmiştir (Genchev, 1995; Ceyhan, 2004b; Ülker ve Ceyhan, 2008; Ceyhan et al., 2014b; Tamüksek and Ceyhan, 2020).

Baklada tane sayısı bakımından GKY incelendiğinde, F₁ generasyonunda Alberto, PV04035 ve PV04001 hatları pozitif ve önemli değere sahipken; PV04086 ve Great Northern 59 hatları önemli ve negatif değere sahiptirler. Testerlerden Alberto çeşidinde pozitif ve önemli (p<0.01) etki belirlenmiştir (Çizelge 6). GKY bakıldığında pozitif önemli çıkan PV04001 ve PV04035 hattı ile Alberto çeşidi bu özellik için yapılacak ıslah çalışmalarında kullanılabilir uygun ebeveynler olarak tespit edilmiştir. Melezlerin ÖKY etkilerine bakıldığında F₁ generasyonunda, "PV05001 x Alberto" ve "PV04035 x *P. coccineus* L." melezleri pozitif ve önemli etki göstermiştir ve ıslah çalışmalarında kullanılabilir pozitif genotip olarak belirlenmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Fasulye ebeveyn ve F₁ melezlerinde baklada tane sayılarına ait ortalamalar, GKY, ÖKY, heterosis (Hs), heterobeltiosis (Hb) ve kalıtım dereceleri

Table 6. Number of seeds per pod, GCA values, SCA values, heterosis (%) values, heterobeltiosis (%) values, broad and narrow inheritance in parents and F₁ hybrids of beans

Ebeveynler	Ortalamalar (adet)	GKY	ÖKY	Hs (%)	Hb (%)		
PV04035	4.61	0.331**					
PV04086	3.91	-0.536**					
PV04092	4.00	-0.105					
PV04145	4.47	-0.078					
PV04001	3.90	0.490**					
PV04023	3.96	-0.102					
<i>Phaseolus coccineus</i> L.	2.99	0.040					
Alberto	4.87	0.158**					
Great Northern 59	4.75	-0.198**					
F₁ Melezleri							
PV04035 x <i>P. coccineus</i> L.	4.63		0.503**	22.01**	0.60		
PV04035 x Great Northern 59	4.15		-0.098	-12.37**	-14.73**		
PV04035 x Alberto	3.49		-0.406**	-25.45**	-26.57**		
PV04086 x <i>P. coccineus</i> L.	3.28		0.019	-4.80**	-15.99**		
PV04086 x Great Northern 59	3.30		-0.085	-24.87**	-32.28**		
PV04086 x Alberto	3.09		0.066	-28.57**	-34.89**		
PV04092 x <i>P. coccineus</i> L.	3.62		-0.079	3.43**	-9.66		
PV04092 x Great Northern 59	3.80		-0.017	-14.39**	-22.00**		
PV04092 x Alberto	3.55		0.096	-18.79**	-25.17**		
PV04145 x <i>P. coccineus</i> L.	3.89		0.169	4.36**	-12.90*		
PV04145 x Great Northern 59	3.66		-0.180	-21.57**	-24.81**		
PV04145 x Alberto	3.50		0.010	-24.17**	-26.42**		
PV05001 x <i>P. coccineus</i> L.	3.78		-0.510**	9.69**	-3.14		
PV05001 x Great Northern 59	4.48		0.068	2.08**	-8.05		
PV05001 x Alberto	4.49		0.441**	3.87**	-5.38		
PV05023 x <i>P. coccineus</i> L.	3.60		-0.103	3.47**	-9.21		
PV05023 x Great Northern 59	4.13		0.311	-6.50**	-15.22**		
PV05023 x Alberto	3.25		-0.207	-25.29**	-31.49**		
LSD %1:	0.590	Ortalama Hs %:	-9.99	H ² :	0.13	SH (Hatlar):	0.008
LSD %5:	0.442	Ortalama Hb %:	-17.66	H ² :	0.88	SH (Testerler):	0.004
						SH (ÖKK):	0.024

*: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$

Heterosis değerleri %-28.57 (PV04086 x Alberto) ile %22.01 (PV04035 x *P. coccineus* L.) arasında, heterobeltiosis değerleri ise %-34.89 (PV04086 x Alberto) ile %0.60 (PV04035 x *P. coccineus* L.) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 6).

Dar anlamda kalıtım derecesinin düşük olması (0.13) baklada tane sayısının ortaya çıkmasında çevrenin etkisinin daha yüksek olduğunu göstermektedir (Çizelge 6). Baklada tane sayısının kalıtımında eklemeli olmayan gen etkilerinin önemli olması seleksiyona ileriki generasyonlarda başlanması gerektiğini ifade etmektedir.

Bitkide tane sayısı

Bitkide tane sayısının ebeveynlerde 77.00 (PV04086) ile 110.00 adet (PV04145), F₁ generasyonunda ise 87.67 (PV04092 x Alberto) ile 133.67 adet (PV04145 x Great Northern 59) arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 7). Araştırma

sonuçlarımız Ülker ve Ceyhan (2008a), Tamüksek and Ceyhan (2020)'ın sonuçları ile uyum içinde yer almıştır.

Bitkide tane sayılarının PV04086 ve Alberto hariç GKY değerlerinin önemli olduğu görülmektedir (Çizelge 7). F₁ generasyonunda melezlerin ÖKY etkilerine bakıldığında, "PV04086 x Alberto", "PV04092 x Great Northern 59", "PV04145 x Alberto" ve "PV05023 x *P. coccineus* L." melezleri pozitif ve önemli ÖKK etkisine sahipken, "PV04086 x *P. coccineus* L.", "PV04086 x Great Northern 59", "PV04092 x *P. coccineus* L." ve "PV05023 x Alberto" melezleri ise negatif ve önemli ÖKY etkiye sahiptir (Çizelge 7). F₁ generasyonunda "PV04086 x Alberto", "PV04092 x Great Northern 59" ve "PV04145 x Alberto" melezleri pozitif ve yüksek ÖKY etkisine sahip olduğu için bitkide tane sayısının artırılmasında kullanılabilir uygun melez olarak gözlemlenmiştir. Benzer sonuçlar Tamüksek and Ceyhan (2020) tarafından da bildirilmiştir.

Çizelge 7. Fasulye ebeveyn ve F₁ melezlerinde bitkide tane sayısına ait ortalamalar, GKY, ÖKY, heterosis (Hs), heterobeltiosis (Hb) ve kalıtım dereceleri

Table 7. Number of seeds per plant, GCA values, SCA values, heterosis (%) values, heterobeltiosis (%) values, broad and narrow inheritance in parents and F₁ hybrids of beans

Ebeveynler	Ortalamalar (adet)	GKY	ÖKY	Hs (%)	Hb (%)		
PV04035	88.67	-9.352**					
PV04086	77.00	-0.241					
PV04092	91.00	-15.463**					
PV04145	110.00	22.537**					
PV04001	100.00	6.759**					
PV04023	92.33	-4.241**					
<i>Phaseolus coccineus</i> L.	99.67	9.759**					
Alberto	108.67	-0.630					
Great Northern 59	107.33	-9.130**					
F₁ Melezleri							
PV04035 x <i>P. coccineus</i> L.	115.67		2.685	22.83**	16.05**		
PV04035 x Great Northern 59	101.00		-1.593	2.36	-7.06**		
PV04035 x Alberto	93.00		-1.093	-5.10	-13.35**		
PV04086 x <i>P. coccineus</i> L.	118.00		-4.093**	33.58**	18.39**		
PV04086 x Great Northern 59	106.67		-5.037**	14.90*	-1.84		
PV04086 x Alberto	112.33		9.130**	21.88**	4.66		
PV04092 x <i>P. coccineus</i> L.	100.00		-6.870**	4.90	0.33		
PV04092 x Great Northern 59	103.67		7.185**	3.84	-4.60		
PV04092 x Alberto	87.67		-0.315	-11.60*	-18.32**		
PV04145 x <i>P. coccineus</i> L.	141.33		-3.537	34.82**	28.48**		
PV04145 x Great Northern 59	133.67		-0.815	22.26**	21.52**		
PV04145 x Alberto	130.33		4.352**	19.94**	18.48**		
PV05001 x <i>P. coccineus</i> L.	131.00		1.907	31.22**	31.00**		
PV05001 x Great Northern 59	119.33		0.630	14.38**	9.82**		
PV05001 x Alberto	107.67		-2.537	3.86	0.31		
PV05023 x <i>P. coccineus</i> L.	128.00		9.907**	33.33**	28.43**		
PV05023 x Great Northern 59	107.33		-0.370	6.80**	-1.23		
PV05023 x Alberto	89.67		-9.537**	-10.18**	-16.46**		
LSD %1:	7.558	Ortalama Hs %:	12.29	h ² :	0,44	SH (Hatlar):	1.331
LSD %5:	5.670	Ortalama Hb %:	5.48	H ²	0,98	SH (Testerler):	0.666
						SH (ÖKY):	3.994

*: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$

Heterosis değerleri %-11.60 (PV04092 x Alberto) ile %34.82 (PV04145 x *P. coccineus* L.) arasında, heterobeltiosis değerleri ise %-16.46 (PV05023 x Alberto) ile %31.00 (PV05001 x *P. coccineus* L.) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 7).

Bitkide tane sayısı için F₁ generasyonun da geniş anlamda kalıtım derecesinin (0.98) yüksek ve dar anlamda kalıtım derecesinin (0.44) ise orta düzeyde olması baklada tane sayısının çevreden oldukça fazla etkilendiğini belirtmektedir (Çizelge 7). Bu nedenle bitkide tane sayısı bakımından seleksiyona 3-4 generasyon sonra başlanması daha uygun olacaktır.

Yüz tane ağırlığı

Ebeveynlerin yüz tane ağırlıkları 28.47 g (PV04023) ile 44.78 g (*Phaseolus coccineus* L.), F₁melezlerinin ise 28.22 g (PV05023 x Alberto) ile

33.48 g (PV04035 x Alberto) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 8). Bazı araştırmalarda bizim araştırma sonuçlarına benzer sonuçlar elde etmişlerdir (Genchev, 1995; Ülker ve Ceyhan, 2008; Ceyhan et al., 2014b; Tamüksek and Ceyhan, 2020).

Araştırmada yüz tane ağırlığı bakımından GKY incelendiğinde “PV04035” ve “*Phaseolus coccineus* L.” hatları önemli ve pozitif değere sahipken, beş hat önemli ve negatif değere sahiptirler. Testerlerden “*Phaseolus coccineus* L.” çeşidi pozitif ve önemli etki gösterirken, Alberto ve Great Northern 59 çeşidinin ise negatif ve önemli etkisi belirlenmiştir (Çizelge 8). GKY dikkate alındığında, yüz tane ağırlığının artırılmasında F₁ generasyonunda pozitif ve önemli bulunan “PV04035” ve “*Phaseolus coccineus* L.” bu özellik için yapılacak melezleme çalışmalarında kullanılabilir uygun ebeveynler olarak ön plana çıkmışlardır.

Çizelge 8. Fasulye ebeveyn ve F₁ melezlerinde yüz tane ağırlığına ait ortalamalar, GKY, ÖKY, heterosis (Hs), heterobeltiosis (Hb) ve kalıtım dereceleri

Table 8. 100-seed weight, GCA values, SCA values, heterosis (%) values, heterobeltiosis (%) values, broad and narrow inheritance in parents and F₁ hybrids of beans

Ebeveynler	Ortalamalar (g)	GKY	ÖKY	Hs (%)	Hb (%)		
PV04035	30.40	1.733**					
PV04086	28.73	0.292					
PV04092	29.59	-0.814**					
PV04145	31.17	-0.387**					
PV04001	28.50	-0.372**					
PV04023	28.47	-0.452					
<i>Phaseolus coccineus</i> L.	44.78	1.214**					
Alberto	30.80	-0.527**					
Great Northern 59	29.35	-0.687**					
F₁ Melezleri							
PV04035 x <i>P. coccineus</i> L.	33.14		-0.502	-11.84**	-25.99**		
PV04035 x Great Northern 59	30.66		-1.241**	0.19	-0.45		
PV04035 x Alberto	33.48		1.743**	12.08**	10.13**		
PV04086 x <i>P. coccineus</i> L.	32.81		0.606**	-10.74**	-26.73**		
PV04086 x Great Northern 59	31.51		1.053**	5.87**	2.32		
PV04086 x Alberto	28.64		-1.659**	-1.38**	-2.41		
PV04092 x <i>P. coccineus</i> L.	31.70		0.608**	-14.73**	-29.20**		
PV04092 x Great Northern 59	29.31		-0.044	-2.93**	-4.84**		
PV04092 x Alberto	28.63		-0.564	-2.84**	-3.23*		
PV04145 x <i>P. coccineus</i> L.	31.70		0.182	-16.51**	-29.20**		
PV04145 x Great Northern 59	29.93		0.145	-3.42**	-3.99**		
PV04145 x Alberto	29.29		-0.327	-3.19**	-6.02**		
PV05001 x <i>P. coccineus</i> L.	29.18		-2.354**	-20.34**	-34.82**		
PV05001 x Great Northern 59	30.01		0.210	1.21**	-2.58		
PV05001 x Alberto	31.78		2.144**	9.88**	8.29**		
PV05023 x <i>P. coccineus</i> L.	32.92		1.459**	-10.13**	-26.49**		
PV05023 x Great Northern 59	29.59		-0.123	-0.15**	-3.92**		
PV05023 x Alberto	28.22		-1.336**	-2.39**	-3.84*		
LSD %1 :	1.137	Ortalama Hs %:	-3.31	h ² :	0.04	SH (Hatlar):	0.030
LSD %5 :	0.853	Ortalama Hb %:	-8.72	H ² :	0.97	SH (Testerler):	0.015
						SH (ÖKK):	0.090

*: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$

Melezlerin ÖKY etkilerine bakıldığında F₁ generasyonunda, on melez istatistiki bakımdan önemli ÖKY etkisi gösterdiği belirlenmiştir. Pozitif ve önemli ÖKY etkisi gösteren altı melez tespit edilirken; negatif ve önemli dört melez tespit edilmiştir. Bu melezler bu amaçla yapılacak ıslah çalışmalarında kullanılabilir genotip olarak belirlenmişlerdir (Çizelge 8).

Heterosis değerleri %-20.34 (PV05001 x *P. coccineus* L.) ile %12.08 (PV04035 x Alberto) arasında, heterobeltiosis değerleri ise %-26.49 (PV05023 x *P. coccineus* L.) ile % 10.13 (PV04035 x Alberto) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 8). Heterosis ve heterobeltiosis değerlerini bitkide bakla sayısı için inceleyen Ceyhan (2004a), Ceyhan et al. (2008a), Ceyhan et al. (2014b), Tamüksek and Ceyhan (2020) bu özellik için önemli,

negatif aynı zamanda pozitif heterosis ve heterobeltiosis değerleri ortaya koymuştur.

F₁ generasyonunda yüz tane ağırlığı için geniş anlamda kalıtım derecesinin (0.97) yüksek olması (Çizelge 8) çevre varyansından etkilendiğini gösterirken seleksiyon işleminin ileriki dönemlerde yapılması daha uygun olacağı ortaya çıkmaktadır.

Tane verimi

Bitki tane veriminin beveylerde 23.11 (PV04086) ile 54.63 g (*Phaseolus coccineus* L.), F₁ melezlerinde ise 31.32 (PV05023 x Alberto) ile 51.13 g (PV05023 x *P. coccineus* L.) arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 9). Araştırma sonuçlarımız ile Genchev (1995), Ülker ve Ceyhan (2008), Ceyhan et al. (2014b) ve Tamüksek and Ceyhan (2020)'ın sonuçları birbiriyle uyum içerisindedir.

Çizelge 9. Fasulye ebeveyn ve F₁ melezlerinde tane verimine ait ortalamalar, GKY, ÖKY, heterosis (Hs), heterobeltiosis (Hb) ve kalıtım dereceleri

Table 9. Seed yield, GCA values, SCA values, heterosis (%) values, heterobeltiosis (%) values, broad and narrow inheritance in parents and F₁ hybrids of beans

Ebeveynler	Ortalamalar (g/bitki)	GKY	ÖKY	Hs (%)	Hb (%)		
PV04035	29.96	-0.549					
PV04086	23.11	0.020					
PV04092	31.93	-4.750**					
PV04145	35.28	6.515**					
PV04001	37.51	0.059					
PV04023	27.29	-1.296					
<i>Phaseolus coccineus</i> L.	54.63	4.456**					
Alberto	36.13	-1.165					
Great Northern 59	34.17	-3.291**					
F₁ Melezleri							
PV04035 x <i>P. coccineus</i> L.	45.35		0.298	7.23	-16.99*		
PV04035 x Great Northern 59	36.65		-2.785	10.92	1.44		
PV04035 x Alberto	39.79		2.487	24.11	16.46		
PV04086 x <i>P. coccineus</i> L.	45.06		-0.566	15.91	-17.53*		
PV04086 x Great Northern 59	41.28		1.275	39.35	14.26		
PV04086 x Alberto	37.17		-0.708	29.77	8.78		
PV04092 x <i>P. coccineus</i> L.	41.37		0.517	-4.42	-24.27**		
PV04092 x Great Northern 59	35.39		0.155	3.99	-2.05		
PV04092 x Alberto	32.43		-0.672	-1.87	-5.08		
PV04145 x <i>P. coccineus</i> L.	50.15		-1.963	11.57	-8.19		
PV04145 x Great Northern 59	48.32		1.821	35.33	33.75**		
PV04145 x Alberto	44.51		0.143	28.19	26.17*		
PV05001 x <i>P. coccineus</i> L.	40.55		-5.107	-11.97	-25.77**		
PV05001 x Great Northern 59	41.16		1.120	11.79	9.73		
PV05001 x Alberto	41.90		3.987	16.91	11.70		
PV05023 x <i>P. coccineus</i> L.	51.13		6.822**	24.82**	-6.41		
PV05023 x Great Northern 59	37.10		-1.586	17.00**	2.70		
PV05023 x Alberto	31.32		-5.237**	1.93**	-8.33		
LSD %1:	9.645	Ortalama Hs %:	14.07	h ² :	0.18	SH (Hatlar):	2.168
LSD %5:	7.236	Ortalama Hb %:	1.52	H ² :	0.79	SH (Testerler):	1.084
						SH (ÖKK):	6.505

*: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$

Bitki tane verimlerine GKY etki değerine bakıldığında hatlar arasında PV04145 ve *Phaseolus*

coccineus L hatları önemli ($p < 0.01$) ve pozitif değere sahipken, PV04092 ve Great Northern 59 hatlarının

negatif ve önemli ($p < 0.01$) etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 9). Anaçların GKY'leri dikkate alındığında PV04145 ve *Phaseolus coccineus* L. hatlarının tane verimi özelliği yönüyle bu bölgedeki ıslah çalışmalarında anaç olarak değerlendirilebileceği görülmektedir. Bu hatların, tane verimini artırıcı etkilerinden dolayı, yüksek verimli çeşitlerin elde edilmesinde ümit var ebeveynler oldukları anlaşılmaktadır.

F₁ generasyonunda melezlerin ÖKY etkilerine bakıldığında "PV05023 x *P. coccineus* L" melezi pozitif ve önemli ($p < 0.01$) ÖKY etkisine sahiptir ve bu nedenle ileriki generasyonlarda tane verimi için ıslah potansiyeli olan genotip olarak ortaya çıkmaktadır (Çizelge 9). Bulgularımıza benzer sonuçlar, bu konuda çalışan Zimmermann et al. (1985), Oliveira Junior et al. (1997), Rodrigues et al. (1998), Barelli et al. (2000), Ceyhan et al. (2014b), Tamüksek and Ceyhan (2020) tarafından da tespit edilmiştir.

Araştırmada heterosis değerleri %-11.97 (PV05001 x *P. coccineus* L.) ile %39.35 (PV04086 x Great Northern 59), heterobeltiosis değerleri ise %-25.77 (PV05001 x *P. coccineus* L.) ile %33.75 (PV04145 x Great Northern 59) arasında değişmiştir (Çizelge 9). Bu sonuçlar bize özellik bakımından heterotik etkilerin yüksek düzeyde olduğu göstermektedir. Heterosis ve heterobeltiosis değerlerini bitkide tane verimi için inceleyen Ceyhan (2004), Ceyhan et al. (2008b), Ceyhan et al. (2014b), Tamüksek and Ceyhan (2020) bu özellik için önemli, negatif aynı zamanda pozitif heterosis ve heterobeltiosis değerleri ortaya koymuştur.

Tane veriminde geniş anlamda kalıtım derecesinin yüksek (0.79), dar anlamda kalıtım derecesinin ise düşük (0.18) olarak hesaplanması bu özelliğin çevre varyansının etkisinin yüksek olduğu anlamına gelmektedir (Çizelge 9). Bu nedenle erken generasyonlarda tane verimi yerine yüksek oranda kalıtsal ve kendisini açık olarak belli eden özelliklerdeki melezlerin seleksiyonun yapılması başarı şansını artırabilir.

Sonuç olarak, incelenen tarımsal özellikler bakımından ele alınan populasyonda yeterli düzeyde bir genetik varyasyon bulunmaktadır. İncelediğimiz materyal tane verimi yönüyle yüksek heterosis göstermesi ve ortalama verim değerlerinin yüksek olması, Orta Anadolu Bölgesi açısından en önemli ihtiyaç olan yüksek verimli çeşit adayları ihtiyaçlarına cevap verebilecek niteliktedir ve ümit vardır. Bu çalışmada incelenen tane verimi üzerinde eklemeli olmayan genlerin ve dominant genler daha etkili oldukları bulunmuştur. Bu popülasyonda seçme işlemi tane verimi ile beraber değerlendirilerek daha geç generasyonlarda yapılması daha doğru olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya 18401158 nolu proje ile katkı sağlayan Selçuk Üniversitesi BAP Koordinatörlüğüne teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkıları

EC araştırmayı tasarladı, yürütülmesini takip etti, verilerin analizlerini yaptı ve makaleyi yazdı, DŞ istatistik analizlere ve makalenin yazımına yardım etti. Yazarlar makalenin son halini okuyup onayladı.

KAYNAKLAR

- Al-Mukhtar, F.A., Coyne, D.P., 1981. Inheritance and association of flower ovule, seed, pod and maturity characters in dry edible beans (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Amer. Soc. Hor. Sci., 106 (6): 713-719.
- Barelli, M.A.A., Gonçaves-Vidigal, M.C., Amaral, J., Vidigal, F., Scapim, C.A., Sagrilo, E., 2000. Diallel analysis for grain yield and yield components in *Phaseolus vulgaris* L. Acta Scientiarum, 22 (4): 883-887.
- Ceyhan, E., 2004a. Bezelye Ebeveyn ve Melezlerinde Bazı Tarımsal Özelliklerin ve Kalıtlarının Çoklu Dizi Analiz Metoduyla Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya, 103 s.
- Ceyhan, E., 2004b. Effect of sowing dates on some yield components and yield of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Turk. J. Field Crops, 9 (2): 87-95.
- Ceyhan E, Avcı, M.A, Karadaş, S., 2008a. Line x tester analysis in pea (*Pisum sativum* L.): Identification of superior parents for seed yield and its components. Afr. J. Biotechnol., 7: 2810-2817.
- Ceyhan, E., Harmankaya, M., Avcı, M.A., 2008b. Effects of sowing dates and cultivars on protein and mineral contents of bean (*Phaseolus vulgaris* L. Asian J. Chem., 20 (7): 5601-5613.
- Harmankaya, M., Karadaş, S., Palta, Ç., Ceyhan, E., 2009. Relationships between protein content and chemical compositions of local dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes grown in Central Anatolian Region of Turkey. Asian J. Chem., 21 (2): 1535-1540.
- Ceyhan, E., Harmankaya, M., Kahraman, A., 2014a. Combining ability and heterosis for concentration of mineral elements and protein in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Turk. J. Agric. For., 38 (5): 581-590.
- Ceyhan, E., Kahraman, A., Avcı, M.A., Dalgıç, H., 2014b. Combining ability of bean genotypes

- estimated by line x tester analysis under highly-calcareous soils. *J. Anim. Plant. Sci.*, 24 (29): 579-584.
- Genchev, D., 1995. Assessment of tolerance to stress factors in breeding material of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bul. J. Agri. Sci.*, 1 (4): 415-422.
- Kaloo, G., 1993. Runner bean: *Phaseolus coccineus* L. In: Kaloo G., Bergh B.O. (ed.) Genetic improvement of vegetable crops, Pergamon Press Ltd. New York., pp. 405-407.
- Kempthorne, O., 1957. An Introduction to Genetic Statistics, Wiley and Sons, New York, p.158.
- Kranup, H.A., 1995. Comparison of three methods of selection for yield in peas (*Pisum sativum* L.). *Agrosur*, 23: 39-44.
- Niwas, R., Kumar, R., Dahiya, B.S., 1990. Comparison of selection methods in dwarf field peas (*Pisum sativum* L.) I. Effectiveness for earliness. *Intern. J. Trop. Agric.*, 8 (2):136-140.
- Oliveira Junior, A., Miranda, G.V., Cruz, C.D., 1997. Evaluation of the combining ability of dry bean cultivars based on unbalanced circulating and partial diallel crossing systems. *Revista Ceres.*, 44 (252): 215-229.
- Rodrigues, R., Leal, N.R., Pereira, M.G., 1998. Diallel analysis of six agronomic traits in *Phaseolus vulgaris* L. *Bragantia*, 57 (2): 241-250.
- Sing, R.K., Chaudhary, B.D., 1979. Line x tester analysis. In: Biometrical methods in quantitative genetic analysis. Kalyani Publishers, New Delhi, pp. 205-214.
- Singh, S.P., Urrea, C.A., 1994. Selection for seed yield and other traits among early generations of intra- and interracial populations of the common bean. *Bras. de Gen.*, 17 (3): 299-303.
- Tamüksek, Ş., Ceyhan, E., 2020. Determination of characteristics of dry bean lines hybridized by line x tester method and the effect of heredity. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7 (1): 157-164.
- Ülker, M., Ceyhan, E., 2008. Orta Anadolu ekolojik şartlarında yetiştirilen fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Selçuk Üniv. Zir. Fak. Der.*, 22 (46): 77-89.
- Varankaya, S., Ceyhan, E., 2012. Yozgat ekolojik şartlarında yetiştirilen fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Selçuk Tar. Gıda Bil. Derg.*, 26 (1): 27-33.
- Zimmermann, M.J.O., Rosielle, A.A., Foster, K.W., Waines, J.G., 1985. Gene action for grain yield and harvest index of common bean grown as sole crop and in intercrop with maize. *Field Crops Research*, 12: 319-329.



Monitoring Nutrient Uptake of Chard (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.) Exposed to Exogenously Applied Nitric Oxide under Drought Stress

Selda ORS^{1,a}  Ertan YILDIRIM^{2,b}  Melek EKİNCİ^{2,*,c}  Metin TURAN^{3,d} 

Atilla DURSUN^{2,4,e}  Üstün ŞAHİN^{2,f} 

¹Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Erzurum, Turkey

²Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Erzurum, Turkey

³Yeditepe University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Genetic and Bioengineering, Istanbul, Turkey

⁴Kyrgyz-Turkish Manas University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture and Agronomy, Bishkek, Kyrgyzstan

*Corresponding author e-mail: ekincim@atauni.edu.tr

doi: 10.17097/ataunizfd.797890

Received (Geliş Tarihi): 21.09.2020 Accepted (Kabul Tarihi): 15.05.2021 Published (Yayın Tarihi): 29.05.2021

ABSTRACT: Nutrient uptake of chard under well-watered and drought conditions with different NO applications were investigated in this research. NO solutions were prepared with four doses (0, 50, 100, 150 and 200 µM) of sodium nitroprusside as a nitric oxide source and exogenously applied on only seeds (s) or together with seed and foliar (sf) of chard under different levels of drought according to 100% (control), 67% and 33% of the water required to reach field capacity. Nutrient uptake drastically decreased under drought stress. However, progressive effects of NO applications on nutrient uptake have been observed under both well-watered conditions and under drought. The increase in N and P uptake of plant were significant especially for doses of 100 and 150 µM for both s and sf applications. The highest Fe, Cu and Zn content were obtained from 150 µM sf NO application, while the highest Mn and B were obtained from 150 µM s and 200 µM sf NO application in 67% level. However, in 33% level the highest Cu and B content were obtained from 150 µM sf NO application, while the highest Mn and Zn obtained from 100 µM sf and the highest Fe obtained from the 200 µM s NO application.

Keywords: Water deficit, Plant nutrients, Nitric oxide

Kuraklık Stresi Altında Dışarıdan Nitrik Oksit Uygulanan Pazıda (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.) Besin Alımının İzlenmesi

ÖZ: Bu çalışmada farklı NO uygulamaları altında tam sulanmış ve kurak koşullarda yetiştirilmiş pazı bitkisinin besin maddesi alımı incelenmiştir. Uygulamalar, bitki kök bölgesinde tarla kapasitesine ulaşmak için gerekli suyun %100 (kontrol), %67 ve %33'ünün sağlandığı kuraklık seviyelerinde, nitrik oksit donörü olarak dört doz (0, 50, 100, 150 ve 200 µM) sodyum nitroprussid ile NO çözeltilerinin kullanıldığı çözeltilerle sadece tohum (s) veya tohum ve yapraklara (sf) olmak üzere dışarıdan uygulanmıştır. Kuraklık stresi altında besin alımı önemli ölçüde azalmıştır. Bununla birlikte, NO uygulamalarının besin alımı üzerindeki geliştirici etkileri hem tam sulanan koşullar hem de kurak koşullar altında gözlemlenmiştir. Bitkinin N ve P alımındaki artış, özellikle hem s hem de sf uygulamaları için 100 ve 150 µM'lik dozlarda önemli olmuştur. %67 sulama seviyesinde en yüksek Fe, Cu ve Zn içeriği 150 µM sf NO uygulamasında olurken, en yüksek Mn ve B ise 150 µM s ve 200 µM sf NO uygulamasından elde edilmiştir. Ancak %33 seviyesinde en yüksek Cu ve B içeriği 150 µM sf NO uygulamasından elde edilirken, en yüksek Mn ve Zn 100 µM sf'den, en yüksek Fe ise 200 µM s NO uygulamasından elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Su kıstı, Bitki besinleri, Nitrik oksit

To cite this article / Bu makaleye atıfta bulunmak için: Ors, S., Yıldırım, E., Ekinci, M., Turan, M., Dursun, A., Şahin, U., 2021. Monitoring Nutrient Uptake of Chard (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.) Exposed to Exogenously Applied Nitric Oxide under Drought Stress. Atatürk Univ. J. of Agricultural Faculty, 52 (2): 160-166.
doi: 10.17097/ataunizfd.797890

^aORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6789-8642> ^bORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3369-0645>

^cORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7604-3803> ^dORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4849-7680>

^eORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8475-8534> ^fORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1924-1715>



INTRODUCTION

Abiotic stresses, such as high salinity, low or high temperature, deficient or excessive water, and heavy metals reduce the average yield for most of the plants by more than 50% (Bray et al., 2000). These stress factors are posing a severe hazard to the ecosystem and agriculture, accounting for great economic loss (Wania et al., 2016). Among the various abiotic stress conditions, drought stress is the most devastating factor. Plants respond to drought stress at multiple levels such as metabolic processes of the plant (Liu et al., 2016), plant growth (McWilliams, 2003; Ekinci et al., 2015; Sahin et al., 2015), photosynthetic characteristics (Yang et al., 2000; Farooq et al., 2009; Wu et al., 2014) and WUE (Xue et al., 2006; Qiu et al., 2008; Liu et al., 2016). Plant nutrient uptake and their transport gradually decrease under drought conditions (Heidari and Karami, 2014). Studies have shown that drought can decrease nutrient uptake from soil, the decrease in concentration of nitrogen (N) and phosphorus (P) in plant tissue under drought stress were stated earlier (Waraich et al., 2011; He and Dijkstra, 2014). Understanding the physiology of stress responses and then transfer this to develop a molecular understanding on mechanisms of drought tolerance in plants is crucial. Using different solutions to examine the mechanism of foliar spraying is not a new technique. Recently exogenous application of nitric oxide (NO) used to improve stress tolerance in plants thanks to its critical role in plant starting from germination to, ripening of fruit and senescence of organs at all the stages through growth and development (Arasimowicz and Floryszak-Wieczorek, 2007; Siddiqui et al., 2011).

Responses of different plants such as cowpea (Anyia and Herzog, 2004), maize (Aslam et al., 2013), cucumber (Abd El-Mageed and Semida, 2015), squash (Ors et al., 2016), and tomato (Pazzagli et al., 2016) to drought stress have been studied earlier. Chard's response to drought stress found significant regarding to plant physiological parameters. Severe drought conditions are not sustained by plants, though mild stress slightly decreased plant fresh weight (Ekinci et al. 2020). Our objective in this study was to investigate the ameliorative effect of exogenous application of NO on the drought tolerance of the chard plant, regarding to nutrient uptake. To expand our understanding of chard responses to drought, we examined the effects of drought on the nutrient-uptake specifically focusing on N and P.

MATERIAL AND METHOD

We conducted a pot experiment in the greenhouse conditions with chard (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.). The controlled greenhouse had an average

temperature of 20 (\pm 2) °C and humidity were around 35 (\pm 5) %. Substrate (2:1:1 v/v, soil: cattle manure fertilizer: sand) were placed in 2 L plastic pots and then the seeds were sown in.

NO solutions were prepared with four different doses (0, 50, 100, 150 and 200 μ M of sodium nitroprusside as a nitric oxide donor) and exogenously applied on only seeds (s) or together with seed and foliar (sf) of chard. Seed disinfection, foliar application of the seed and plant were applied as in Ekinci et al. (2020).

Drought treatments applied as according to 100% (control, D0), 67% (D1) and 33% (D2) of water to reach the field capacity at each irrigation event. Water retained at field capacity was determined as in Ekinci et al. (2020).

Each pot was initially planted with 6 seed then thinned to 3 seedlings per pot in the 4-leaf stage. Drought treatments were implemented at 6 to 8 leaf stage. The pots were arranged completely randomized and replicated with 5 pots. Soil moisture was measured by wet sensor (type WET-2, Delta-T Device Ltd, Cambridge, England) to maintain drought treatments. The irrigation was performed every three days until the harvest.

The samples of leaf have been taken in the harvest period and dried at oven at 68 °C for 48 h and passed 1 mm sieve size. The Kjeldahl method and a Vapodest 10 Rapid Kjeldahl Distillation Unit (Gerhardt, Königswinter, Germany) were used to determine total nitrogen (N) (Bremner, 1996). Macro and micro-elements were determined after wet digestion (HNO₃-H₂O₂ acid mixture (2:3 v/v)) of dried and ground sub-samples in microwave digestion (Bergof Speedwave Microwave Digestion Equipment MWS-2), by using an Inductively Couple Plasma spectrophotometer (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) (Mertens, 2005a; 2005b).

The experimental design was randomized complete block design with three replications. The differences among the means of applications were compared using the Duncan multiple tests (SPSS, 2010).

RESULTS AND DISCUSSION

The mineral content of chard leaves was affected significantly by drought applications. Under well-watered conditions only Na and Zn were significantly altered by NO applications, however the results of interacted drought and NO applications were statistically significant for all mineral contents. The Mg, Ca, Fe, Cu, Mn, Zn and B content of chard leaves decreased while Na content increased with the highest drought stress (Table 1).

Table 1. Effects of seed (s) or seed and foliar (sf) applications with different NO doses on leaf mineral content of chard under drought treatments (D0: control 100 %; D1: 67 % and D2: 33 % of the water required to reach field capacity).

Drought levels	NO (µM)	Mg mg kg ⁻¹	Na mg kg ⁻¹	Ca mg kg ⁻¹	Fe mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Mn mg kg ⁻¹	Zn mg kg ⁻¹	B mg kg ⁻¹
D0	0	1972.2 ^{ns}	575.99 ^{**}	11860.0 ^{ns}	277.37 ^{ns}	55.34 ^{ns}	65.60 ^{ns}	44.54 ^{d**}	31.44 ^{ns}
	50 S	2073.3	541.88 ab	11394.7	282.56	55.24	66.31	46.94 bcd	30.38
	50 SF	2226.3	503.64 bc	11294.5	287.86	55.86	69.65	45.89 bcd	29.68
	100 S	2169.0	518.21 bc	11185.9	289.20	56.66	70.14	49.83 a	30.60
	100 SF	2207.7	486.24 c	12382.6	287.45	57.23	69.31	48.36 ab	31.33
	150 S	2252.0	496.06 c	12080.2	288.51	58.54	68.65	47.85 abc	32.39
	150 SF	2294.4	480.28 c	11485.5	290.29	54.39	72.21	47.74 abc	28.66
	200 S	2428.0	490.95 c	10979.4	292.30	55.36	70.53	45.44 cd	29.01
	200 SF	2233.5	517.49 bc	11554.2	272.58	57.13	66.50	45.94 bcd	30.63
	Mean	2206.3 A***	512.30 C***	11579.7A***	285.35 A***	56.19 A***	68.77 A***	46.95 A***	30.46 A***
D1	0	1334.4 b***	654.44 a	7717.8 c	185.40 b***	36.43 e***	45.13 cd***	33.60 b***	18.95 d***
	50 S	1376.1 b	657.54 a	8442.0 bc	194.17 b	39.38 d	46.77 cd	35.37 b	21.42 cd
	50 SF	1404.7 b	659.57 a	8799.0 abc	192.95 b	41.05 cd	43.57 d	34.74 b	21.50 cd
	100 S	1347.4 b	646.95 a	8957.7 ab	192.29 b	42.75 c	46.05 cd	33.38 b	24.14 bc
	100 SF	1631.2 a	520.18 b	9071.8 ab	222.58 a	45.51 b	50.62 bc	38.91 a	21.58 cd
	150 S	1613.0 a	510.00 b	9095.0 ab	219.11 a	46.57 b	58.38 a	38.92 a	26.77 ab
	150 SF	1655.4 a	499.40 b	9757.7 a	232.12 a	50.68 a	53.60 ab	40.21 a	25.87 ab
	200 S	1579.5 a	509.31 b	8573.8 bc	219.08 a	46.44 b	57.56 a	38.01 a	25.86 ab
	200 SF	1580.6 a	516.80 b	9876.5 a	221.24 a	51.48 a	51.64 abc	38.65 a	27.95 a
	Mean	1502.48 B	574.91 B	8921.3 B	208.77 B	44.48 B	50.37 B	36.86 B	23.78 B
D2	0	968.9 e***	727.14 a***	5742.4 d**	141.63 g***	27.06 e***	31.04 d**	24.82 e***	13.96 d***
	50 S	1009.5 e	687.47 b	5848.1 cd	153.96 ef	27.76 e	33.48 cd	26.58 cd	15.47 cd
	50 SF	1103.2 cd	625.82 c	5773.5 cd	165.58 d	28.21 e	35.78 abc	27.80 bc	13.77 d
	100 S	1172.6 bc	604.48 cd	6166.5 bcd	176.82 bc	29.54 d	36.76 ab	29.48 a	15.46 cd
	100 SF	1206.3 ab	601.06 cd	6528.0 abc	169.68 d	30.94 c	37.22 a	29.57 a	17.61 b
	150 S	1209.2 ab	616.07 cd	6766.4 ab	182.18 ab	33.05 b	33.29 cd	28.54 ab	19.69 a
	150 SF	1265.4 a	581.54 d	6695.8 ab	161.99 de	34.78 a	35.88 abc	27.70 bc	20.69 a
	200 S	1215.6 ab	605.79 cd	6528.1 abc	190.43 a	31.25 c	33.91 bcd	28.69 ab	17.54 b
	200 SF	1081.7 d	627.98 c	7162.4a	152.66 f	34.60 a	35.87 abc	25.36 de	17.36 bc
	Mean	1136.92 C	630.81 A	6356.8 C	166.11 C	30.80 C	34.80 C	27.62 C	16.84 C
DXNO Interaction	P>0.05	P<0.001	P>0.05	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, ns;p>0.05; Values followed by the same small or capital letters are not significantly different within the columns in every drought treatments (D0, D1 and D2)

The Na content of the chard leaves increased 14% in D1 and 26% in D2 drought stress levels. Although Na content increased with drought stress, NO applications caused a significant decrease in Na content. The Ca, Fe, Cu, Mn, Zn and B content of leaves decreased almost 50% in D2 as compared to D0 (control treatment) and this reduction was around 35% in D1. These reductions might be related to drought stress levels, which are subjected to 100% of water to reach the field capacity (D0; control), and 67% (D1) and 33% (D2) of the given water in control treatment (D0). Results revealed that mineral content and the nutrient uptake by the roots of the chard leaves significantly decreased under drought stress due to the decline in soil moisture. Drought stress gradually can cause a reduction or imbalance in nutrient uptake and their transport (Heidari and Karami, 2014).

The highest Fe, Cu and Zn content were obtained from 150 μM sf NO application, while the highest Mn and B were obtained from 15 μM 0 s and

200 μM sf NO application in D1. However, in D2 the highest Cu and B content were obtained from 150sf NO application, while the highest Mn and Zn obtained from 100 μM sf and the highest Fe obtained from the 200 μM s NO application. NO are involved in many processes in plant such as primary and lateral root growth (Kopyra and Gwóźdz, 2004). Sun et al. (2017) indicated that the stimulation or inhibition of root growth is related to NO doses, and NO treatments affect nutrient fluctuation in plants. Earlier studies reported that exogenous NO treatments induced root growth under stress conditions (Zhao et al., 2007; Meng et al., 2012; Manoli et al., 2014; Trevisan et al., 2014).

Under well-watered conditions N was significantly altered by NO applications, and the results of interacted drought and NO applications were statistically significant. NO increased the percentage of N in the plant especially in some application doses regardless of seed or seed and foliar application together (Figure 1).

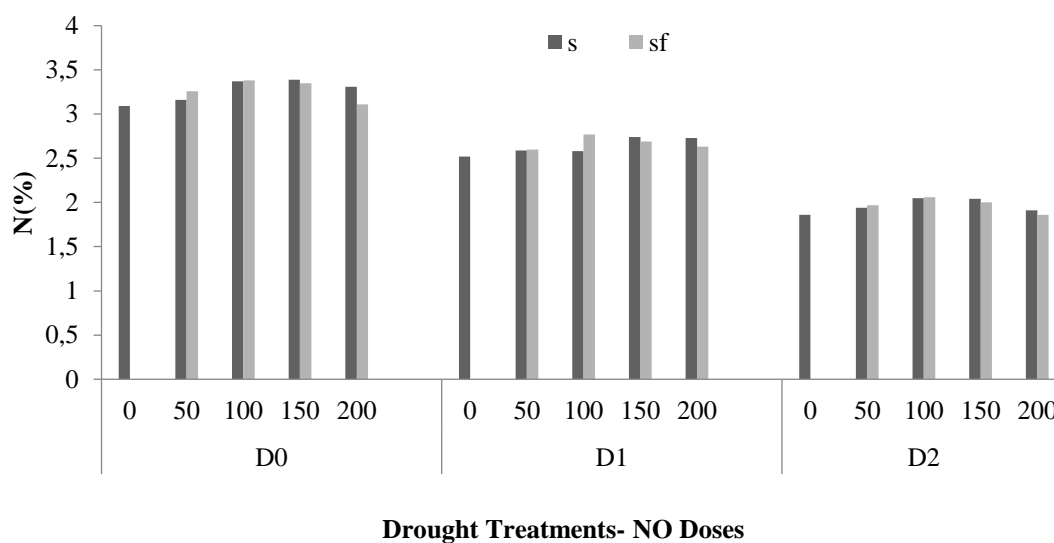


Figure 1. Effects of seed (s) or seed and foliar (sf) applications with different NO doses on leaf N content of chard under drought treatments (D0: control 100%; D1: 67% and D2: 33% of the water required to reach field capacity).

The total amount of N decreased roughly 18% in D1 and 40% in D2 drought treatments as compared to D0. The highest N content of leaves was obtained 100 μM sf in all drought levels. Sun et al. (2017) also reported that NO regulates N distribution and uptake in many plant species.

The P content decreased 34% in D1 and 48% in D2, however, it increased with NO applications under all drought levels. The highest P content was obtained from 150 μM sf application in D0 treatments (Figure 2).

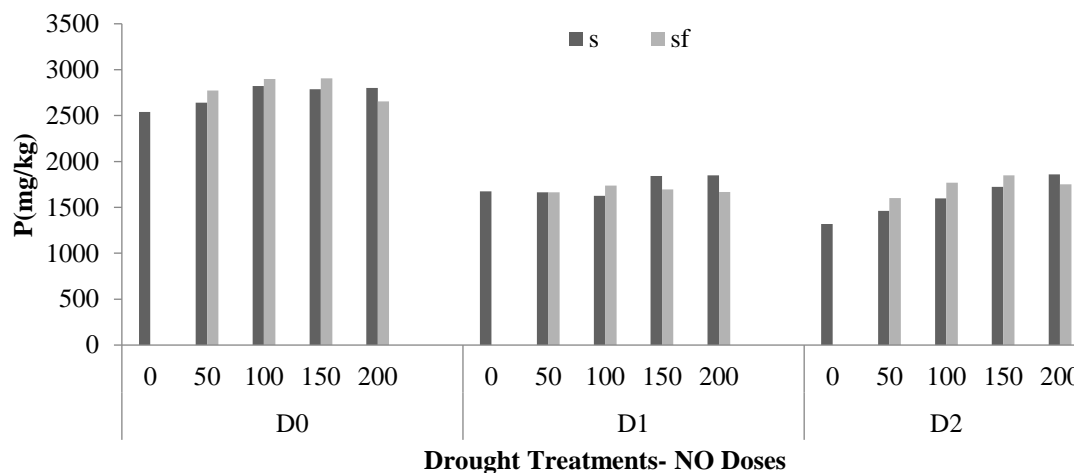


Figure 2. Effects of seed (s) or seed and foliar (sf) applications with different NO doses on leaf P content of chard under drought treatments (D0: control 100%; D1: 67% and D2: 33% of the water required to reach field capacity).

Decreased soil moisture levels may cause a reduced rate of nutrient diffusion from the soil to the root surface (Pinkerton and Simpson, 1986; Sahin et al., 2018). Previous studies have shown that drought can reduce nutrient uptake from soil especially the concentration of nitrogen (N) and phosphorus (P) in plant tissue (Waraich et al., 2011; He and Dijkstra, 2014). Moreover, Kramer and Boyer (1995) stated that a reduced root adsorbing power of plants occurs since the nutrient transport from the roots to the shoots is restricted by the reduced transpiration rates. We also have observed reduced transpiration rates under drought treatments; this can be another reason to observe the reduced mineral uptake by plants. As a result, the reduced nutrient availability under drought is one of the most significant factors for plant growth. The reduction of water availability in plants with drought stress prevents the intake of nutrients required for the plant.

CONCLUSION

This study aimed to investigate chard (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.) nutrient uptake by applying NO solely on the seeds or together with seed and foliar applications under different levels of drought. NO applications positively induced nutrient uptake and its effect was favorable under well-watered conditions as well. The results were more significant with 100 and 150 μM doses of NO applications in all drought treatments including well-watered conditions. Our results indicated that optimized dose of NO, depending on drought stress severity, could have an important ameliorating effect in response to nutrient uptake of chard.

ACKNOWLEDGMENTS

We are very grateful to Atatürk University BAP (Scientific Research Projects) for generous financial support (BAP-169).

Statement of Conflict of Interest

Authors have declared no conflict of interest.

Authors' Contributions

ME, SO and EY conceived and designed research. ME, SO, EY, MT, AD and US set up and conducted the experiment. ME, SO and EY wrote the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

REFERENCES

- Abd El-Mageed, T.A., Semida, W.M., 2015. Organo mineral fertilizer can mitigate water stress for cucumber production (*Cucumis sativus* L.). *Agric. Water Manag.*, 159: 1-10.
- Anyia, A.O., Herzog, H., 2004. Water use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. *Eur. J. Agron.*, 20: 327-339.
- Arasimowicz, M., Floryszak-Wieczorek, J., 2007. Nitric oxide as a bioactive signaling molecule in plant stress responses. *Plant Sci.*, 172: 876-887.
- Aslam, M., Zamir, M.S.I., Afzal, I., Yaseen, M., Mubeen, M., Shoai, A., 2013. Drought stress, its effect on maize production and development of drought tolerance through potassium application. *Agro. Res. Moldavia*, 2: 99-114.
- Bray, E.A., Bailey-Serres, J., Weretilnyk, E., 2000. Responses to abiotic stress. In: Buchanan B, Gruissem W, Jones R (eds) *Biochemistry and*

- molecular biology of plants, American Society of Plant Physiology, Rockville, MD, pp. 1158-1203.
- Bremner, J.M., 1996. Nitrogen Total. In: Sparks DL (ed.) Methods of soil analysis. Part III. Chemical Methods, 2nd edn. Madison, WI, USA, Soil Science Society of America, pp. 1085-1122.
- Ekinci, M., Ors, S., Sahin, U., Yildirim, E., Dursun, A., 2015. Responses to the irrigation water amount of spinach supplemented with organic amendment in greenhouse conditions. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 46: 327-342.
- Ekinci, M., Ors, S., Yildirim, E., Turan, M., Sahin, U., Dursun, A., Kul, R., 2020. Determination of physiological indices and some antioxidant enzymes of chard exposed to nitric oxide under drought stress. *Russ. J. Plant Physiol.*, 67 (4): 740-749.
- Farooq, M., Basra, S.M.A., Wahid, A., Rehman, H., 2009. Exogenously applied nitric oxide enhances the drought tolerance in fine grain aromatic rice (*Oryza sativa* L.). *J. Agron. Crop Sci.*, 95: 254-261.
- He, M., Dijkstra, F.A., 2014. Drought effect on plant nitrogen and phosphorus: A meta-analysis. *New Phytol.*, 204: 924-931.
- Heidari, M., Karami, K., 2014. Effects of different mycorrhiza species on grain yield, nutrient uptake and oil content of sunflower under water stress. *J. Saudi Soc. Agr. Sci.*, 13: 9-13.
- Kopyra, M., Gwóźdź, E.A., 2004. The role of nitric oxide in plant growth regulation and responses to abiotic stresses. *Acta Physiol. Plant*, 26: 459-473.
- Kramer, P.J., Boyer, J.S., 1995. Water relations of plants and soils. San Diego: Academic Press.
- Liu, E.K., Mei, X.R., Yan, C.R., Gong, D.Z., Zhang, Y.Q., 2016. Effects of water stress on photosynthetic characteristics, dry matter translocation and WUE in two winter wheat genotypes. *Agric. Water Manag.*, 167: 75-85.
- Manoli, A., Begheldo, M., Genre, A., Lanfranco, L., Trevisan, S., Quaggiotti, S., 2014. NO homeostasis is a key regulator of early nitrate perception and root elongation in maize. *J. Exp. Bot.*, 65: 185-200.
- McWilliams, D., 2003. Drought strategies for cotton, cooperative extension service circular 582: College of Agriculture and Home Economics, New Mexico State University, USA.
- Meng, Z., Chen, L., Suo, D., Li, G., Tang, C., Zheng, S., 2012. Nitric oxide is the shared signaling molecule in phosphorus- and iron-deficiency induced formation of cluster roots in white lupin (*Lupinus albus*). *Ann. Bot.*, 109: 1055-1064.
- Mertens, D., 2005a. AOAC Official Method 922.02. In: Horwitz W, Latimer GW (eds) Plants preparation of laboratory sample. Official Methods of Analysis, 18th edn. Chapter 3, AOAC-International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA, pp. 1-2.
- Mertens, D., 2005b. AOAC Official Method 975.03. In: Horwitz W, Latimer GW (eds) Metal in plants and pet foods. Official Methods of Analysis, 18th edn. Chapter 3, AOAC-International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA, pp. 3-4.
- Ors, S., Ekinci, M., Yildirim, E., Sahin, U., 2016. Changes in gas exchange capacity and selected physiological properties of squash seedlings (*Cucurbita pepo* L.) under well-watered and drought stress conditions. *Arch. Agron. Soil Sci.*, 62 (12): 1700-1710.
- Pazzagli, P.T., Weiner, J., Liu, F., 2016. Effects of CO₂ elevation and irrigation regimes on leaf gas exchange, plant water relations, and water use efficiency of two tomato cultivars. *Agric. Water Manag.*, 169: 26-33.
- Pinkerton, A., Simpson, J.W., 1986. Interactions of surface drying and subsurface nutrients affecting plant-growth on acidic soil profiles from an old pasture. *Aust. J. Exp. Agric.*, 26: 681-689.
- Qiu, G.Y., Wang, L.M., He, X.H., Zhang, X.Y., Chen, S.Y., Chen, J., Yang, Y.H., 2008. Water use efficiency and evapotranspiration of winter wheat and its response to irrigation regime in the north China plain. *Agr. Forest Meteorol.*, 148: 1848-1859.
- Sahin, U., Ekinci, M., Kiziloglu, M.F., Yildirim, E., Turan, M., Kotan, R., Ors, S., 2015. Ameliorative effects of plant growth promoting bacteria on water-yield relationships, growth, and nutrient uptake of lettuce plants under different irrigation levels. *Hortscience*, 50: 1379-1386.
- Sahin, U., Ekinci, M., Ors, S., Turan, M., Yildiz, S., Yildirim, E., 2018. Effects of individual and combined effects of salinity and drought on physiological, nutritional and biochemical properties of cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata). *Sci. Hortic.*, 240: 196-204.
- Siddiqui, M.H., Al-Whaibi, M.H., Basalah, M.O., 2011. Role of nitric oxide in tolerance of plants to abiotic stress. *Protoplasma*, 248: 447-455.
- SPSS Inc., 2010. 18.0 Base user's guide. Chicago (IL), Prentice Hall, USA.
- Sun, H., Tao, J., Zhao, Q., Xua, G., Zhang, Y., 2017. Multiple roles of nitric oxide in root

- development and nitrogen uptake. *Plant Signal. Behav.*, 12 (1) e1274480.
- Trevisan, S., Manoli, A., Quaggiotti, S., 2014. NO signaling is a key component of the root growth response to nitrate in *Zea mays* L. *Plant Signal. Behav.*, 9 (6) e28290.
- Wania, S.H., Kumar, V., Shriram, V., Sah, S.K., 2016. Phytohormones and their metabolic engineering for abiotic stress tolerance in crop plants. *Crop J.*, 4: 162-176.
- Waraich, E.A., Rashid, A., Ashraf, M.Y., 2011. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. *Aust. J. Crop Sci.*, 5: 764-777.
- Wu, Y.L., Guo, Q.F., Luo, Y., Tian, F.X., Wang, W., 2014. Differences in physiological characteristics between two wheat cultivars exposed to field water deficit conditions. *Russ. J. Plant Physiol.*, 61: 451-459.
- Xue, Q.W., Zhu, Z.X., Music, J.T., Stewart, B.A., Dusek, D.A., 2006. Physiological mechanisms contributing to the increased water-use efficiency in winter wheat under deficit irrigation. *J. Plant Physiol.*, 163: 154-164.
- Yang, J.C., Zhang, J.H., Huang, Z.L., Zhu, Q.S., Wang, L., 2000. Remobilization of carbon reserves is improved by controlled soil-drying during grain filling of wheat. *Crop Sci.*, 40: 1645-1655.
- Zhao, D., Tian, Q., Li, L., Zhang, W., 2007. Nitric oxide is involved in nitrate-induced inhibition of root elongation in *Zea mays*. *Ann. Bot.*, 100: 497-503.



Design and Comparative Cost Analysis of Alternative Prefabricated Beef Cattle Barns with Conventional Barn Types*

Hasan ER^{1,a}  Yasemin KUSLU^{2,**,b} 

¹Bingöl University, Faculty of Agriculture, Biosystem Engineering Department, Bingöl Turkey

²Atatürk University, Faculty of Agriculture, Agricultural Structures and Irrigation Department, Erzurum, Turkey

**Corresponding author e-mail: ykuslu@atauni.edu.tr

doi: 10.17097/ataunizfd.802543

Received (Geliş Tarihi): 30.09.2020 Accepted (Kabul Tarihi): 06.02.2021 Published (Yayın Tarihi): 29.05.2021

ABSTRACT: In this study, planning, design and cost analysis of prefabricated beef cattle barns carried out. Steel mesh was used to strengthen the foundation of the structure. Galvanized-sheet material was used as the carrier and cover material, and shaped like a trapezoid cross-section. The barns, which are planned in the form of tunnel cross-section and tie-stalls type, are designed for 10, 20 and 30-cattle to be particularly suitable for family enterprises. Polyurethane (PU) foam and extruded polystyrene sandwich panel (XSP) were used to provide heat and sound insulation. Cost analysis of the galvanized-sheet barns was compared with the barns constructed by the traditional production method. After analyses, we found that as the number of animals increased, barn cost per animal decreased. The cost reduction rates in the PU foam insulated galvanized-sheet barn were 30.1%, 32.7% and 30.6% for the 10, 20 and 30-cattle respectively. These values were 24.9%, 27.8% and 25.5% for the sandwich panel insulated galvanized-sheet barn. The most economical combination was the polyurethane foam insulation of galvanized sheets. Galvanized-sheet barns are technically sufficient, and economically advantageous than the conventional ones, so it can be recommended to both newly established enterprises and enterprises that want to improve their old barns.

Keywords: Prefabricated barns, Tie-stalls type, Cost analysis, Galvanized sheet, Polyurethane foam

Yaygın Barınak Türlerine Alternatif Olabilecek Prefabrik Barınakların Tasarımı ve Karşılaştırmalı Maliyet Analizi

ÖZ: Bu çalışmada, prefabrik barınak yapı elemanlarının planlaması ve tasarımı yapılmış, geleneksel yöntemle üretilen barınak türü ile karşılaştırmalı maliyet analizi gerçekleştirilmiştir. Yapının temelinde çelik hasır kullanılmıştır. Taşıyıcı ve örtü malzemesi olarak galvaniz sac malzeme kullanılmıştır. Sac metalin dayanımını artırmak için malzeme trapez verilmiştir. Tünel kesitli ve bağlı duraklı tipte planlanan barınaklar, özellikle aile işletmeleri için uygun olacak şekilde 10, 20 ve 30 başlık tasarlanmıştır. Galvaniz sac malzeme ısı ve ses yalıtımı sağlamak için poliüretan (PU) köpük ve ekstrüdepolistiren sandviç panel (XSP) kullanılmıştır. Tasarlanan galvanizli sac barınakların maliyeti, geleneksel yolla üretilenlerle karşılaştırılmıştır. Analizler sonucunda hayvan sayısı arttıkça hayvan başına barınak maliyetinin düştüğünü görülmüştür. PU köpük ve XSP izoleli galvaniz sac malzemenin yapılan barınakların geleneksel yöntemle üretilenlere göre daha ekonomik olduğu görülmüştür. Poliüretan köpük yalıtımlı galvanizli sac barınakta maliyet düşme oranları 10, 20 ve 30 başlıklar için sırasıyla % 30.1, % 32.7 ve % 30.6 olmuştur. Bu değerler sandviç panel yalıtımlı barınak için % 24.9, % 27.8 ve % 25.5 olarak gerçekleşmiştir. En ekonomik barınak türü galvanizli sac ve poliüretan köpük yalıtım birleşimi olmuştur. Galvanizli saclardan yapılan prefabrik barınaklar teknik olarak yeterli ve geleneksel olanlara göre ekonomik olarak avantajlı olduğundan hem yeni kurulan işletmelere hem de eski barınaklarını iyileştirmek isteyen işletmelere tavsiye edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Prefabrik barınak, Bağlı-duraklı tip, Maliyet analizi, Galvanizli çelik, Poliüretan köpük

INTRODUCTION

The requirement of nutrition is increasing in parallel with the rise of the world population. Animal

products are the most important source of protein and indispensable for a balanced diet program. Owing to

To cite this article: Er, H., Kuslu, Y., 2021. Design and Comparative Cost Analysis of Alternative Prefabricated Beef Cattle Barns with Conventional Barn Types. Atatürk Univ. J. of Agricultural Faculty, 52 (2): 167-175. doi: 10.17097/ataunizfd.802543

^aORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7880-8697> ^bORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4008-1004>

*This study is a part of the Hasan Er's master thesis accepted by Atatürk University, Graduate School of Natural and Applied Sciences.



the increasing demand for animal products and the intensive livestock production system, the importance of animal welfare was mentioned more in the literature (Broom, 1991; Bracke and Hopster, 2006; Er and Kuslu, 2019; 2020).

Climate factors are one of the most important issues that are considered in the construction of barns because they affect animals in many ways. The most important environmental conditions which determine the animal yield are temperature, relative humidity, the composition of barn air, ventilation capacity, airflow rate, and lighting. However, the climatic conditions of the region and the economic limits of the enterprise should be taken into consideration while planning (Ekmekyapar, 2001; Turhan, 2016). The following objectives are expected to be achieved in the construction of the barns; to protect the animals from unfavorable weather conditions, to create healthy and hygienic ambiance, to realize an efficient production environment, and to provide economy from time and labor.

Temperature is one of the most important environmental conditions within the barns. It is the criterion of providing the comfort of the animals and it is very important for the execution of physiological functions. Cattle have the highest efficiency with minimum feed consumption in comfort zone temperature values. (Brom, 1991; Uzal, 2004; Kocaman et al., 2007; Lateef et al., 2008; Usta 2011; Dawkins, 2016). In terms of yield, the comfort zone temperature is reported to be 10-20 ° C for cattle weighing up to 150 kg and 0-20°C for cattle weighing up to 800 kg (Trampler, 1989).

Different values have been suggested in the literature on the appropriate relative humidity values in barns. It is stated by Ekmekyapar (2001) and Şirin and Kocaman (2016) that the relative humidity range of barns can be between 60% and 75% and this value can be increased up to 85% in a very cold region. İçöz (1998) suggested that the appropriate relative humidity should be between 50-75%. Wathes et al. (1983) argued the relative humidity of animals in terms of their health and body temperature balancing mechanisms should be between 40-90%.

The polluted air in the barns environment, harmful gas and unwanted odors should be replaced by fresh air. The ventilation rate is given by Noton (1982) such as 30-75 m³/h for 100kg and 400 kg live weight respectively. The windows in the barns allow both the lighting of the interior and the supply of fresh air into the barn. The ratio of window area to floor area in closed barns should be at least 3.5%, 5%, and 10% in the cold, warm, and hot climate zones respectively (Ekmekyapar, 2001).

The connected stalls are one of the different barn types in terms of planning. In such barns, resting, feeding and watering works of the cattle are

carried out at special stands reserved for them. The most important reasons for preferring beef cattle breeding in this type of barns are to eliminate the negative effect of possible weather changes on cattle, to protect the cattle from the mud effects, and to prevent feed losses via feeding easily the animals (Erbatur, 2010). If the number of animals is less than 12, these type barns are planned as a single row otherwise, it is designed as a double row (Ekmekyapar, 2001).

Prefabrication is defined as the process of assembling the construction elements produced in factories in a controlled manner to each other in the construction site environment and the structures produced with this system are called prefabricated structures (Türker, 1998; Güreer, 2008). The galvanized sheet that is used in the prefabricated system's structural elements is a material which is obtained by coating the sheet with chrome and zinc and produced by hot dipping method international standards (TS, 822). The galvanized sheets can hold the paint on it, shape it easily, and can be apply practically. These properties such as long life and fire resistance provide the advantage from the other materials. Due to the coding of galvanize material, this material is more resistant to corrosion and external factors (Karakas, 2013).

In the barns, thermal insulation processes should apply to prevent hot or cold air from entering or leaving the building by creating thermal bridges. Generally, thermal insulation materials are used such as; glass wool, rock wool, sandwich panels from expanded polystyrene foam (EPS), extruded polystyrene foam (XPS), polyurethane (PU) foam (Hegger et al., 2006). XPS is an insulation material that consists of disconnected cells and can be produced in thicknesses between 20mm and 120mm. The thermal conductivity coefficient of this material varies between 0.030 and 0.040 w/mK. Due to its strength in the freeze-thaw cycle, the durability of the material lasts throughout the life of the building. The thermal conductivity value for spray PU varies between 0.017 - 0.025 w/mK, and its volume increases rapidly after it is sprayed. It is resistant to ultraviolet rays. It does not move after being sprayed, and can also be used inside or outside structures. It provides high resistance, flexibility, and non-slip surfaces against abrasion.

Agriculture and animal husbandry are the source of the main livelihood for the people living in the rural area of Erzurum province. Cereals and forage crops are grown in dry farmland, while potato, sugar beet, silage maize, and sunflower are grown in irrigated areas. Vetch, sainfoin, and alfalfa are some of the most cultivated forage crops. More than 60% of the land of the agricultural zone in Erzurum is meadow-pasture land. Therefore, livestock farming is

one of the main activities in rural areas (Kuşlu, 2008). The agricultural economy of Erzurum province consists of livestock farming around 64%, crop farming 36% and cattle farming 5%. (TSI, 2017).

In Erzurum conditions, the size of the herd that should be kept for sustainable beef cattle enterprises is varied in the different corporations. For example, these numbers are accepted as 25 cattle by banks who financed the farmers, and 40 cattle by agricultural institutions. However, there are fewer cattle in family-type enterprises today in Erzurum. (CAE, 2018).

In this study, beef cattle barn plans for cold climate such as Erzurum conditions have been developed and compared with traditional barns by cost analysis. Developed barns are suitable for 10, 20 and 30 cattle. They include tie-stall closed barns types, produced from galvanized sheet material, prefabricated, PU and XPS insulated properties.

MATERIAL AND METHOD

In this study, the Erzurum region was chosen as the research area because of its large beef cattle growth potential. In terms of geographical location, Erzurum province lies between 40°-15" and 42°-35" east longitudes and 40°-57" and 39°-10" northern latitudes. Erzurum province remains mostly dry and warm in summers but cold and snowy in winters. The long period (from 1950 to 2018) average annual temperature is 5.7°C. The coldest month is January with an average of -9.2°C and the hottest month is August with 19.5°C. The average annual rainfall is 432mm, the highest rainfall is in May with 73.8mm and the least rainfall is in August with 17.7mm. The average annual relative humidity was determined as 64% (TSMS, 2018).

In the traditional method, the foundation and bearing elements are made from reinforced concrete. In this production, brick, interior and exterior plaster were used on the wall and wood was used on the roof truss elements. The foundation of the prefabricated barn is constructed from reinforced concrete by using steel mesh. The galvanized steel sheet has been strengthened by trapezoidal shape and used as the main building element in tunnel form. XPS sandwich panel and spray PU foam were used to provide sound and heat insulation of the galvanized sheet. XPS and spray PU foam are widely used for insulation because they do not absorb water and are not affected by moisture and their thermal insulation performance do not change over time. Because of these properties, they were preferred in this research.

In the calculations, the temperature inside the barn was 10°C and relative humidity was taken as 80% for the winter season. As the average outside temperature and relative humidity for the project the

average low-temperature and relative humidity values of the coldest month have taken. The principles were taken into consideration in the calculations regarding ventilation for summer and warm seasons. Ventilation openings were made base on temperature balance and it was checked whether the values found provide moisture balance. The average weight of cattle has been assumed to be 500kg (Wathes et al., 1983; Ekmekyapar 2001; FAO, 2011; Yanık and Okuroglu, 2017).

The Turkish Standards such as TS 822 (2019), TS 498 (1997), and TS EN 10346 (2015) were used related to calculations of prefabricated buildings with galvanized sheet construction material. The cost calculations of the barns were made and compared with the costs of the traditional tie-stall barns types according to the same year data. The cost calculations of barns were performed concerning the Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanism, the companies in the construction field, and the market price list (unit cost) and calculated amount of material (amount). The following equation is used in the cost calculation.

$$total\ cost = amount \times unit\ cost \quad (1)$$

Dimension calculations of the structural elements of the barn have been made with the help of the equations (Equation 2, 3, 4, 5) given below.

$$N = A \times k_n \times n \quad (2)$$

where N= total amount of water vapor emitted by cattle (g), A= body surface area of a cattle (m²), k_n= the amount of water vapor emitted from the body surface area of 1 m² at 10°C (g/m²h) and n= the number of cattle in the barn,

$$Q = A \times V \quad (3)$$

Where, Q= ventilation rate required (m³/h), A= the total area of the air outlet (or inlet) openings (m²) and V= airflow velocity (m/s) calculated from the following equation,

$$V = 1,8 * \sqrt{\frac{H(ti-td)}{273+td}} \quad (4)$$

Where H= effective flue height (m), ti= indoor temperature (°C), td= outdoor temperature (°C)

$$n = \frac{A}{a} \quad (5)$$

Where, n= number of the chimney (pcs), A= the total area of the air outlet openings (m²) and a= a chimney area (m²)

$$w = \frac{A}{a} \quad (6)$$

Where w= number of window (pcs), A= the total area of the window openings (m²) and a= a window area (m²)

According to the Regulation of Agricultural and Rural Development Support Institution, the window area should be at least 5% of the barn floor area. It was checked whether the values calculated by the equations appropriate this rule.

RESULTS AND DISCUSSION

Some parameters calculated for 10, 20 and 30 head beef cattle barns are given in Table 1. These dimensions and admissions are the same for all barn combinations.

Table 1. Some parameters for 10, 20 and 30 head beef cattle barns

Admissions and calculations	10-cattle	20-cattle	30-cattle
Barn height (m)	4	4	4
Barn width (m)	7	7	10
Barn length (m)	18	30	24
Ventilation rate (kg/h)	949.5	1898.9	2848.2
Window number(pcs)	5	8	8
Window area (m ²)	6.3	10.5	12
Chimney number (pcs)	2	3	5
Special shed area (m ²)	4.7	4.7	7.7
Feed storage area (m ²)	4.7	4.7	7.7

As seen in Table 1, barn height is 4m in all barn combinations. For 10-cattle and 20-cattle barns, the barn width, special shed, and feed storage area have the same values. The window number is equal to 20-cattle and 30-cattle barns, but window area values are different.

The general view of the designed galvanized sheet shelter is given in Figure 1. Figure 2a shows a floor plan and a cross-sectional view of the 10-cattle barn. Figure 2b shows the floor plan of the 20-cattle barn. The cross-sectional view of this barn is the same as in Figure 2a. Figure 2c shows the floor plan and cross-sectional view of the 30-cattle barn.

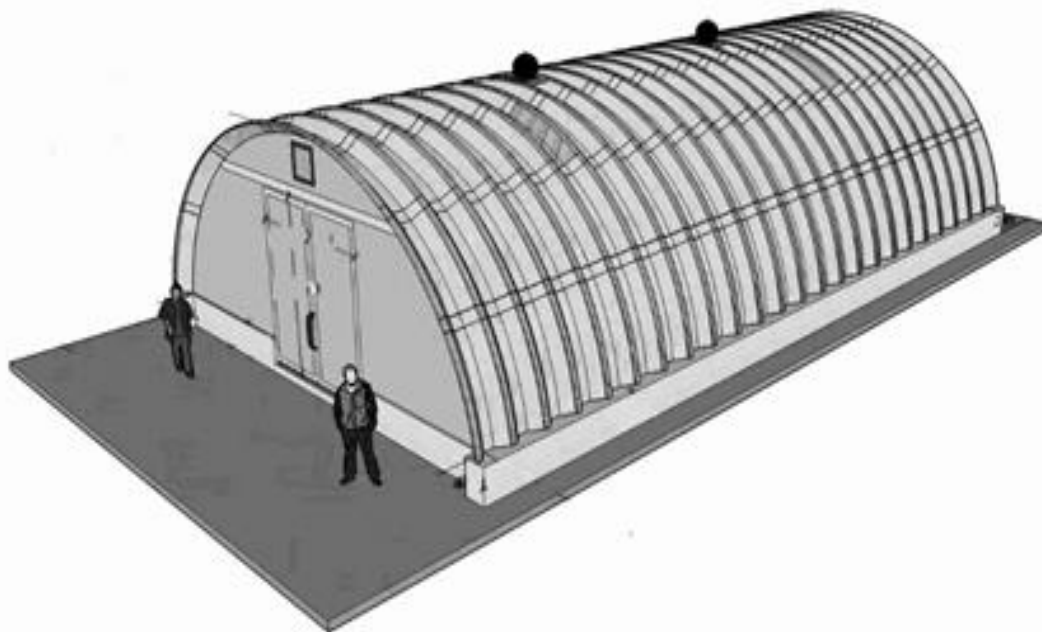


Figure 1. General view of the designed galvanized sheet beef cattle barn

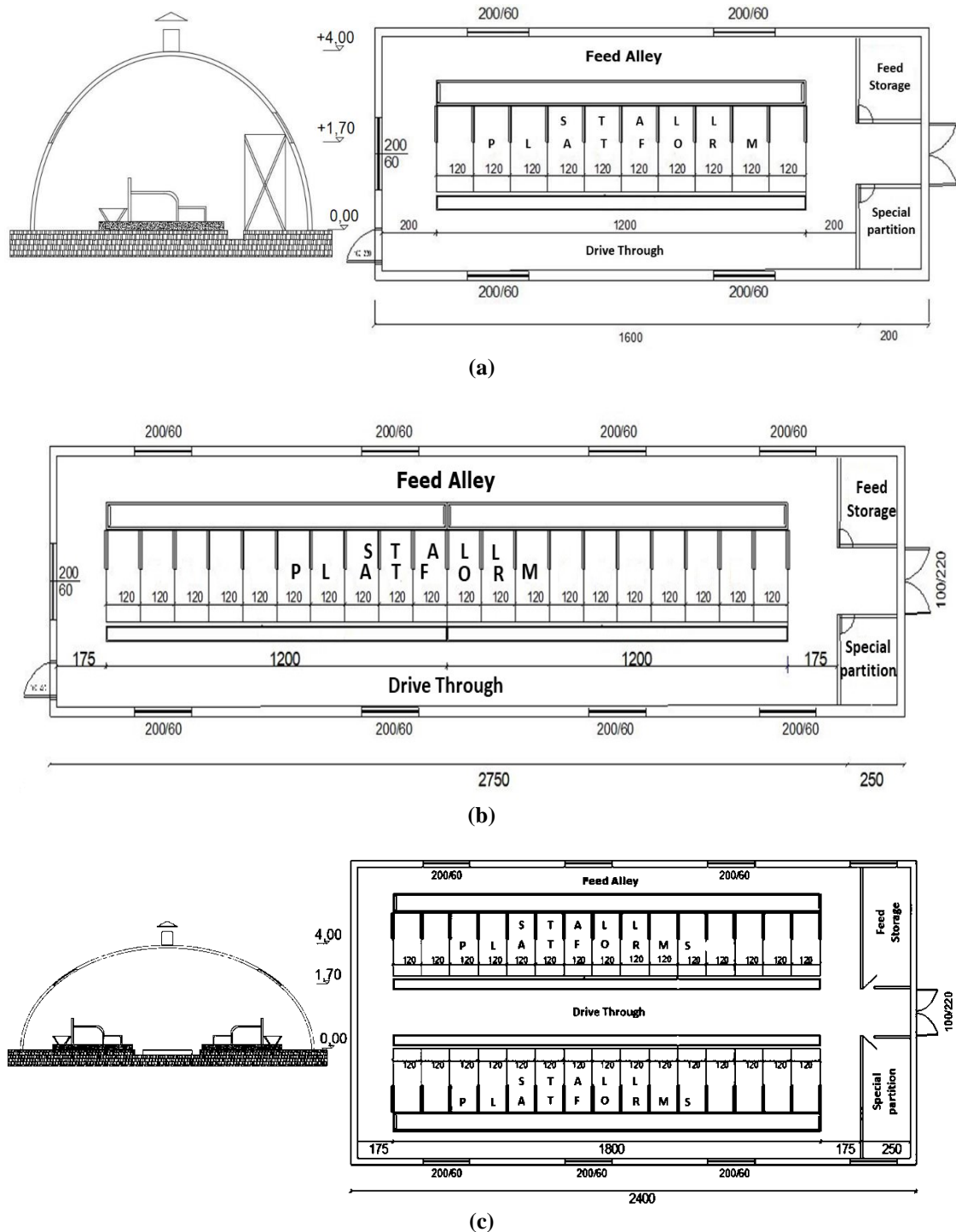


Figure 2. Floor plan and sectional views of galvanized sheet and tie-stall barns designed for different animal capacity: 10-cattle (a), 20-cattle (b) and 30-cattle (c)

The 10-cattle and 20-cattle barn combinations are single-row, and the 30-cattle barn combination is two-row. The most important reason for choosing it in this way is that it provides economical use of the material and floor area. The importance of this situation has also been emphasized by Noton (1982),

Ekmekyapar (2001), Aslan and Seyfi (2015), and Şirin and Kocaman (2016). The calculation steps for prefabricated barn combinations are given in Table 2.

The costs of different barns of which have tie-stall and closed properties and costs per animal values are shown in Table 3.

Table 2. Quantity survey of prefabricated barns with galvanized sheet material / spray polyurethane foam and sandwich panel insulated material*

Work number	Type of work (unit)	Amount			Unit Cost**	Total Cost (\$)		
		10 Head	20 Head	30 Head		10 Head	20 Head	30 Head
1	Earth Excavation (m ³)	72	115.2	124.8	1.1	75.8	121.3	131.4
2	Stone Blockage m ³	36	57.6	62.4	10.3	371.2	594.0	643.5
3	the Grabeto (m ³)	18	28.8	31.2	38.2	688.2	1101.2	1192.9
4	Base Concrete (m ³)	54	86.4	93.6	42.6	2302.9	3684.7	3991.8
5	Wire mesh (kg/piece)	16.75	26.79	29	14.7	246.3	394.0	426.5
6	Galvanized sheet side surface (piece)	6	10	8	1623.5	9741.2	16235.3	22823.5
7	Front and rear facade surface (m ²)	43.96	43.96	62.8	21.2	930.9	930.9	1329.9
8	Window (piece)	5	8	8	17.6	88.2	141.2	141.2
9	Ventilation chimney (piece)	2	3	5	94.1	188.2	282.4	470.6
10	Ventilation fan (piece)	2	3	4	416.5	832.9	1249.4	1665.9
11	Insulation with spray polyurethane foam (m ²)***	192.55	304.31	336.84	8.8	1699.0	2685.1	2972.1
12	Sandwich panel insulation with filling material(m ²)***	192.55	304.31	336.84	15.4	2973.2	4698.9	5201.2

*Quantity surveys were calculated according to the year of 2018 unit costs. (At the beginning of this year, 1 Dollar was equal to 3.4 Turkish Liras)

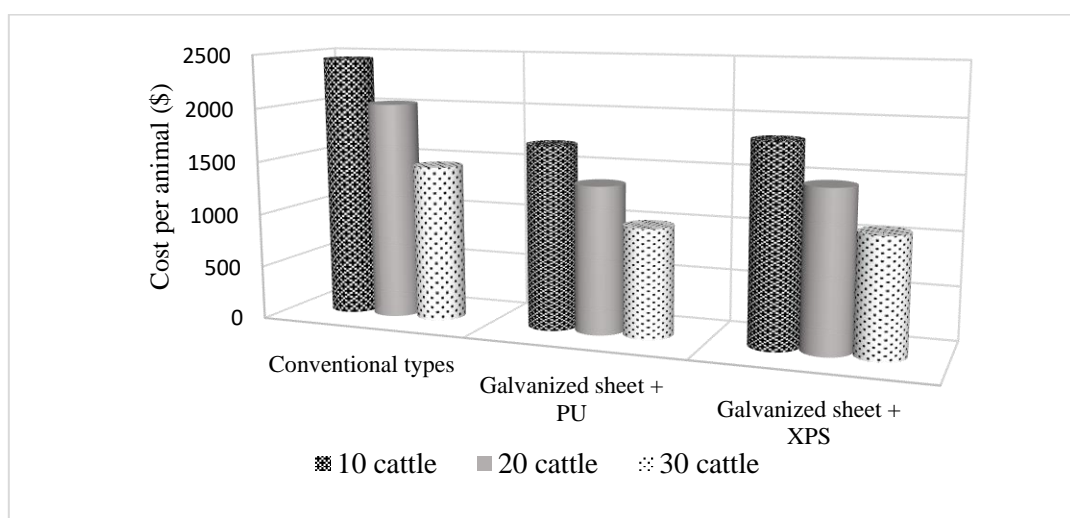
** The cost calculations were performed concerning the Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanism, the companies in the construction field, and the market price list.

*** One of these isolation methods will be chosen according to the barn combinations.

Table 3. The costs of different barn combinations

Barn combination	Conventional type			Galvanized sheet + PU			Galvanized sheet + XPS		
	10-cattle	20-cattle	30-cattle	10-cattle	20-cattle	30-cattle	10-cattle	20-cattle	30-cattle
Cost (\$)	24493	40638	43790	17165.0	27419.4	35789.2	18439.2	29433.2	38018.3
Cost per animal (\$)	2449.3	2031.9	1459.7	1716.5	2741.9	3578.9	1843.9	2943.3	3801.8

After the analyses, it was found that conventional types (Figure 3). prefabricated barns are more economical than

**Figure 3.** Different barn combinations and cost per animal (\$)

Ferrer et al. (2007) suggested that the cost of prefabricated buildings should be decreased as compared to traditionally produced structures due to the reduction in structural dimensions. Prefabricated buildings are widely used because of their advantages such as having different usage areas, strength, lightness, new appearance and low construction cost (Dong et al., 2006; Dong et al., 2012). Arslan et al. (2006) stated that prefabricated buildings have sufficient to absorb the earthquake shocks due to the rigidity and ductility properties of the structures than normal reinforced concrete structures. It has been common in recent years that some or all of the farm buildings consist of prefabricated elements (Aslan and Seyfi, 2015; İnci et al., 2019).

The cost reduction rates in the polyurethane foam insulated galvanized sheet barn were 30.1%, 32.7% and 30.6% for the 10, 20 and 30 heads respectively. These values were 24.9%, 27.8% and 25.5% for the sandwich panel insulated galvanized sheet barn. At the end of the research, it was seen that the cost of stables per unit animal decreased as the number of animals increased (Figure 3). In a study conducted by Er and Kuşlu (2020), it was found that

prefabricated barns produced with light concrete are more economical than conventional type barns.

CONCLUSION

To increase the income levels of the agricultural enterprises in the study area, livestock enterprises should be based on more modern and economic principles. Also, it may be planned more economical structures by modernizing old type barns that cause low productivity and diseases. Animal production will have advanced with the design and application of barns that are more economically convenient, modern, easily built, reduce the workload of the workers, and create comfortable environments for animals. Prefabricated barns fulfill many of the features listed above. In prefabricated systems, construction time is shortened compared to traditional systems and can be produced in series. Prefabricated barn systems directly affect the national economy due to the low cost of the project as well as a qualified production. It also contributes indirectly in terms of taking part in the development of animal production. It is important to have more modern and cost-effective structure options to increase the income levels of livestock enterprises in rural areas. This study finds that the galvanized sheet

increases the strength via trapezoidal shape, insulated with PU foam, and XPS sandwich panel that not only sufficient as required by the need but also it is economically viable for the engineering purposes. This study suggested that these prefabricated structures may be taken into consideration particularly, in the structural modernization of family-type such as; animal husbandry enterprises or for the establishment of new enterprises. These buildings may produce resilience and practically sufficient properties in terms of providing hygiene and comfort for the employees and animals.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was produced from the master thesis prepared by Hasan Er under the supervision of Yasemin Kuslu. The project supported by Atatürk University with code number FYL-2018-6565.

Statement of Conflict of Interest

The authors should declare that they are no conflict of interest.

Authors' Contributions

YK defined and edited the research, HE worked on the preparation of Figures 1, 2, and Table 3. All authors contributed to the writing of the article and took part in the process of publication of the article and read and approved it.

REFERENCES

- Arslan, M.H., Korkmaz, H.H., Gülay, F.G., 2006. Damage and failure pattern of prefabricated structures after major earthquakes in Turkey and short falls of the Turkish earthquake code. *Engineering Failure Analysis*, 13: 537-557.
- Aslan, H., Seyfi, S. U., 2015. Alternative barn design applicable in different environmental condition for goat breeding. *J. Int. Environmental Application & Science*, Vol. 10(4): 421-428.
- Bracke, M.B.M., Hopster, H., 2006. Assessing the importance of natural behaviour for animal welfare. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*. 19: 77-89.
- Broom, D.M., 1991. Animal welfare—concepts and measurement. *Journal of Animal Sci.*, 69: 4167-4175.
- CAE, 2018. The Livestock Report, The UNION of the Chambers of Turkish Engineers and Architects (UCETA) the Chamber of Agricultural Engineers (CAE) Available online with updates at http://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=29946&tipi=17&sube=0 (Accessed Date: 15 March 2019)
- Dawkins, M.S., 2016. Animal welfare and efficient farming: is conflict inevitable? *Animal Production Sci.*, 57 (2) 201-208.
- Dong, S. L., Yuan, X.F., 2006. Development of lattice shells in China. *Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures*, 47 (2): 111-123.
- Dong, S., Zhao, Y., Xing, D., 2012. Application and development of modern long-span space structures in China. *Frontiers of Structural and Civil Engineering*, 6 (3): 224-239.
- Ekmekyapar, T., 2001. Regulation of Environmental Conditions in Animal Shelters. Atatürk University Agricultural Faculty Pub. No: 306 (In Turkish: Hayvan Barınaklarında Çevre Koşullarının Düzenlenmesi), Erzurum, 164 p.
- Er, H., Kuslu, Y., 2019. Investigation the use of different material on the barns construction. 1st International Congress on Biosystems Engineering (ICOBEN2019), 24-27 September 2019, Hatay, pp: 212-218.
- Er, H., Kuslu, Y., 2020. Planning and design of prefabricated beef cattle barns constructed by lightweight concrete for cold climate regions. *YYU J of Agr. Sci.*, 30 (1): 90-99.
- Erbatur, I., 2010. The Construction Properties of Beef Cattle Barns in Kulu-Konya. Master diss., Selçuk Univ. Agricultural Structures and Irrigation Dept. Konya, Turkey.
- FAO, 2011. Livestock Housing in Rural Structures in the Tropics: Design and Development Available online with updates at <http://www.fao.org/3/i2433e/i2433e.pdf> (Accessed Date: 15 March 2019)
- Ferrer, F., Ferran, J.J., Torregrosa, J.B., Ferrer, C.M., Sanchez, F.J., Redon, M., Valles, J.J., 2007. Light structure examples for industrial architecture. *Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures*, 48 (2): 119-129.
- Gürer, C., 2008. Prefabricated Structures Lecture Notes. Kocatepe Univ. Technical Education Faculty Afyonkarahisar, Turkey (In Turkish: Prefabrik Yapılar Ders Notları).
- Hegger, M., Auch-Schwelk, V. Fuchs, M., Rosenkranz, T., 2006. *Construction Materials Manual*, Birkhauser, Munich, Germany, 280 pp.
- İçöz, Y., 1998. Ahırlarda sağlıklı ortam nasıl olmalıdır? *Türk Holstein Friesion Yetiştiricileri Dergisi*, 12: 4-10.
- İnci, H., Yiğit, B., Karakaya, E., 2019. A research on technical and structural properties of broiler farms in Bingol province. *Akademik Ziraat Dergisi* 8 (2): 265-274.
- Karakaş, Ö., 2013. Investigation of the effects of Cr³⁺, Cr⁶⁺ type passivation agents and rust preventive oils on corrosion resistance of hot

- dip galvanised DX51D+Z grade steel sheet. Master diss., Mustafa Kemal Univ. Mechanical Engineering Dept., Hatay, Turkey.
- Kocaman, I., Konukcu, F., İstanbulluoğlu, A., 2007. Heat and moisture balance in animal barns. *KSU Journal of Science and Engineering*, 10 (1): 134-140.
- Kuslu, Y., 2008. Effects of an irrigation project in prevention of migration from rural areas. *Water Resour Manage*, 22: 611-619.
- Lateef, M., K.Z. Gondal, Younas, M., Mustafa M.I., Bashir, M.K., 2008. Reproductive performance of Holstein Friesian and Jersey cattle in Punjab, Pakistan. *Pak. J. Agri. Sci.*, 45 (2): 245-249.
- Noton, N.H., 1982. *Farm Buildings*. College of Estate Management Reading, England, 359 p.
- Şahin, E., Uğurlu, N., 2017. Effects of heat stress on dairy cattle. *Eurasian Journal of Agricultural Research*, 1 (1): 37-43.
- Şirin, Ü., Kocaman, B., 2016. Optimum design of dairy cattle barns in Erzurum province *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa Univ.*, 33: 28-38.
- Trampler, W., 1989. *Rindermastverfahren. BauBriefe Landwirtschaft 31, Kaelberufzucht. Jungvrehhaltung Rindermast Land wirtschaftsverlang, Münster*, 36 p.
- TS 498 (Turkish Standard), 1997. *Design Loads for Buildings*. Turkish Standard Institute, Ankara.
- TS 822 (Turkish Standard), 2019. *Hot-dip Galvanized Plain and Corrugated Sheets*, Turkish Standard Institute, Ankara.
- TS EN 10346 (Turkish Standard), 2015. *Continuously hot-dip coated steel flat products for cold forming - Technical delivery conditions*, Turkish Standard Institute, Ankara.
- TSI (Turkish Statistical Institute), 2017. *Animal Production Statistics (Annual)*, Available online with updates at http://www.turkstat.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1002 (Accessed Date: 15 March 2019)
- TSMS, 2018. *Meteorological Bulletin, Turkish State Meteorological Service* Available online with updates at <https://mgm.gov.tr/eng/forecast-cities.aspx?m=ERZURUM> (Accessed Date: 15 March 2019)
- Turhan, H., 2016. *The Structural Properties of Dairy Cattle Houses in Karatay-Konya*. Master diss., Selçuk Univ. Agricultural Structures and Irrigation Dept. Konya, Turkey.
- Türker, K., 1998. *Analysis of the Moment Transfer Connections in Precast Reinforced Concrete Structures*. Master diss., Balıkesir Univ. Civil Engineering Dept. Balıkesir, Turkey.
- Usta, S., 2011. *Free stall dairy cattle farms architectural layout plan principles and suggestions for the nature of manufacturer type residential development plans*. SDU *The Journal of Technical Sciences*, 1 (2): 29-42.
- Uzal, S., 2004. *The Constructural Analyse o Beef Cattle House in Konya*. Master diss., Selçuk Univ. Agricultural Structures and Irrigation Dept. Konya, Turkey.
- Wathes, C.M., Jones, C.D.R., Webster, A.J.F., 1983. *Ventilation, air hygiene and animal healthy, farm housing*. *Veterinary Record*, 113: 554-559.
- Yanık, R., Okuroğlu, M., 2017. *A Research on structural properties of some animal barns in agricultural managing and revolving fund application farm of Atatürk University Agriculture Faculty*. *Alinteri J Agr. Sci.*, 32 (2): 11-15.



Kirazda *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*'nin Biyolojik Kontrolünde Yararlı Bakterilerin Kullanımı*

Mustafa AKBABA^{1,*}  Hatice ÖZAKTAN^{2,b} 

¹İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, İğdır, Türkiye

²Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, İzmir, Türkiye

**Sorumlu yazar e-mail: mustafa.akbaba@outlook.com

doi: 10.17097/ataunizfd.830771

Geliş Tarihi (Received): 26.11.2020 Kabul Tarihi (Accepted): 06.02.2021 Yayın Tarihi (Published): 29.05.2021

ÖZ: Bakteriyel Kanser ve Zamklanma Hastalığı, ülkemizde kiraz yetiştiriciliği yapılan alanlarda önemli düzeyde ürün ve verim kayıplarına neden olmaktadır. Bu hastalığa *Pseudomonas syringae*'nin birden çok patovarı neden olmaktadır. Bu patovarlardan *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* 'ye karşı yararlı bakterilerin biyokontrol etkileri *in vitro* ve *in vivo* koşullarda belirlenmiştir. İzmir ve Manisa illerinde bakteriyel kanser belirtisi gösteren kiraz bahçelerinden alınan 44 sağlıklı bitki örneğinden 86 yararlı bakteri izole edilmiştir. *In vitro* test (antibiyosis aktivite; 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminaz üretimi, siderofor üretimi, hidrojen siyanid üretimi) sonuçlarına göre biyokontrol ve bitki gelişimini teşvik etme potansiyeline sahip 12 yararlı bakteri izolatu *in vivo* denemeler için seçilmiştir. Bu yararlı bakteri izolatları, iklim odası koşullarında mikroçoğaltım kiraz bitkicikleri üzerinde patojene karşı denenmiştir. İklim odası denemelerinin sonucunda yararlı bakteri uygulamalarının %30'u (YC1T2272, AL4HL1318, AL3HL2332, AL4T2347 kodlu izolatlar), patojenin neden olduğu hastalık şiddetini önemli seviyede (%50'nin üstünde) engelleme potansiyeli göstermiştir. Patojene karşı biyokontrol potansiyeline sahip 6 izolatu moleküler tanılaması, 16S rRNA gen sekansı kullanılarak yapılmıştır. Bu izolatlar, *Pantaea* sp. (AL4HL1318, AL1T2344, AL4T2347 kodlu izolatlar), *Bacillus* sp. (HY1BL257 kodlu izolat), ve *Erwinia* sp. (YC1T2272 ve ÖR1T1302 kodlu izolatlar) olarak tanılanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kiraz, Bakteriyel kanser, Yararlı bakteri, Mikroçoğaltım, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*

Use of Beneficial Bacteria for Biocontrol of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* on Cherry

ABSTRACT: Bacterial Canker and Gummosis Disease causes significant yield losses in the sweet cherry growing regions in our country. This disease is caused by more than one pathogens of *Pseudomonas syringae*. Biocontrol effects of beneficial bacteria against *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* that was one of these pathovars were detected *in vivo* and *in vitro* conditions. Eighty-six beneficial bacteria were isolated from 44 plant samples obtained from healthy sweet cherry plants grown in orchards affected by bacterial canker located at İzmir and Manisa provinces. Twelve beneficial bacterial strains that have biocontrol and plant growth-promoting potential according to the results of *in vitro* tests (antibiosis activity; 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase production, siderophore production, hydrogen cyanide production) were selected for *in vivo* experiments. These beneficial bacterial strains were tested against the pathogen on micropropagation cherry plantlets under climatic chamber conditions. As a result of the climate chamber experiments, 30% of beneficial bacteria treatments (strains YC1T2272, AL4HL1318, AL3HL2332, AL4T2347) have significant potential (over 50%) in preventing the disease severity caused by the pathogen. Molecular identification of six isolates that have biocontrol potential against pathogen has been made using by 16S rRNA gene sequencing. These strains were identified as *Pantaea* sp. (strains AL4HL1318, AL3HL2332, AL1T2344, AL4T2347), *Bacillus* sp. (strain HY1BL257), and *Erwinia* sp. (strains YC1T2272 and ÖR1T1302).

Keywords: Sweet cherry, Bacterial canker, Beneficial bacteria, Micropropagated, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*

GİRİŞ

Hazar ve Karadeniz kıyılarını kapsayan bölgenin, Kiraz (*Prunus avium* L.)'in anavatanı olduğu bilinmektedir (Iezzoni et al., 2017). Kiraz tohumlarının, Asya'dan hayvanlar aracılığıyla

Avrupa'ya, Romalılar ile İngiltere'ye, sömürgeciler ile Avrupa'dan, Kanada ve Amerika'ya taşınmış olabileceği bildirilmektedir (Başkaya, 2009). Türkiye kiraz yetiştiriciliği yapılan ülkeler arasında

Bu makaleye atıfta bulunmak için / To cite this article: Akbaba, M., Özaktan, H., 2021. Kirazda *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*'nin Biyolojik Kontrolünde Yararlı Bakterilerin Kullanımı. Atatürk Univ. Ziraat Fak. Derg., 52 (2): 176-189. doi: 10.17097/ataunizfd.830771

^aORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7029-9461> ^bORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9971-6508>

*Bu çalışma, Mustafa Akbaba'nın Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde kabul edilen doktora tezinin bir kısmıdır.



© Bu makale, Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır.

639,564 ton/yıl üretim ile ilk sırada yer almaktadır (FAO, 2018). İzmir (66.136 ton/yıl) ve Manisa (48.465 ton/yıl) illeri Türkiye için kiraz yetiştiriciliğinin büyük ölçekte yapıldığı tarım alanlarına sahip yerleşim yerleri arasındadır (TÜİK, 2019). "Bakteriyel Kanser ve Zamklanma Hastalığı" dünya genelinde kiraz yetiştiriciliğinde ekonomik olarak ürün kayıplarına sebep olan önemli bitki hastalıklarından biridir (Vicente et al., 2004; Renick et al., 2008; Otto et al., 2017). Bu tahrip edici hastalığa, birden çok bakteriyel hastalık etmeni [*Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (*Pss*) ve *Pseudomonas syringae* pv. *morsprunorum* (*Psm* ırk-1/ırk-2)] neden olmaktadır (Bultreys and Kaluzna, 2010). Türkiye’de Sivas ve Malatya illerindeki kayıslarda ortaya çıkan hastalık belirtilerinden bakteriyel kanser hastalığı etmeni *Pss* ilk kez 1977 yılında izole edilmiştir (Türkoğlu et al., 1977). Türkiye’de sert çekirdekli meyvelerden, kayısı (Kotan and Sahin, 2002; Donmez et al., 2010), şeftali (Özaktan et al., 2008) ve kiraz (Bülbül and Mirik, 2014)’da bakteriyel kanser etmenlerinin varlığı rapor edilmiştir. Bu hastalık etmenlerinin konukçularında neden olduğu tomurcuklar, yaralar ve dal bağlantıları etrafında gelişen nekrozlar, kanserler ve zamk akıntılı hastalığın en tipik belirtileridir. Sonbaharda, yaprak yaprak yara izlerini kullanarak bitki dokularını kolonize eder. Bu dönemde serin, rüzgarlı ve yağışlı iklim koşulları enfeksiyon için uygun şartları oluşturmaktadır (Kennelly et al., 2007). Hastalığın şiddeti yıldan yıla büyük farklılıklar göstermektedir. Bunun nedeni, patojen enfeksiyonunun hava şartlarına bağlı olması ve hastalık etmenlerinin sistemik olarak yayılmasıdır (Thornton and Nugent, 1997; Bultreys and Gheysen, 2003; Karahan et al., 2008; Ertimurtas 2012). Bakteriyel kanserin; Oregon (ABD)’da kiraz bahçelerinde soğuk kışların ve ilkbahar geç donlarının görüldüğü yıllarda, genç bahçelerde ağaçların %75 oranında, normal şartlarda ise, genç bahçelerde ağaçların %10-20 oranında kaybına neden olduğu bildirilmiştir (Spotts et al., 2010). Kültür bitkilerinde *P. syringae* patovaryalarının kontrolü için; bakırlı bileşikler ile kimyasal mücadele, mikrobiyal antagonistler ile biyolojik mücadele, konukçu dayanıklılığı ve diğer kültürel işlemler etkin bir şekilde üreticiler tarafından kullanılmaktadır. Bakteriyel hastalıkların kontrolünde yoğun olarak kullanılan bakırlı bileşiklere dayanıklılık, bakteriyel hastalık etmenleri için son yıllarda yaygın bir durumdur (Cooksey, 1990; Sundin and Bender, 1993; Scheck et al., 1996; Cazorla et al., 2002). Ayrıca kiraz ağaçlarına karşı oldukça fitotoksik olan bakır, çiçeklenme döneminde sadece çok düşük dozlarda kullanılabilir (Kennelly et al., 2007). *P. syringae*'nin yeni çeşitlere genetik olarak hızlı adapte olması ve odunsu bitkilerde ilerleyen yavaş

ıslah sürecinden dolayı hastalık etmenlerine karşı dayanıklı kiraz çeşit elde edilmesi oldukça zordur (Moore, 1988). Son yıllarda bitki bakteriyel hastalıklarının kontrolü için bitki büyümesini teşvik eden bakteriler (PGPB)’in etkin bir şekilde kullanımını içeren biyolojik kontrol stratejileri bitki koruma alanında çalışan araştırmacılar arasında oldukça popülerdir. PGPB’ler, bitkiler ile simbiyotik ilişkiye sahip olan serbest yaşayan bakteriler (*Rhizobia* spp. ve *Frankia* spp.) ve bitkilerin içsel dokularını kolonize edebilen endofitik bakterilerdir. PGPB’ler, bitki gelişimini teşvik eden, bitkileri biyotik ve abiyotik strese karşı farklı mekanizmalar [Siderofor, antibiyotik, litik enzim üretimi ve uyarılmış sistemik dayanıklılık (ISR) vd.] ile koruyabilen yararlı bakteri (YB)’lerdir (Bakker et al., 2007; de Souza et al., 2015). Bu YB’ler uzun yıllardır entegre hastalık yönetim stratejilerinin bir parçası olarak gelişmiş ülkelerde biyogübre ve biyopestisit olarak etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Bashan and Holguin, 1998; Hayat et al., 2010; Calvo et al., 2014). Dolayısıyla, kimyasallar ile mücadelesi gün geçtikçe sınırlanan patojenlerin kontrolünde kullanılan alternatif yöntemlerin, çevre ile uyumlu, üretici dostu ve bakteriyel patojenlere karşı etkili olması gerekmektedir (Kannan et al., 2015). Bu kapsamda İzmir ve Manisa ili çevresindeki bakteriyel kanser ile bulaşık kiraz bahçelerinden izole edilen YB’lerin *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*’ye karşı etkileri; *in vitro* ve *in vivo* koşullarda belirlenmiştir. Bu mikroorganizmaların alternatif bir mücadele aracı olarak bakteriyel kanser etmenlerine karşı gelecekte etkin bir şekilde kullanılabilmesi çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır.

MATERYAL VE METOT

Bitkisel materyal, patojen ve gelişme koşulları:

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü iklim odası koşullarında denemeler 2014 ve 2015 ilkbahar döneminde yapılmıştır. Bu denemeler için Türkiye’de ticari olarak üretimi yapılan MaxMa 14 (*P. mahaleb* x *P. avium*) klon anaçının mikroçoğaltım kiraz bitkileri (Agromillora, İzmir) kullanılmıştır. Mikroçoğaltım kiraz bitkileri, steril torf içeren plastik saksılarda (10 cm²/500cm³) yetiştirilmiştir. Mikroçoğaltım kiraz bitkileri, 25 °C gündüz, 22 °C gece ve 16-h fotoperiyotta standart iklim odası koşullarında yetiştirilmiştir. Çalışmamızda hastalıklı kiraz bitkilerinden izole edilmiş; patojenisitesi, fenotipik özellikleri ve moleküler olarak tanısı yapılmış, laboratuvar stoklarında bulunan bakteriyel kanser etmenlerinden *P. syringae* pv. *syringae* kodlu izolat BY5L316 test patojeni olarak kullanılmıştır (Akbaba and Özaktan, 2021).

YB'lerin izolasyonu, gelişme koşulları ve fenotipik özelliklerinin belirlenmesi:

İzmir ve Manisa ilindeki 17 farklı lokasyonda bulunan kiraz bahçelerinde 2014 ve 2015 yıllarının ilkbahar mevsiminde sörveyler yapılmıştır. Bakteriyel kanser belirtisi gösteren kiraz bahçelerindeki sağlıklı kiraz ağaçlarının yaprak, sürgün, çiçek ve meyvelerinden YB izolasyonu için örnekler alınmıştır. YB'ler gelişme sezonu boyunca alınan bu farklı doku örneklerinden izole edilmiştir. Bu doku örneklerinden alınan kesitler, 10 ml steril saf su içeren polietilen torbalar içerisinde 30-dk süre ile çalkalanmıştır. Bu sürenin sonunda, bu süspansiyondan 100 ul alınarak Triptik Soy Agar (TSA) [30 g Triptic Soy Broth, 15 g agar and 1 L H₂O] içeren petrilerin yüzeyine yayılmıştır. Bu petriler, 24-48 saat 25 °C 'de inkubasyona bırakılmıştır. Gelişen koloniler renk, şekil, yükseklik, kenar yapısı, çap, yüzey, opaklık ve dokusu değerlendirilerek saflaştırılmıştır. %3'lük KOH çözeltisi kullanılarak gram reaksiyonlarına bakılmıştır (Suslow et al., 1982). Tütünde hipersensitiviti (HR) ve 37 °C'de gelişme testleri uygulanarak; HR (-) ve 37 °C'de gelişmeyen izolatlar çalışmanın ilerleyen aşamalarında kullanılmak üzere 15 % (v/v) gliserol içeren sıvı besiyeri içerisinde -80 °C saklanmıştır (Nunes et al., 2001; Gerami et al., 2013).

***In vitro*'da YB'lerin biyokontrol ve bitki gelişimini teşvik edici özelliklerinin belirlenmesi:**

Çalışmada izole edilen tüm YB izolatlarının biyokontrol ve bitki gelişimini teşvik edici özellikleri belirlenmiştir. *Pss*'ye karşı antibiosis aktivitesi (Jetiyanon and Kloepper, 2002), hidrojen siyanid (HCN) üretimi (Bakker and Schippers, 1987), ACC katkılı DF minimal tuz ortamında (Dworkin and Foster, 1958) 1-Aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminaz aktivitesi (Saravanakumar and Samiyappan, 2007), Blue-CAS Agar besiyeri üzerinde siderofor üretimi (Louden et al. 2011) ilgili literatürlerden yararlanılarak *in vitro* koşullarda belirlenmiştir. YB'lerin *in vitro* biyokontrol ve bitki gelişimini teşvik etme potansiyellerinin belirlenmesine yönelik testlerin değerlendirilmesinde modifiye edilmiş tartılı derecelendirme yöntemi kullanılmıştır (Serce and Gorgulu, 2009; Akbaba and Ozaktan, 2018). Elde edilen *in vitro* test sonuçlarının bu yöntemle [Antibiyosis aktivitesi için %40 (40 puan); Siderofor üretimi için %30 (30 puan); ACC-deaminaz aktivitesi için %20 (20 puan), HCN üretimi için %10 (10 puan) olarak belirlenmiştir] göre değerlendirilmesi sonucunda, en yüksek puana sahip olan YB'ler *in vivo* biyokontrol testleri için seçilmiştir.

***In vivo*'da *Pss*'ye karşı YB'lerin biyokontrol etkilerinin belirlenmesi:**

In vitro testler sonucunda seçilen YB'lerin, mikroçoğaltım kiraz bitkiciklerinde *Pss*'ye karşı biyokontrol etkileri belirlenmiştir. Bu amaçla, -80'de depolanan YB kültürleri canlandırılarak, TSA'ya ekilmiş, 24-48 saat boyunca inkubatorde inkubasyona bırakılmıştır. Gelişen koloniler OD_{600nm}:0.5 konsantrasyonda steril saf su kullanılarak süspansiyon edilmiştir. YB süspansiyonları, 1-2 damla tween damlatılarak patojen inokulasyonundan 12 saat önce bitki başına yaklaşık 10 ml olacak şekilde mikroçoğaltım bitkiciklerinin yapraklarının alt tarafına püskürtülerek uygulanmıştır. YB uygulamasından 12 saat sonra, yaklaşık 10 ml patojen süspansiyonu (OD_{600nm}:0,1: 10⁹cfu/ml) mikroçoğaltım bitkiciklerinin yapraklarını kaplayacak şekilde yaprakların alt yüzeyine püskürtme yöntemi ile uygulanmıştır. Sadece steril su uygulanan bitkicikler negatif kontrol, steril su ve daha sonra patojen süspansiyonu püskürtülen bitkicikler pozitif kontrol olarak değerlendirilmiştir. İnokulasyon sonrası, yüksek oransal nem için bitkicikler polietilen torbalarda 2-gün boyunca 22±2 °C'de 16 h fotoperiyotta tutulmuştur. 2-gün sonra torbaları açılarak standart koşullarda denemeye devam edilmiştir. Denemeler 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 4-5 yapraklı, 1 mikroçoğaltım kiraz bitkisi olacak şekilde tesadüf parselleri deneme desenine göre iklim odası şartlarında gerçekleştirilmiştir. Denemeler iki kez tekrarlanmıştır. Patojen inokulasyonu sonrası 14 gün boyunca büyüme odasında yetiştirilen bitkiciklerde ortaya çıkan belirtiler dikkatle takip edilmiştir. Hastalığın şiddeti inokulasyondan sonraki, 10. gün sonunda 0-9 skalasına göre değerlendirilmiştir (Vicente and Roberts, 2003). 0-9 skalası: 0, belirti yok; 1, bitkinin bir veya iki yaprağında küçük nekrotik veya klorotik alanların görülmesi; 3, bir bitkinin yarısından azında nekrotik veya klorotik lezyonların varlığı; 5, bir bitkinin yarısında nekrotik veya klorotik lezyonların görülmesi; 7, bir bitkinin yarısından fazlasında gövde ve yaprakta nekrotik lezyonların görülmesi; 9, ölü bitki. Liu et al. (1995) uyarlanan hastalık indeksi "DI = [Σ (Skala değerine giren toplam bitki sayısı × Skala değeri)] / (Toplam bitki sayısı × En yüksek skala değeri) × 100%" formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

***In vitro* ve *In vivo*'da başarılı olan YB izolatlarının moleküler tanısı:**

Sağlıklı kiraz ağaçlarından alınan bitki örneklerinden izole edilerek, tütünde HR (-) sonuç veren, 37 °C'de gelişmeyen YB'ler öncelikle, Gram reaksiyonu (KOH), floresan pigment üretimi gibi testleri ile genus düzeyinde sınıflandırılmıştır (Schaad et al., 2001). *In vivo* test sonuçlarına göre

Pss'ye karşı başarılı bulunan YB'lerin moleküler tanısı, 16s rRNA gen bölgesine göre tasarlanmış, universal primerler 27F (5' AGAGTTTGATCMTGGCTCAG 3') ve 1492R (5' TACGGYTACCTTGTTACGACTT 3') kullanılarak yapılmıştır (Hodkinson and Lutzoni 2009). PCR için DNA ekstraksiyonu kaynatma yöntemi kullanılarak yapılmıştır (Omar et al., 2014). YB kültürleri, TSA besiyerinde 24-48 saat 25 °C'de gelişmeleri için inkubasyona bırakılmıştır. Gelişen YB kültürleri steril saf su ile süspansiyon edilerek DNA ekstraksiyonu için uygun yoğunlukta (OD_{600nm}, 0.1) hazırlanmıştır. Akbaba and Ozaktan, (2018) tarafından optimize edilmiş PCR protokolü ve YB'lerden ekstrakte edilmiş DNA örnekleri kullanılarak reaksiyon gerçekleştirilmiştir. PCR ürünleri, RedSafeT (2000x, iNtRON Biotechnology) nükleik asit boyama solusyonu ile boyanmış, 0.5 x TAE buffer (50xTris-acetate-EDTA, Fermentas) içeren % 1,5'lik agaroz jelde, 80 V'ta 90 dk boyunca yürütülmüştür. GeneRulerTM100 bp DNA ladder (Fermentas) kullanılarak, 1428 bp ortaya çıkan bantlar UV ışık altında görselleştirilmiştir. PCR ürünleri QIA-quick Gel Extraction Kit (QIAGEN) kullanılarak pürifiye edilmiştir. PCR ürünlerinin sekans analizi, Medsantek (Türkiye) şirketi tarafından gerçekleştirilmiştir. Sekansların temizlenmesi ve

düzenlenmesi Geneious Prime (Version 2019.0.3) ile yapılmıştır. DNA sekansları, Blastn software (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/>) kullanılarak GenBank sekansları ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmadaki YB'lere ait 16S rRNA sekansları, GenBank database içerisine erişim numaraları ile kayıt edilmiştir.

İstatistiksel analizler:

Microsoft Excel 2010 ve SPSS (IBM SPSS Statistics, version 18.0) programları kullanılarak tüm veriler analiz edilmiştir. Verilere varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve ortalamalar arasındaki farklılıklar yapılan DUNCAN çoklu karşılaştırma testiyle belirlenmiştir.

BULGULAR

YB'lerin izolasyonu ve fenotipik özelliklerinin belirlenmesi:

İzmir ve Manisa illerinde 17 farklı lokasyondaki kiraz bahçelerinden alınan 44 sağlıklı bitki örneğinden YB izolasyonu yapılmıştır. İzolasyonların sonucunda gelişen koloniler arasından saflaştırılan; HR (-) veren, 37 °C'de gelişmeyen 86 izolat uzun süreli saklama için -80 °C'de depolanmak üzere kayıt altına alınmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Yararlı bakteri izolatlarının özellikleri ve örnekleme yerleri

Table 1. Sampling locations and characteristics of beneficial bacterial strains

Sayı	İzolat Kodu*	Örnekleme Yeri	Bitki Dokusu	Gram Test	37 °C Test	Tütün Test	Floresan Test
1	Y2T1230	Yiğitler	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
2	K1T231	Kemalpaşa	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
3	BY4B1233	Bağyurdu	Tomurcuk	-	-	-	-
4	Ö2T1234	Ören	Sürgün/Gövde	-	-	-	Yeşil
5	Y1T1235	Yiğitler	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
6	Y3B236	Yiğitler	Tomurcuk	-	-	-	-
7	Y2T2239	Yiğitler	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
8	HY1L240	Yiğitler	Yaprak	-	-	-	-
9	BY1L249	Bağyurdu	Yaprak	-	-	-	-
10	Y1T1250	Yiğitler	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
11	Ö2T2251	Ören	Sürgün/Gövde	-	-	-	Yeşil
12	KA1T2254	Kampüs	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
13	A1T256	Armutlu	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
14	HY1BL257	Yiğitler	Çiçek	+	-	-	-
15	HÖ2B3259	Ören	Tomurcuk	+	-	-	-
16	BY2T263	Bağyurdu	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
17	Y3T264	Yiğitler	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
18	A2B265	Armutlu	Tomurcuk	-	-	-	-
19	BY2B266	Bağyurdu	Tomurcuk	-	-	-	-
20	TU3L1267	Turgutlu	Yaprak	+	-	-	-
21	TU3L2268	Turgutlu	Yaprak	-	-	-	-
22	YC1E2269	Yukarıçobanisa	Eksudat	-	-	-	-
23	HAL2T3270	Allahdiyen	Sürgün/Gövde	-	-	-	-

Çizelge 1'in devamı
Continuation of Table 1

24	YC1T1271	Yukarıçobanisa	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
25	YC1T2272	Yukarıçobanisa	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
26	AC1T1273	Aşağıçobanisa	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
27	AC1T2274	Aşağıçobanisa	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
28	TU2T1277	Turgutlu	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
29	TU2T2278	Turgutlu	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
30	C1T2280	Çiçekliköy	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
31	AC2T1281	Aşağıçobanisa	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
32	C1T3283	Çiçekliköy	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
33	C1T4284	Çiçekliköy	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
34	TU3T1285	Turgutlu	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
35	TU3T2286	Turgutlu	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
36	TU1T1288	Turgutlu	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
37	AL3T2289	Allahdiyen	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
38	TU3T3290	Turgutlu	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
39	HTU1L1291	Turgutlu	Yaprak	-	-	-	-
40	HTU1L2292	Turgutlu	Yaprak	-	-	-	-
41	C1L1293	Çiçekliköy	Yaprak	+	-	-	-
42	C1L2294	Çiçekliköy	Yaprak	+	-	-	-
43	HT2T1295	Tellikavak	Sürgün/Gövde	+	-	-	-
44	HT2T2296	Tellikavak	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
45	HC1L297	Çiçekliköy	Yaprak	-	-	-	-
46	KA1T298	Kampüs	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
47	HYC1L299	Yukarıçobanisa	Yaprak	-	-	-	-
48	K2T1300	Kemalpaşa	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
49	K2T2301	Kemalpaşa	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
50	ÖR1T1302	Örnekköy	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
51	ÖR1T2303	Örnekköy	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
52	Ö6T1304	Ören	Sürgün/Gövde	+	-	-	-
53	Ö6L1306	Ören	Yaprak	+	-	-	-
54	A4L1307	Armutlu	Yaprak	+	-	-	-
55	A3F2311	Armutlu	Meyve	+	-	-	-
56	A4T1317	Armutlu	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
57	AL4HL1318	Allahdiyen	Yaprak	-	-	-	-
58	AL4L1319	Allahdiyen	Yaprak	+	-	-	-
59	HHAL1320	Halilbeyli	Yaprak	+	-	-	-
60	HHAL2321	Halilbeyli	Yaprak	-	-	-	-
61	BO1F1322	Bozdağ	Meyve	-	-	-	-
62	AL2HL1325	Allahdiyen	Yaprak	-	-	-	-
63	HAL1T1326	Halilbeyli	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
64	HAL3T3327	Halilbeyli	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
65	AL3L1328	Allahdiyen	Yaprak	-	-	-	-
66	AL3L2329	Allahdiyen	Yaprak	+	-	-	-
67	GKYM1L330	Gökçeyurt	Yaprak	+	-	-	-

Çizelge 1'in devamı
Continuation of Table 1

68	HAL1T2331	Halilbeyli	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
69	AL3HL2332	Allahdiyen	Yaprak	-	-	-	-
70	AL2HL2333	Allahdiyen	Yaprak	+	-	-	-
71	AL1L1335	Allahdiyen	Yaprak	-	-	-	-
72	AL2L1336	Allahdiyen	Yaprak	+	-	-	-
73	BO1T1337	Bozdağ	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
74	HAL2T1338	Halilbeyli	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
75	AL5HL1339	Allahdiyen	Yaprak	-	-	-	-
76	GK3T3340	Gökköy	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
77	GK1L1341	Gökköy	Yaprak	+	-	-	-
78	GK1L2342	Gökköy	Yaprak	-	-	-	-
79	AL1T2344	Allahdiyen	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
80	GK3T2345	Gökköy	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
81	AL4T1346	Allahdiyen	Sürgün/Gövde	+	-	-	-
82	AL4T2347	Allahdiyen	Sürgün/Gövde	-	-	-	-
83	HAL3L1350	Halilbeyli	Yaprak	-	-	-	-
84	GK2L1351	Gökköy	Yaprak	+	-	-	-
85	AL3T1352	Allahdiyen	Sürgün/Gövde	+	-	-	-
86	GKYM1L353	Gökçeyurt	Yaprak	-	-	-	-

* İzolat kodlarının sonlarındaki 3 rakam, izolatin – (80) stoğundaki yerini göstermektedir.

YB'lerin *in vitro* biyokontrol ve bitki gelişimini teşvik edici özelliklerinin belirlenmesi ve YB'lerin seçimi:

İzolasyonlar sonucu elde edilen 86 YB izolatu arasında, 4-izolatın stok kültüründe bulaşma olmuştur. 82 izolatin ise, *in vitro*'da biyokontrol ve bitki gelişimini artırma potansiyelleri belirlenmiştir. Yapılan testler sonucunda 82 YB izolatu içerisinde; 3 izolatin antibiosis aktivitesi testinde, 74 izolatin siderofor üretimi testinde, 44 izolatin ACC-deaminaz aktivitesi testinde ve 1 izolatin HCN üretiminin

belirlenmesi testinde pozitif sonuç verdiği tespit edilmiştir (Çizelge 2). 82 YB izolatinın *in vitro* testlerden elde edilen verileri tartılı derecelendirme yöntemine göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonuçlarına göre, 36-79 arasında puan alan, 12 YB izolatu (AL4HL1318, YC1T2272, AL3HL2332, Ö6T1304, AL1T2344, AL5HL1339, AL4T2347, HAL3T3327, AL4L1319, ÖR1T1302, A4L1307, HY1BL257 kodlu izolatlardan) *in vivo* testler için seçilmiştir.

Çizelge 2. Yararlı bakteri izolatlarının *in vitro* test sonuçları
Table 2. *In vitro* test results of beneficial bacterial strains

Sayı	İzolat Kodu*	Antibiyosis Testi (mm)**	Siderofor Testi (mm)***	ACC-deaminaz aktivitesi	HCN Ürt.	Tartılı Derece. (Puanı)****
1	Y2T1230	0	1	-	-	13
2	K1T231	0	1	-	-	13
3	BY4B1233	0	1	-	-	13
4	Ö2T1234	0	1	+	-	33
5	Y1T1235	0	1	-	-	13
6	Y3B236	0	1	+	-	33
7	Y2T2239	0	1	-	-	13
8	HY1L240	0	0	+	-	30
9	BY1L249	0	1	+	-	33
10	Y1T1250	0	1	+	-	33
11	Ö2T2251	0	1,5	+	-	33
12	KA1T2254	0	2	-	-	16
13	A1T256	0	1	-	-	13

Çizelge 2'nin devamı
Continuation of Table 2

14	HY1BL257	8,3	5	+	-	79
15	HÖ2B3259	0	1	+	-	33
16	BY2T263	0	1	-	-	13
17	Y3T264	0	1	-	-	13
18	A2B265	0	1	-	-	13
19	BY2B266	0	1	-	-	13
20	TU3L1267	0	1	-	-	13
21	TU3L2268	0	3	-	-	16
22	YC1E2269	0	1	-	-	13
23	HAL2T3270	0	1	+	-	33
24	YC1T1271	0	2,5	-	-	16
25	YC1T2272	0	6,5	+	-	42
26	AC1T1273	0	1	+	-	33
27	AC1T2274	0	0	+	-	30
28	TU2T1277	0	1	+	-	33
29	TU2T2278	0	1	-	-	13
30	C1T2280	0	2,5	-	-	16
31	AC2T1281	0	1	-	-	13
32	C1T3283	0	1	-	-	13
33	C1T4284	0	2	-	-	16
34	TU3T1285	0	1	-	+	3
35	TU3T2286	0	1	+	-	33
36	TU1T1288	0	1	+	-	33
37	AL3T2289	Bulaşık	Bulaşık	Bulaşık	Bulaşık	-
38	TU3T3290	0	1	+	-	33
39	HTU1L1291	0	3,5	-	-	16
40	HTU1L2292	0	1	+	-	33
41	C1L1293	0	1	+	-	33
42	C1L2294	0	1	+	-	33
43	HT2T1295	0	1	+	-	33
44	HT2T2296	Bulaşık	Bulaşık	Bulaşık	Bulaşık	-
45	HC1L297	0	0,5	-	-	13
46	KA1T298	0	1	-	-	13
47	HYC1L299	0	1	-	-	13
48	K2T1300	0	1,5	+	-	33
49	K2T2301	0	2	-	-	16
50	ÖR1T1302	0	18	+	-	60
51	ÖR1T2303	0	1	+	-	33
52	Ö6T1304	2	16	+	-	69
53	Ö6L1306	Bulaşık	Bulaşık	Bulaşık	Bulaşık	-
54	A4L1307	0	18	+	-	60
55	A3F2311	0	1	+	-	33
56	A4T1317	Bulaşık	Bulaşık	Bulaşık	Bulaşık	-
57	AL4HL1318	0	3,5	+	-	36
58	AL4L1319	0	11,5	+	-	48
59	HHAL1320	0	1	+	-	33
60	HHAL2321	0	1	+	-	33
61	BO1F1322	0	0	-	-	10
62	AL2HL1325	0	0	+	-	30
63	HAL1T1326	0	1	-	-	13
64	HAL3T3327	1,5	2	+	-	44
65	AL3L1328	0	1	+	-	33
66	AL3L2329	0	1	+	-	33
67	GKYM1L330	0	1	+	-	33
68	HAL1T2331	0	1	-	-	13

Çizelge 2'nin devamı
Continuation of Table 2

69	AL3HL2332	0	2	+	-	36
70	AL2HL2333	0	0	+	-	30
71	AL1L1335	0	3	-	-	16
72	AL2L1336	0	1	-	-	13
73	BO1T1337	0	0	-	-	10
74	HAL2T1338	0	1	+	-	33
75	AL5HL1339	0	2	+	-	36
76	GK3T3340	0	1	-	-	13
77	GK1L1341	0	1	-	-	13
78	GK1L2342	0	0	+	-	30
79	AL1T2344	0	2,5	+	-	36
80	GK3T2345	0	1,5	+	-	33
81	AL4T1346	0	1	+	-	33
82	AL4T2347	0	4	+	-	39
83	HAL3L1350	0	3	-	-	16
84	GK2L1351	0	0	-	-	10
85	AL3T1352	0	1	-	-	13
86	GKYM1L353	0	1	-	-	13

* İzolat kodlarının sonlarındaki 3 rakam, izolatin – (80) stoğundaki yerini göstermektedir.
 ** King B'de YB'lerin etrafında oluşan engelleme zonunun yarıçapının ölçülmesi ile elde edilen sonuçlar 4 tekrerrün ortalamasıdır.
 *** CAS ağarda YB'lerin etrafında oluşan sarımsı-turuncu zonun yarıçapının ölçülmesi ile elde edilen sonuçlar 4 tekrerrün ortalamasıdır.
 **** Tartılı derecelendirmeye göre puanlamada HCN'in bitkiler açısından toksik özellik taşıması nedeniyle HCN üretiminin olmaması durumu + 10 puan olarak değerlendirilmiştir.

***In vivo*'da Pss'ye karşı YB'lerin biyokontrol etkilerinin belirlenmesi:**

In vitro testlerin tartılı derecelendirme sonuçlarına göre biyokontrol ve bitki gelişimini artırıcı özelliklere sahip olan 12 YB izolatinin mikroçoğaltım kiraz bitkilerine inokule edilen BY5L316 kodlu Pss izolata karşı biyokontrol etkileri bitki büyüme odası koşullarında belirlenmiştir. Patogen inokulasyonundan 10 gün sonra, yapılan denemelerin ortalama sonuçlarına

göre; testlenen YB'lerin % 30 (YC1T2272, AL4HL1318, AL3HL2332, AL4T2347 kodlu izolatlar) kiraz mikroçoğaltım bitkilerinde Pss'nin neden olduğu hastalık şiddetini (Pozitif kontrolde hastalık şiddeti: % 48,1) % 50'nin üzerinde engellemiştir. AL4T2347 kodlu YB izolatu % 65.3 hastalık şiddetini engelleme oranı ile pozitif kontrol ve diğer tüm izolatlardan istatistiksel olarak ayrı grupta yer almıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. *In vivo*'da yararlı bakteri izolatlarının *P. syringae* pv. *syringae*'ye karşı biyokontrol etkileri
Table 3. *In vivo* biocontrol effects of beneficial bacterial strains against *P. syringae* pv. *syringae*

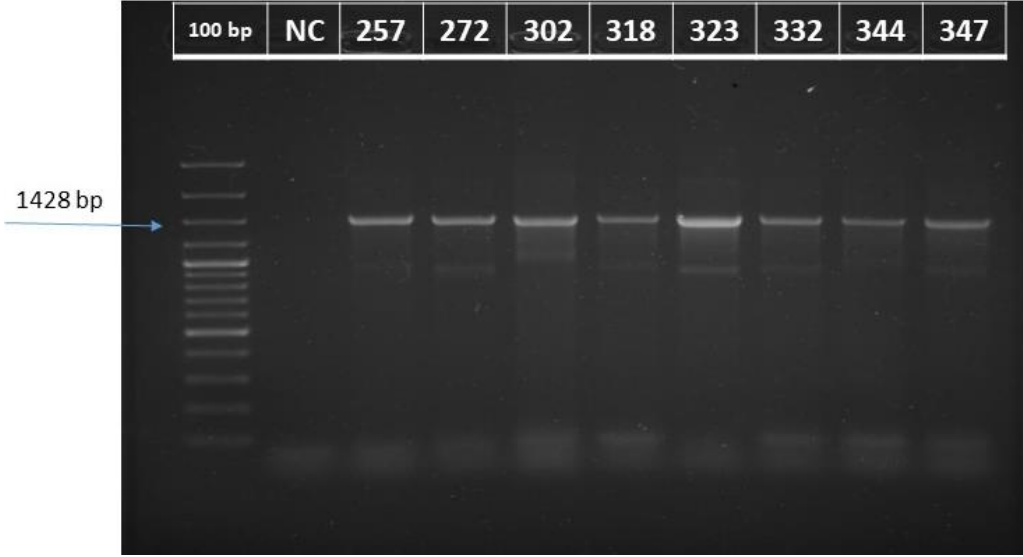
Uygulamalar	Ortalama Hastalık Şiddeti***	% Etki
AL4T2347	16.7 ± 0.84 a*	65.3
AL3HL2332	18.1 ± 0.69 ab	62.5
AL4HL1318	20,8 ± 0.72 ab	56.8
YC1T2272	23.6 ± 1.13 ab	50.9
Ö6T1304	25.0 ± 0.44 a-c	48
AL4L1319	25.0 ± 0.57 a-c	48
A4L1307	27.8 ± 0.65 a-c	42.3
AL1T2344	27.8 ± 0.39 a-c	42.3
ÖR1T1302	29.2 ± 0.91 a-c	39.4
HY1BL257	30.6 ± 0.49 a-c	36.5
HAL3T3327	30.6 ± 0.66 a-c	36.5
AL5HL1339	36.1 ± 0.45 bc	24.9
BY5L316 (PK)**	48.1 ± 0.51 c	0

*Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı sütunda aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark P < 0.05'e göre önemsizdir.
 ** Yalnızca patojen bakteri inokulasyonu yapılmış (PK: Pozitif Kontrol)
 ***Hastalık indeksi sonuçları iki denemenin ortalamasıdır.

***Pss*'ye karşı başarılı olan YB izolatlarının moleküler tanısı:**

In vitro ve *in vivo* testlerin sonuçlarına göre; *Pss*'ye karşı etkili bulunan sadece 6 YB izolatının (HY1BL257, YC1T2272, ÖR1T1302, AL4HL1318, AL1T2344, AL4T2347 kodlu izolatlar) 16s rRNA gen bölgesi için tasarlanmış 27F/1492R primerleri

kullanılarak moleküler tanıları yapılmıştır. PCR ürünleri, GeneRuler™ 100 bp DNA Ladder kullanılarak, 1428 bp'de elde edilen bantlar UV ışık altında görüntülenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. 16s rRNA gen bölgesi için elde edilen PCR ürününün jel görüntüsü (NC: Negatif Kontrol, İzolat kodunun son 3 rakamı (örneğin; HY1BL257 yerine sadece 257) kullanılmıştır)

Figure 1. PCR amplification image of the 16S rRNA gene; Negative Control (NC), Last 3 digits of the code of isolate (eg only 257 instead of HY1BL257) was used on the image to indicate of the sample

PCR'ın ardından, amplifikasyon ürünleri pürüfikasyon ve sekans analizleri için özel bir şirkete (Medsantek, Türkiye) gönderilmiştir. Düzenlenen sekans sonuçlarına ve NCBI'da gerçekleştirilen BLAST analizlerine göre; HY1BL257 (NCBI Erişim no: MK138675; *Bacillus velezensis* strain CBMB205 sekans benzerliği %92) kodlu izolatın *Bacillus* sp., YC1T2272 (NCBI Erişim no: MK163463; *Erwinia billingiae* strain LMG 2613 sekans benzerliği %95) ve ÖR1T1302 (NCBI Erişim no: MK138678; *Erwinia billingiae* strain LMG 2613 sekans benzerliği %95) kodlu izolatların *Erwinia* spp., AL4HL1318 (NCBI Erişim no: MK138676; *Pantoea agglomerans* strain NCTC9381 sekans benzerliği %91), AL3HL2332 (yeterli sekans elde edilememiştir), AL1T2344 (NCBI Erişim no: MK138679; *Pantoea agglomerans* strain ATCC 27155 sekans benzerliği %99), AL4T2347 (NCBI Erişim no: MK138696; *Pantoea agglomerans* strain NCTC9381 sekans benzerliği %95) kodlu izolatların ise *Pantoea* spp. olduğu tespit edilmiştir.

TARTIŞMA

Türkiye kiraz üretiminin %70-80'i 0900 ziraat kiraz çeşidi üzerine yoğunlaşmıştır (Bujdosó and

Hrotkó, 2017). Üretimin büyük bölümünün tek çeşit üzerine odaklanması yıllara göre üretim miktarlarında büyük ölçüde dalgalanmalara neden olmaktadır. Tek çeşide dayalı üretim, hastalık ve zararlılardan kaynaklanan ürün kayıplarının oranında artırmaktadır. Bu kapsamda, *Pseudomonas syringae* patovarylarının neden olduğu bakteriyel kanser hastalığı, ülkemiz kiraz yetiştiriciliğinde üreticilerin başlıca problemlerinden biri olarak dikkat çekmektedir. *Pseudomonas syringae* patovarylarından kaynaklanan çoğu meyve ağaçlarındaki hastalıkların yönetimi, başarılı kimyasal ve biyolojik mücadele stratejilerinin olmaması, çeşit dayanıklılığının sınırlı olması nedeniyle oldukça zordur (Kennelly et al., 2007). Biyolojik savaş ajanları; besin rekabeti (karbonhidratlar, azot, demir ve büyüme faktörleri), alan rekabeti (hücre yüzeyindeki reseptörler) veya oksijen için rekabet, antibiyosis, uyarılmış sistemik dayanıklılık ve patojenlerin yaşamsal faaliyetlerini sınırlama mekanizmaları ile mücadelesi zor olan bu tarz bakteriyel bitki hastalıklarının kontrol altına alınmasında etkilidir (Arwiyanto, 2014). Bu kapsamda yaptığımız çalışmada, bakteriyel kanser etmeni *Pss*'ye karşı *in vitro* ve *in vivo* koşullarda

başarılı olan YB izolatları tespit edilmiştir. Başarılı olduğu belirlenen bakteri izolatlarının *Erwinia*, *Panteoa* ve *Bacillus* genusları içerisinde yer aldığı saptanmıştır. Bitki gelişiminin teşvik edilmesi ve bitki hastalıklarının kontrolünde potansiyele sahip olan YB'lerin; *Acinetobacter*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Chryseobacterium*, *Citrobacter*, *Curtobacterium*, *Enterobacter*, *Methylobacterium*, *Microbacterium*, *Micromonospora*, *Pantoea*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*, *Ochrobactrum*, *Streptomyces* ve *Tsukamurella* genusları içerisinde bulunduğu daha önceki çalışmalarda bildirilmiştir (Assumpção et al., 2009; Babalola, 2010).

Erwinia, *Panteoa* ve *Bacillus* genusları içerisinde bulunan çalışmamızdaki YB izolatlarının; genel özellikleri incelendiğinde siderofor üretimlerinin yüksek, bazılarının etilenin öncülü olan ACC'yi parçalama kabiliyetine sahip olduğu, küçük bir kısmının antibiyosis aktivitesi gösterdiği ve bitkide fitotoksositeye neden olabilecek HCN gibi üretmediği tespit edilmiştir. Bu çalışmada *Panteoa* genusunda bulunan AL4T2347 kodlu YB izolatı (*P. agglomerans* strain NCTC9381, % 95 sekans benzerliği) ve *Erwinia* genusunda bulunan YC1T2272 kodlu YB izolatı (*E. billingiae* strain LMG 2613, % 95 sekans benzerliği), *Pss*'nin hastalık şiddetini iklim odası şartlarında sırasıyla % 65,3 ve % 50,9 oranında engellediği saptanmıştır. Almanya'daki bir çalışmaya göre, Elma ve armuttan izole edilen *E. billingiae* (İngiltere) veya *E. tasmaniensis* (Avustralya) süspansiyonu ile inokule edilen ham armut meyvelerinde, bu bakteriler tarafından *E. amylovora*'nın gelişiminin sınırlandırılması nedeniyle bakteriyel akıntı ve nekrotik belirtilerin ortaya çıkmadığı bildirilmiştir. Ayrıca bu bakteri izolatlarının uygulandığı elma çiçeklerine *E. amylovora* inokule edildiğinde, patojenin kolonizasyonunun önemli düzeyde azaldığı ve hastalık belirtilerinin ortaya çıkmadığı kaydedilmiştir. Bu YB'ler ortama yaydığı bazı inhibitör maddelerin hastalık etmenin etkinliğinin sınırlandırılmasında aktif rol oynadığı bildirilmiştir (Geider et al., 2006). Kirazda bakteriyel kanserin biyolojik mücadelesi ile ilgili olarak, Polonya'daki bir çalışmada, nekrozlardan ve kanserlerden elde edilen 79 bakteri izolatının, 29'unun *in vitro* koşullarda *Pss*'nin büyümesini inhibe ettiği bildirilmiştir. Bu izolatların *Erwinia*, *Escherichia*, *Bacillus* ve *Pseudomonas* genusları içerisinde yer aldığı bildirilmiştir (Sobiczewski, 1987). Domates rizosferinden elde edilen bakteri izolatlarının, *Pss* ve *Psm*'ye karşı biyokontrol potansiyellerinin incelendiği bir çalışmaya göre, test edilen *P. putida* (P482 ve P487) ve *P. fluorescens* (T660 ve T777)'in patojene karşı önemli düzeyde biyokontrol etki sergilediği bildirilmiştir (Golanowska et al. 2012).

YB'lerin; bitkilere uygulanma şekli ve zamanının, bitki gelişimini teşvik etme ve biyokontrol mekanizmalarının, bu bakterilerin patojenlerin kontrolünde etkili kullanılabilmelerini önemli düzeyde etkilediği bilinmektedir. Bu nedenle çalışmamızda, YB uygulamaları bitki savunma sisteminin uyarılması için patojen inokulasyonundan önce gerçekleştirilmiştir. Montana (ABD) 'da gerçekleştirile başka bir çalışmada, başaklara püskürtme şeklinde uygulanan Arpa bitkisinden izole edilen *P. agglomerans* izolatlarının, *Pss* 'nin arpa bitkilerinde neden olduğu hastalığın gelişimini önemli oranda azalttığı bildirilmiştir. Bu hastalığın oranının kullanılan izolatlara bağlı olarak sera denemelerinde %50 ile %100 ve tarla denemelerinde ise %45 ile %74 arasında azaldığı bildirilmiştir. Ayrıca izolatların biyokontrol etkisinin zamana ve uygulanma sıklığına bağlı olarak değiştiği, patojenden önce *P. agglomerans* izolatlarının uygulanmasının bulaşık tanelerin oranını önemli seviyede azalttığı rapor edilmiştir (Braun-Kiewnick et al., 2000). Patojen inokulasyonu öncesinde YB uygulamalarının; patojene karşı ISR'i tetikleyebileceği ve YB'lerin ACC-deaminaze aktivitesi aracılığıyla bitkinin hastalık stresinden daha az etkilenmesini sağlayabildikleri çalışmamız sonuçlarına göre düşünülmektedir. Bakteriler tarafından üretilen ACC deaminaz enziminin, etilen öncülü ACC'yi bozarak bu tür stresleri hafifletebildiği bildirilmiştir (Mayak et al., 2004). Bu bilgiler ışığında YB'lerin ayrıca; patojen ile bitki yüzeyinde veya bitkiye giriş noktalarında karşılaşarak yer ve besin rekabeti içine girmiş olabileceği değerlendirilmektedir. Önceki çalışmalar, patojenler ile PGPB'ler arasındaki rekabetin, bitki hastalıklarının görülme sıklığını ve şiddetini sınırlandırabileceğini göstermiştir. Bu durumun, genellikle PGPB'lerin bitki yüzeylerini hızla kolonize etmesine ve mevcut besin maddelerinin çoğunluğunu kullanmasına dayalı olarak, patojenlerin gelişimini zorlaştırdığı temeline dayandığı bildirilmiştir (Glick, 2012). Ayrıca YB'lerin ürettiği bitki hormonlarının; konukçularının kök solunum hızına ve biyokütlesine, bitkinin metabolik faaliyetlerine katkı sağlayarak, bitkilerin mineral ve su alımını geliştirdiği bildirilmiştir (Babalola, 2010). Demirin sınırlı olduğu koşullarda YB'lerin serbest bıraktığı sideroforların, patojenlere karşı biyolojik mücadelede önemli bir rol olduğu bildirilmiştir (Saha et al., 2016). *R. solanacearum*'un neden olduğu *Eucalyptus urophylla*'daki bakteriyel solgunluk hastalığının baskılanmasında etkili olan ISR mekanizmasında, *P. putida* WCS358 tarafından üretilen sideroforların rollerinin olduğu bildirilmiştir (Ran et al., 2005). Ayrıca, YB'ler tarafından üretilen sideroforla, demiri bağlamak yoluyla, patojenlerin demiri kullanabilmesine engel olmaktadır. Bu

durumun, patojenlerin ölümüne ya da yaşam faaliyetlerinin yavaşlamasına neden olarak dolaylı yoldan bitkilerin büyümesini teşvik ettiği bildirilmiştir (Crowley, 2006). Bazı bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (*Pseudomonas* spp., *Serratia* spp. ve *Bacillus* spp.)'in, patojen ile doğrudan temas etmeden patojene karşı konukçu bitkinin savunmasını uyarıcı sinyaller göndererek, ISR'yi tetiklediği bildirilmiştir (Pieterse et al. 2014). YB'lerin, bu mekanizmaların herhangi birini veya bir kaçını kullanarak bitki gelişimini teşvik edebileceği ve bitkiye yaşamı boyunca çeşitli zamanlarda farklı faydalar sağlayabileceği bildirilmiştir (Glick, 2005).

Bakırlı bileşiklere ve antibiyotiklere dayanıklı bakteri izolatlarının sayısındaki önlenemeyen artış, bakteriyel patojenlere karşı kullanılan aktif mücadele stratejilerinin etkililiğinin sınırlanmasına neden olmuştur. Entegre mücadele stratejileri için alternatif arayışları, bitki bakteriyel hastalıklarının birçoğuna karşı YB'lerin etkin bir şekilde kullanılma potansiyellerinin araştırılmasına fırsat vermiştir. Bu araştırmalar kapsamında, biyolojik kontrol potansiyelleri belirlenen YB izolatlarının uygun formülasyonlarının elde edilmeleri durumunda bakteriyel kanser hastalığının mücadelesinde etkin olarak kullanılabilirliği bu çalışmanın sonucunda alınan başarılı sonuçlar ile ispatlanmıştır. Kiraz bahçelerinden izole edilen YB'ler, farklı mekanizmalar kullanarak (antibiyosis, siderofor, ACC-deaminaz) hastalık şiddetini azaltmış veya hastalık etmenlerinin gelişimini sınırlandırmıştır. YB'lerin gösterdiği bu potansiyel etkilerin iyi bir kültürel mücadele ile birlikte kullanılması, bitkinin bakteriyel kansere duyarlı döneminin atlatılması ve hastalığın zarar seviyesinin sınırlandırılmasını sağlayabilir. Ancak, pek çok biyolojik savaş ajanı içinde geçerli olduğu gibi çevresel faktörler ve hedef patojenin duyarlılığı gibi etkenler YB'ler ile mücadelenin başarısında önemli seviyede etkilemektedir. YB'lerin çevreye daha uyumlu olmaları, doğada daha uzun süre kalmaları ve patojene karşı etkilerini uzun süreli olarak devam ettirebilmeleri için bitkiye uygulama yöntemlerinin ve tekniklerinin geliştirilmesi ileriki çalışmalarımızın başlıca hedefleri arasında yer alacaktır.

TEŞEKKÜR

Çalışmanın Öğretim Üyesi Yetiştirme Programı (ÖYP) kapsamında desteklenmesine olanak sağlayan Ege Üniversitesi ÖYP koordinasyon birimine ve Mikroçoğaltım kiraz bitkilerini sağlayan AGROMİLLORA Ltd. Şti. (Türkiye)'ne teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Yazar Katkıları

HÖ ve MA araştırmayı tasarladı, çalışma planını organize etti, sonuçları değerlendirdi. MA analizlerini yaptı, resimlerin ve tabloların hazırlanması çalışmalarını yürüttü. Tüm yazarlar makalenin yazımına katkı sağladı ve yayın sürecinde makaleyi okuyup onayladı.

KAYNAKLAR

- Akbaba, M., Ozaktan, H., 2018. Biocontrol of angular leaf spot disease and colonization of cucumber (*Cucumis sativus* L.) by endophytic bacteria. *Egypt. J. Biol. Pest Control*, 28 (1): 14.
- Akbaba, M., Ozaktan, H., 2021. Evaluation of bacteriophages in the biocontrol of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* isolated from cankers on sweet cherry (*Prunus avium* L.) in Turkey. *Egypt. J. Biol. Pest Control*, 31 (1): 1-11.
- Arwiyanto, T., 2014. Biological control of plant diseases caused by bacteria. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 18 (1): 1-12.
- Assumpção, L.D.C., Lacava, P.T., Dias, A.C.F., Azevedo, J.L.D., Menten, J.O.M., 2009. Diversidade e potencial biotecnológico da comunidade bacteriana endofítica de sementes de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44 (5): 503-510.
- Babalola, O.O., 2010. Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnol. Lett.*, 32 (11): 1559-1570.
- Bakker, A.W., Schippers, B., 1987. Microbial cyanide production in the rhizosphere in relation to potato yield reduction and *Pseudomonas* SPP-mediated plant growth-stimulation. *Soil Biol. Biochem.* 19 (4): 451-457.
- Bakker, P.A., Pieterse, C.M., Van Loon, L.C., 2007. Induced systemic resistance by fluorescent *Pseudomonas* spp. *Phytopathology*, 97 (2): 239-243.
- Bashan, Y., Holguin, G., 1998. Proposal for the division of plant growth-promoting rhizobacteria into two classifications: biocontrol-PGPB (plant growth-promoting bacteria) and PGPB. *Soil Biol. Biochem.*, 30 (8-9): 1225-1228.
- Başkaya, Z., 2009. Türkiye'de Kiraz Tarımının Coğrafi Esasları. *Doğu Coğrafya Derg.*, 26: 45-72.
- Braun-Kiewnick, A., Jacobsen, B.J., Sands, D.C., 2000. Biological control of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, the causal agent of basal kernel blight of barley, by antagonistic *Pantoea agglomerans*. *Phytopathology*, 90 (4): 368-375.
- Bujdosó, G., Hrotkó, K., 2017. Cherry Production. In: Paławska, L.G., Quero-García, J., Iezzoni,

- A. (ed) Cherries: Botany, Production and Uses. CABI, Wallingford, pp. 1-13.
- Bultreys, A., Gheysen, I., 2003. Diversity among *Pseudomonas syringae* strains from Belgian orchards. In: Iacobellis N.S. et al. (ed) *Pseudomonas syringae* and related pathogens. Springer, Dordrecht, Netherlands, pp. 69-77.
- Bultreys, A., Kaluzna, M., 2010. Bacterial cankers caused by *Pseudomonas syringae* on stone fruit species with special emphasis on the pathovars *syringae* and *morsprunorum* race 1 and race 2. J. Plant Pathol., 92 (1 supplement): 21-33.
- Bülbül, M., Mirik, M., 2015. Prevalence, isolation and identification of bacterial canker pathogens on sweet cherry trees in Tekirdağ. Journal of Turkish Phytopathology, 43: 15-24.
- Calvo, P., Nelson, L., Kloepper, J.W., 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. Plant Soil, 383 (1-2): 3-41.
- Cazorla, F.M., Arrebola, E., Sesma, A., Pérez-García, A., Codina, J. C., Murillo, J., Vicente, A., 2002. Copper resistance in *Pseudomonas syringae* strains isolated from mango is encoded mainly by plasmids. Phytopathology, 92: 909-916.
- Cooksey, D. A. 1990. Genetics of bactericide resistance in plant pathogenic bacteria. Annu. Rev. Phytopathol., 28: 201-219.
- Crowley, D. E., 2006. Microbial siderophores in the plant rhizosphere. In: Barton L.L., Abadia J. (ed) Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms. Springer, Dordrecht, Netherlands, pp. 169-198.
- de Souza, R., Meyer, J., Schoenfeld, R., da Costa, P.B., Passaglia, L.M., 2015. Characterization of plant growth-promoting bacteria associated with rice cropped in iron-stressed soils. Ann. Microbiol., 65 (2): 951-964.
- Donmez, M. F., Karlidag, H., Esitken, A., 2010. Identification of resistance to bacterial canker (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*) disease on apricot genotypes grown in Turkey. Eur. J. Plant Pathol., 126: 241-247.
- Dworkin, M., Foster, J.W., 1958. Experiments with some microorganisms which utilize ethane and hydrogen. J. Bacteriol., 75 (5): 592.
- Ertimurtas, D., 2012. Sert çekirdeklielerde bakteriyel kansere neden olan *Pseudomonas syringae* pathovarlarının klasik ve moleküler yöntemlerle tanısı. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 82 s.
- FAO, 2018. Production of Cherries: top 10 producers. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> (Accessed Date: 23 November 2020).
- Geider, K., Jakovljevic, V., Mohammadi, M., Jock, S., 2006. Characterization of epiphytic bacteria from Australia and Europe as possible fire blight antagonists. Proceedings of the 1st International Symposium on Biological Control of Bacterial Plant Diseases, 23rd - 26th October 2005, Seeheim/Darmstadt, Germany, pp. 245-248.
- Gerami, E., Hassanzadeh, N., Abdollahi, H., Ghasemi, A., Heydari, A., 2013. Evaluation of some bacterial antagonists for biological control of fire blight disease. J. Plant Pathol., 95 (1): 127-134.
- Glick, B.R., 2012. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. Scientifica, volume 2012, (online) Article ID 963401, 15 p., (Accessed Date: 23 November 2020).
- Glick, B.R., 2005. Modulation of plant ethylene levels by the bacterial enzyme ACC deaminase. FEMS Microbiol. Lett., 251 (1): 1-7.
- Golanowska, M., Ankiewicz, H., Taraszewicz, A., Kamysz, W., Czajkowski, R., Królicka, A., Jafra, S., 2012. Combined effect of the antagonistic potential of selected *Pseudomonas* spp. strains and the synthetic peptide "CAMEL" on *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* and *P. syringae* pv. *morsprunorum*. J. Plant Pathol., 94 (1 supplement): 1-69.
- Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R., Ahmed, I., 2010. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. Ann. Microbiol., 60 (4): 579-598.
- Hodkinson, B.P., Lutzoni, F., 2009. A microbiotic survey of lichen-associated bacteria reveals a new lineage from the Rhizobiales. Symbiosis, 49 (3): 163-180.
- Iezzoni, A., Wunsch, A., Höfer, M., Giovannini, D., Jensen, M., Quero-García, J., Campoy, J. A., Vokurka, A., Barreneche, T., 2017. Biodiversity, germplasm resources and breeding methods. In: Quero-García Iezzoni, A., Pulawska, J., Lang, G. (ed) Cherries: botany, production and uses. CABI International, pp. 36-59.
- Jetiyanon, K., Kloepper, J.W., 2002. Mixtures of plant growth-promoting rhizobacteria for induction of systemic resistance against multiple plant diseases. Biol. Control, 24 (3): 285-291.
- Kannan, V.R., Bastas, K.K., Antony, R., 2015. Plant Pathogenic Bacteria: An Overview. In Sustainable Approaches to Controlling Plant Pathogenic Bacteria, 1st ed., CRC Press, pp. 16-31.
- Karahan, A., Ülke, G., Üstün, N., 2008. Sert çekirdekli meyve ağaçlarında bakteriyel kanser ve zamklanma (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, *P. s.* pv. *morsprunorum*). In: Aydemir, M. (ed) Zirai Mücadele Teknik

- Talimatları, Cilt 4, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Ankara, s: 66-69
- Kennelly, M.M., Cazorla, F.M., Vicente, A., Ramos, C., Sundin, G.W., 2007. *Pseudomonas syringae* diseases of fruit trees: progress toward understanding and control. *Plant Dis.*, 91: 4-17.
- Kotan, R., Sahin, F., 2002. First record of bacterial canker caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, on apricot trees in Turkey. *J. Plant Pathol.*, 51:798-798.
- Liu, L., Kloepper, J., Tuzun, S., 1995. Induction of systemic resistance in cucumber against *Fusarium* wilt by plant growth-promoting rhizobacteria. *Phytopathology*, 85: 695-698.
- Louden, B. C., Haarmann, D., Lynne, A. M., 2011. Use of blue agar CAS assay for siderophore detection. *J. Microbiol. Biol. Educ.*, 12 (1): 51-53.
- Mayak, S., Tirosh, T., Glick, B. R., 2004. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers. *Plant Sci.*, 166 (2): 525-530.
- Moore, L.W., 1988. *Pseudomonas syringae*: disease and ice nucleation activity. *Ornamentals Northwest Archives*, 12 (2): 3-16.
- Nunes, C., Usall, J., Teixidó, N., Viñas, I., 2001. Biological control of postharvest pear diseases using a bacterium, *Pantoea agglomerans* CPA-2. *Int. J. Food Microbiol.*, 70 (1-2): 53-61.
- Omar, B.A., Atif, H.A., Mogahid, M.E., 2014. Comparison of three DNA extraction methods for polymerase chain reaction (PCR) analysis of bacterial genomic DNA. *Afr. J. Microbiol. Res.*, 8: 598-602.
- Otto, M., Petersen, Y., Roux, J., Wright, J., Coutinho, T.A., 2017. Bacterial canker of cherry trees, *Prunus avium*, in South Africa. *Eur. J. Plant Pathol.*, 151: 427-438.
- Ozaktan, H., Akkopru, A., Bozkurt, A., Erdal, M. 2008. Information on peach bacterial canker in Aegean Region of Turkey. In: Proceedings of STF Meeting on "Determination of the incidence of the different pathovars of *Pseudomonas syringae* in stone fruits" COST Action 873, Bacterial diseases of stone fruits and nuts, p. 8.
- Pieterse, C.M., Zamioudis, C., Berendsen, R.L., Weller, D.M., Van Wees, S.C., Bakker, P.A., 2014. Induced systemic resistance by beneficial microbes. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 52: 347-375.
- Ran, L. X., Li, Z. N., Wu, G. J., Van Loon, L. C., Bakker, P.H., 2005. Induction of systemic resistance against bacterial wilt in *Eucalyptus urophylla* by fluorescent *Pseudomonas* spp. *Eur. J. Plant Pathol.*, 113 (1): 59-70.
- Renick, L. J., Cogal, A. G., Sundin, G. W., 2008. Phenotypic and genetic analysis of epiphytic *Pseudomonas syringae* populations from sweet cherry in Michigan. *Plant Dis.*, 92: 372-378.
- Saha, M., Sarkar, S., Sarkar, B., Sharma, B.K., Bhattacharjee, S., Tribedi, P., 2016. Microbial siderophores and their potential applications: a review. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 23 (5): 3984-3999.
- Saravanakumar, D., Samiyappan, R., 2007. ACC deaminase from *Pseudomonas fluorescens* mediated saline resistance in groundnut (*Arachis hypogea*) plants. *J. Appl. Microbiol.*, 102 (5): 1283-1292.
- Schaad, N.W., Jones, J.B., Chun, W., 2001. Laboratory guide for the identification of plant pathogenic bacteria. Vol 3, APS Press, St Paul, USA, p. 373.
- Scheck, H.J., Pscheidt, J.W., Moore, L.W., 1996. Copper and streptomycin resistance in strains of *Pseudomonas syringae* from Pacific Northwest nurseries. *Plant Dis.*, 80: 1034-1039.
- Serce, S., Görgülü, Ö., 2009. Yapay bir veri seti ile tartılı derecelendirme yönteminin yeniden değerlendirilmesi. *Alatırım*, 8 (2): 43-50.
- Sobiczewski, P., 1987. Antagonistic bacteria in relation to *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* occurring in necroses and cankers of sour cherry trees. *Fruit Science Reports*, 14 (4): 179-85.
- Spotts, R.A., Wallis, K.M., Serdani, M., Azarenko, A.N., 2010. Bacterial canker of sweet cherry in oregon-infection of horticultural and natural wounds, and resistance of cultivar and rootstock combinations. *Plant Dis.*, 94: 345-350.
- Sundin, G.W., Bender, C.L., 1993. Ecological and genetic analysis of copper and streptomycin resistance in *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 59 (4): 1018-1024.
- Suslow, T., Schroth, M., Isaka, M., 1982. Application of a rapid method for gram differentiation of plant pathogenic and saprophytic bacteria without staining. *Phytopathology*, 72: 917-918.
- Thornton, G., Nugent, J., 1997. Bacterial canker control for sweet cherries. District Fruit IPM Agent and District Horticultural Agent Michigan State University, USA, pp. 1-3.
- TÜİK, 2019. Bitkisel Üretim İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim Tarihi: 23 Kasım 2020).
- Türkoglu, K., Cınar, Ö., Öktem, Y., 1977. Sivas ve Malatya illerinde kayısı ağaçlarında kurumaların sebepleri ve en uygun mücadele

- metodunun tesbiti üzerinde araştırmalar. TÜBİTAK Yayınları, s. 332.
- Vicente, J., Roberts, S., 2003. Screening wild cherry micropropagated plantlets for resistance to bacterial canker. In: Iacobellis N.S. et al. (ed) *Pseudomonas syringae* and related pathogens, Springer, Dordrecht, Netherlands, pp. 467-474.
- Vicente, J.G., Alves, J.P., Russell, K., Roberts, S.J., 2004. Identification and discrimination of *Pseudomonas syringae* isolates from wild cherry in England. Eur. J. Plant Pathol., 110: 337-351.



Buğdayda (*Triticum aestivum* L.) Farklı Süre ve Dozlarda Uygulanan Etil Metansülfonat (EMS)'ın Çimlenme ve Fide ile İlgili Bazı Karakterler Üzerine Etkileri*

Arash HOSSEİN POUR^{1,2**},^a Metin TOSUN^{3,b}, Kamil HALILOĞLU^{3,c}

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye

²Crop and Horticultural Science Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Moghan, Iran

³Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye

**Sorumlu yazar e-mail: arash8643@gmail.com

doi: 10.17097/ataunizfd.748554

Geliş Tarihi (Received): 05.06.2020 Kabul Tarihi (Accepted): 21.05.2021 Yayın Tarihi (Published): 29.05.2021

ÖZ: Bu çalışma, ekmeçlik buğdayın kırık çeşidinde kimyasal bir mutagen olan etil metansülfonatın (EMS) çimlenme ve fide ile ilgili bazı karakterler üzerine etkilerini ve ıslah amaçlı çalışmalarda uygulanabilecek optimum dozu belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırmada EMS'nin 5 farklı konsantrasyonu [0 (kontrol), %0.1, %0.2, %0.3 ve %0.4] ve 4 farklı uygulama süresi [kontrol (10 min), 1 saat, 2 saat ve 3 saat] kullanılmış ve araştırma tam şansa bağlı deneme planında, faktöriyel düzenlemeye göre 4 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Denemede çimlenme ve fide ile ilgili bazı karakterler üzerinde durulmuştur. Elde edilen verilere göre, EMS'nin uygulama süresi uzadıkça çimlenme ile ilgili karakterlerde genel bir azalmaya neden olduğu görülmüştür; sürgün boyunun 3 saatlik uygulamada kök kuru ağırlığı ve sürgün kuru ağırlığının ise 6 saatlik uygulamada kontrole göre daha yüksek olduğu saptanmıştır; konsantrasyonlar ortalamalarına göre değerlendirildiğinde ise kök uzunluğunun %0.1, %0.2 ve %0.3'lük konsantrasyonlarda; kök kuru ağırlığı ve sürgün kuru ağırlığının %0.3'lük konsantrasyonlarda kontrole göre daha yüksek olduğu görülmüştür. EMS'nin hem uygulama süresi hem de konsantrasyonunun incelenen fide özelliklerinin birçoğu üzerine etkisi çok önemli olmuştur. Araştırmamızda, farklı süre ve konsantrasyonlarda uygulanan EMS'nin birçok karakteri olumlu yönde etkilediği, dolayısıyla kontrole göre artışa neden olduğu görülmüş, ancak uygulanan süre ve konsantrasyonlara göre lethal doz (LD50) değeri belirlenmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Buğday, Etil-metansülfonat, Çimlenme, Fide

Effect of Ethyl Methanesulfonate Treatment at Different Duration and Concentration on Germination and Seedling Growth Characters in Wheat (*Triticum aestivum* L.)

ABSTRACT: The aim of this study was to determine the different duration of ethyl methanesulfonate (EMS) mutagen in wheat (kırık variety) germination and seedling growth [control (10 minutes), 1 hour, 2 hours and 3 hours] and concentrations [0 (control), 0.1%, 0.2%, 0.3% and 0.4% mM] effects and the optimum EMS dose to be used in breeding programs. The experiment was carried out in 4 replicates according to the factorial arrangement in the completely randomized experimental plan. According to the data obtained, it has been observed that as the application time of EMS extends, it causes a general decrease in germination related characters; shoot length was found to be higher in 3-hour application, root dry weight and shoot dry weight in 6-hour application compared to control; When the concentrations are evaluated according to their averages, the root length is 0.1%, 0.2% and 0.3%; It was observed that root dry weight and shoot dry weight were higher at 0.3% concentrations compared to the control. The effect of both the application time and concentration of EMS on many characters of the seedling examined was very important. In this study, EMS applied at different times and concentrations positively affected many characters and thus increased compared to control. For this reason, LD50 value could not be determined according to the time and concentrations applied in the research.

Keywords: Wheat, Ethyl methanesulfonate, Germination, Seedling

Bu makaleye atıfta bulunmak için / To cite this article: Hossein Pour, A., Tosun, M., Haliloğlu, K., 2021. Buğdayda (*Triticum aestivum* L.) Farklı Süre ve Dozlarda Uygulanan Etil Metansülfonat (EMS)'ın Çimlenme, Fide ve Bazı Karakterlere Etkileri ile Optimum Dozun Saptanması. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 52 (2): 190-200.
doi: 10.17097/ataunizfd.748554

^aORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2611-8034> ^bORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9478-2485>

^cORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4014-491X>

*Bu çalışma, Arash HOSSEİN POUR'un Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde kabul edilen doktora tezinin bir kısmıdır.



GİRİŞ

Buğday insan beslenmesinde kullanılan kültür bitkileri arasında dünyada ekiliş ve üretim bakımından ilk sırada yer almaktadır. Dünyada ürün üretimi çevresel stresler tarafından büyük ölçüde sınırlandırılmaktadır. Son yıllarda iklimde meydana gelen değişimler de düşünüldüğünde stabil, yüksek verimli, kurağa, yatmaya, hastalık ve zararlılara dayanıklı ve aynı zamanda kaliteli buğday çeşitlerinin geliştirilmesi ıslah çalışmalarının en önemli hedeflerindedir. Bu nedenle, günümüzde yapılan ıslah çalışmalarında verim ve kalite unsurları birlikte ele alınmakta, bir yandan birim alandan elde edilen verim miktarlarını artırma olanakları araştırılırken, diğer taraftan da değişik tüketici kesimlerinin isteklerine cevap verebilecek kalite özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır (Kaya 2006). Yeni çeşitlerin geliştirilmesinde bitki ıslahçısının görevi geniş alanların iklim ve toprak koşullarına uygun, verim ve kalitesi üstün çeşitleri bulup çıkarmak ya da eldeki çeşitlerin olumsuz yönlerini iyileştirmektir. Bu amaçla ıslahçılar, doğada mevcut varyasyonlardan ve geliştirdikleri yeni teknik ve yöntemlerden faydalanmaktadır. Bu teknik ve yöntemlerden biri olan geleneksel ıslah yöntemleri ile çok sayıda çeşit geliştirilmiş ve tarımın hizmetine sunulmuştur. Ancak, bu yöntemlerle çeşit geliştirmede uzun zamana, fazla emeğe ve kaynağa ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, bitki ıslahçıları daha hızlı ve kolay varyasyon sağlayacak yeni yaklaşımlar üzerinde durmaktadırlar. Bu ıslah yöntemlerinden birisi mutasyon ıslahıdır (Başer vd. 2007). ıslah edilmesi düşünülen karakterin ilgili türün gen havuzu içerisinde bulunmaması nedeniyle, melezleme ve seleksiyonun yapılamadığı durumlarda, mutasyon ıslahı en uygun yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca, mutasyon ıslahı, transgenik bitkilerin kullanımı ve yetiştirilmesi gibi sınırlamalara, fikri mülkiyet hakları ve yönetmeliklere tabi değildir (Dobres, 2008).

Mutasyon, canlının genetik yapısında meydana gelen kalıcı değişiklikler olup hem üreme hücrelerinde hem de somatik hücrelerde meydana gelebilir. Mutagenesis terimi, doğal olarak ya da mutagenik etmenlerle yapay olarak uyarılan farklı mutasyon tiplerini meydana getiren mekanizmaları ve aşamaları kapsamaktadır (Tosun, 2015). Kimyasal mutagenlerin uygulaması basit ve zararlı etkisi daha az olduğu için bazı araştırmacılar tarafından radyasyona tercih edilmektedir. Bununla birlikte, mutasyon oluşturmak amacıyla kullanılan kimyasalların toksik ve kanserojenik oldukları unutulmamalıdır. En yaygın kullanılan kimyasal mutagen alkalleştirici etmen olan etil metansülfonattır (EMS). Kimyasal mutagenlerin etkileri, iyonize edici radyasyonlardan daha az şiddetli olup, daha fazla gen mutasyonu, daha az kromozom mutasyonlar oluşturdukları için

kimyasal mutagenlerin iyonize edici radyasyona göre daha fazla mikromutasyon oluşturmaları beklenebilir (Tosun, 2015). Kimyasal mutagenler daha spesifik ve öngörülebilir mutasyonlara yol açmakta ve ayrıca uygulamaları daha kolay olmakta, ancak özel ve pahalı ekipmanlar gerektirmemektedir (Luan et al., 2007).

Alkalleştirici etmenler, kimyasal mutagenlerin ilk sınıfı olup, ikinci dünya savaşı sırasında hardal gazının ve benzer bileşiklerin mutagenik etkilerinin ortaya konulması ile birlikte keşfedilmiştir. Hardal gazı, metil metansülfonat (MMS), etil metansülfonat (EMS) ve nitrözguanidin gibi alkalleştirici etmenlerin DNA üzerine bazı etkileri bulunmaktadır. Bunlardan EMS potansiyel mutagenik etkisi ve kullanım kolaylığı nedeniyle bitkilerde en yaygın kullanılan kimyasal mutagenidir. EMS, guanin (G) bazını alkalleştirir ve alkilleşen guanin, sitozin (C) yerine timin (T) ile eşlenir, böylece DNA ipliğinde AT ↔ GC geçişleri meydana gelir (Kenganal et al., 2008). EMS tüm genomda öldürücü olmayan çok sayıda nokta mutasyonunu oluşturabildiğinden genom mutasyona doyurulması için nispeten küçük bir popülasyona (yaklaşık 10.000) uygulama yapılması yeterlidir (Bhat et al., 2007). EMS'nin kullanıldığı mutasyon çalışmalarında genomun büyüklüğü, mutasyonların oluşması açısından önemli bir faktör olarak gözükmemektedir. Örneğin, gen başına mutasyon sıklığı *Arabidopsis* ve mısırdaki (genom büyüklüğü *Arabidopsis*'in yaklaşık 20 katı) benzer olmuştur (Henikoff and Comai, 2003; Till et al., 2003).

Mutasyonların uyarılmasında en kritik faktör mutagenin konsantrasyonudur. Genel bir kural olarak, belli bir konsantrasyona kadar mutagenin konsantrasyonu arttıkça, fide hasarı ve ölümle eşlik eden normalden daha fazla mutasyon oluştuğu gözlenmiştir ki, neden olan olumsuzlukların, yüksek konsantrasyonlarda ortaya çıkmasının, hücresel düzeyde gerçekleşen fizyolojik veya fiziksel düzensizliklerden kaynaklanabileceği ifade edilmiştir. Mutasyonların uyarılmasında sıcaklık önemli bir faktör olup, kimyasal mutagenesiste hem yarılanma ömrünü hem de solosyonunun hidroliz hızını etkilemektedir. Öyle ki, düşük sıcaklıklarda hidroliz hızı azalmakta, mutagen daha uzun süreyle ve sabit olarak kalmaktadırlar (Jenks et al., 2007). Mutagenesisin başarısını etkileyen diğer bir deneysel faktör ise kimyasal mutagenin pH değeridir. Öte yandan, mutagenesisin başarısını etkileyen diğer bir faktör ise pH değeridir. Örneğin EMS için en etkili pH değeri 7.0'dir (Singh and Kole, 2005). Dhakshamoorthy et al. (2010) tarafından *Jatropha curcas* kuru tohumlarının kullanıldığı çalışmada, gama ışınları ile EMS (%1, 2, 3, 4) kullanılarak, çimlenme oranı, kök ve sürgün uzunluğu, fide ve bitki boyu ile diğer bazı karakterler irdelenmiş; EMS'nin %1'lik konsantrasyonunun çimlenme

oranını artırdığı, ancak %4'lük konsantrasyonunun bu değeri azalttığı; incelenen tüm karakterler için yüksek konsantrasyonun (%4) engelleyici etki yaptığı kaydedilmiştir. Buğdayda tohum çimlenmesi ve çimlenme ile ilgili bazı karakterler üzerine EMS uygulamasının etkisini belirlemek amacıyla Bahar ve Akkaya (2009) tarafından yapılan bir denemede, 3 farklı EMS (%0.1, %0.2 ve %0.3) konsantrasyonu; tohum çimlenmesi, koleoptil ve ilk yaprak oluşumu, kök, koleoptil ve fide boyu, fide büyüme oranı, ilk yaprak uzunluğu, kök ve sürgün yaş ve kuru ağırlıklarına etkileri incelenmiş; EMS uygulamasının, tüm karakterlerde etkili olduğu ve konsantrasyonlar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu bildirilmiş; EMS'nin konsantrasyonu arttıkça incelenen özelliklerde olumsuz yönde azalma görüldüğü kaydedilmiştir. Bu çalışmanın amacı, Kırık ekmeçlik buğday (*Triticum aestivum*) çeşidinde EMS'nin çimlenme ve fide ile ilgili karakterler üzerine etkisini belirlemek; EMS'nin buğdayda mutasyon ıslahında uygulanabilecek etkili dozunu tespit etmektir.

MATERYAL VE METOT

Araştırmada materyal olarak ekmeçlik buğdayın (*Triticum aestivum* L.) Kırık çeşidine ait tohumlar kullanılmıştır. 2000 adet tohum sayılmış ve bu tohumlar musluk suyunda yıkandıktan sonra %70'lik etil elkolde (EtOH) 3 dakika karıştırılarak steril kabin içerisinde steril saf suyla 3 kez yıkanmış ve birkaç damla Tween 20 (Sigma) içeren %20'lik sodyum hipokloritte 25 dakika karıştırılarak yüzey sterilizasyonu yapılmıştır. Yüzey sterilizasyonu yapılan tohumlar, steril saf su ile yıkandıktan sonra 6 saat süreyle havalandırılmış su içerisinde bekletilmiştir. Tohumlar su alıp şiştikten sonra 5 farklı EMS konsantrasyonunda [0 (kontrol), %0.1, %0.2, %0.3 ve %0.4'lük], 4 farklı sürede [kontrol (10 min), 1 saat, 2 saat ve 3 saat, 5×4=20'lük kombinasyon/uygulamada tutulmuşlardır. Uygulamanın ardından tohumlar 4 saat süre ile musluk suyunda yıkanarak mutagenin uzaklaştırılması sağlanmıştır. Kimyasal mutagenin uygulandığı tohumlarda çimlenme ve fide ile ilgili bazı karakterleri incelemek için dört tekrarlamalı olarak çimlendirme denemesine alınmıştır. Tohumlar petri kutularında kağıt arasında çimlendirme dolabında çimlendirmeye alınmıştır. Her bir petri kutusuna 14 ml saf su konulmuştur. Çimlendirme işlemi, sıcaklığı 25 °C'ye ayarlanmış çimlendirme dolabında 16 saat ışık, 8 saat karanlık periyot uygulaması koşullarında gerçekleştirilmiştir. Tohumlar çimlendirme ortamına konulduktan sonra 14 gün süreyle her gün sayılarak çimlenme ile ilgili karakterler saptanmıştır.

Çimlenme ile ilgili karakterler

Çimlenme oranı (%) (ÇO): Tohumlar çimlenme ortamına konulduktan sonra her gün aynı saatte çimlenenler sayılmıştır. Kök uzunluğu 1-2 mm'ye ulaşan tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiş ve ortamdaki uzaklaştırılmıştır (Elkoca 1997). Çimlenme tamamlandığında, çimlenme oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

Çimlenme oranı (%) = (Çimlenen toplam tohum sayısı / toplam tohum sayısı) x 100

Ortalama çimlenme zamanı (OÇZ): Ortalama çimlenme zamanının belirlenmesinde $\Sigma(fx) / \Sigma f$ formülü kullanılmıştır (Kaya et al. 2006). Formüldeki çarpanlardan; f, sayım günündeki çimlenen tohum sayısını; x, sayım yapılan gün sayısını göstermektedir.

Çimlenme hızı indeksi (ÇHI): $\text{ÇHI} = (N_i) / (T_i)$ formülüne göre hesaplanmıştır. Formülde T_i , denemenin başladığı günden itibaren gün sayısını, N_i ise gün başına çimlenen tohum sayısını ifade etmektedir (Maguire 1962).

Çim gücü indeksi (ÇGİ): Çimlenme gücü indeksi; $\text{ÇGİ} = (\text{ortalama sürgün uzunluğu} + \text{ortalama kök uzunluğu}) \times \text{toplam çimlenme yüzdesi}$ formülüne göre hesaplanmıştır (Abdul-Baki and Anderson 1970).

Fide ile ilgili karakterler

a. Kağıt ortamda gelişen fide ile ilgili karakterler

Tohumlar çimlendirme ortamına konulduktan 14 gün sonra her petri kutusundan 10'ar adet fide şansa bağlı olarak alınmış, bunlarda aşağıda verilen karakterler ölçülmüş ve ortalamaları alınmıştır.

Kök uzunluğu (cm) (KU): İncelenen her bir çimde en uzun kökün uzunluğu milimetrik cetvel ile ölçülmüş ve ortalaması alınmıştır.

Sürgün uzunluğu (cm) (SU): Sürgünün tohumdan ilk çıktığı yerden yaprak ucuna kadar olan uzunluğu milimetrik cetvelle ölçülmüş ve ortalamaları alınarak hesaplanmıştır.

Kök kuru ağırlığı (g) (KKA): Yaş ağırlığı belirlenen kökler 72°C'de 72 saat kurutulduktan sonra hassas terazide tartılarak kök kuru ağırlığı belirlenmiştir.

Sürgün kuru ağırlığı (g) (SKA): Yaş ağırlığı belirlenen sürgünler 72°C'de 72 saat kurutulduktan sonra hassas terazide tartılarak sürgün kuru ağırlığı belirlenmiştir. Daha sonra elde edilen değer 10'a bölünerek her bir sürgünün kuru ağırlığı tespit edilmiştir.

b. Torf ortamında gelişen fide ile ilgili karakterler

Daha önce belirtilen işlem uygulanmış tohumlar kullanılmıştır. 20 kombinasyonun her birinden 100 tohum 25'er adetlik dört gruba ayrılmış ve her bir

grup bir sıraya ekilmiştir. Böylece, deneme dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Sera koşullarında yapılan bu çalışmalarda içerisinde torf bulunan 100×100×30 cm boyutlarındaki tahta kasalar kullanılarak M₁ fidelerinde ekimden sonra 28. günde aşağıdaki özellikler incelenmiştir.

Çıkış oranı (%) (ÇO): Kasalara ekilen tohumlardan çıkanlar, ekimden 8 gün sonra sayılmaya başlanmış ve işlem bitene kadar devam etmiş; elde edilen verilerin, ekilen toplam tohum sayısına oranlanmasıyla çıkış oranı (%) belirlenmiştir (Sakin 1998).

İlk yaprak ayası uzunluğu (cm) (İYU): Çıkış sonrası ilk gelişmesini tamamlayan fidelerin 28. gününde ilk yaprak ayası tabanından ucuna kadar olan uzunluğun milimetrik cetvelle ölçülmesiyle bulunmuştur (Sakin 1998).

Kök uzunluğu (cm) (KU): İlk yaprak boyunun ölçüldüğü gün, aynı fidelerin kökleri suyla yıkanarak topraktan temizlenmiş ve kök boğazından itibaren en uzun kökün ucuna kadar ki uzunluğun ölçülmesiyle saptanmıştır (Sakin 1998).

Sürgün uzunluğu (cm) (SU): Sürgünün tohumdan ilk çıktığı yerden yaprak ucuna kadar olan uzunluk milimetrik cetvelle ölçülmüş ve ortalamaları alınarak hesaplanmıştır (Sakin 1998).

Fide boyu (cm) (FB): İlk yaprak boyu ölçülen bitkilerde aynı gün fide boyu, toprak yüzeyinden fidenin ucuna kadar olan uzunluğun ölçülmesiyle hesaplanmıştır (Sakin 1998).

Verilerinin istatistiksel analizi

Denemede incelenen parametreler üzerine uygulama konsantrasyonunun ve süresinin etkisi 4 × 5 faktöriyel düzende tam şansa bağlı deneme planına göre 4 tekrarlamalı olarak varyans analizine tabi tutulmuştur (SAS, 2002). Bu parametrelere ait ortalamalar arasındaki farklar %5 önem düzeyinde Duncan testi ile belirlenmiştir.

BULGULAR

Çimlenme ile ilgili karakterler

Tohumlar ortama konulduktan yaklaşık 1-2 gün sonra çimlenmeye başlamış ve 14 gün boyunca bu ortamda tutularak gelişmeleri sağlanmıştır.

Çimlenme oranı

Çimlenme oranı üzerine etil metansülfonatin hem uygulama süresi ve konsantrasyonu hem de süre × konsantrasyon etkileşimi önemsiz olmuştur (Çizelge 1).

Çimlenme hızı indeksi ve çimlenme gücü indeksinde olduğu gibi çimlenme oranı üzerine de uygulama süresinin belirgin bir etkisi olmamıştır. Nitekim, çimlenme oranı hem kontrolde hem de 6 saatlik uygulamada %100 olmuştur. Bunu 9 saatlik (%99.60) uygulama süresi izlemiş, son sırada ise

%99.20 ile 3 saatlik uygulama süresi yer almıştır (Çizelge 2). Konsantrasyonların ortalamalarına göre çimlenme oranı kontrolde %100, %0.2 ve %0.3'lük konsantrasyonlarda %99.75, %0.1 ve %0.4'lük konsantrasyonlarda ise %99.25 olmuştur (Çizelge 2).

Ortalama çimlenme zamanı

EMS'nin uygulama süresi ortalama çimlenme zamanına istatistiksel olarak çok önemli (P<0.01) etki yapmış, buna karşın uygulama konsantrasyonu ile bu iki faktör arasındaki etkileşimin etkisi önemsiz olmuştur (Çizelge 1).

Ortalamalar esas alınarak süreler göre değerlendirildiğinde, en uzun ortalama çimlenme zamanı 1.03 gün ile 3 saatlik uygulamadan elde edilmiş, bunu 1.01 gün ile 6 ve 9 saat, 1.00 gün ile 10 dakika uygulama süreleri izlemiş, ancak bu üç uygulama süresi arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz olmuştur (Çizelge 2).

Ortalama çimlenme zamanı kontrolde 1.00 gün olmuş, bunu 1.01 gün ile %0.1, %0.2 ve %0.4'lük konsantrasyonları izlemiş; en geç çimlenme değeri ise 1.03 gün ile %0.3'lük konsantrasyonda gerçekleşmiştir (Çizelge 2).

Çimlenme hızı indeksi

Çimlenme hızı indeksi üzerine mutagenin uygulama süresinin etkisi istatistiksel anlamda çok önemli (P<0.01) iken, konsantrasyon ile süre × konsantrasyon etkileşiminin önemli bir etkisi olmamıştır (Çizelge 1).

Uygulama sürelerinin ortalamalarına göre, çimlenme hızı indeksi 6 saatlik uygulamada 38.91 olarak tespit edilmiş, bunu azalan sıra ile 10 dakika (38.90), 9 saat (38.81) ve 3 saatlik (38.49) uygulama süreleri izlemiştir. Ayrıca, 10 dakika, 4 ve 8 saatlik uygulamalar arasındaki farklılıklar önemsiz olmuştur (Çizelge 2).

Öte yandan, konsantrasyonların ortalamalarına göre değerlendirildiğinde, en yüksek çimlenme hızı indeksi 38.97 ile kontrol grubunda saptanırken, bunu küçük farklılıklarla %0.2 (38.83), %0.1 (38.70), %0.4 (38.74) ve %0.3'lük (38.67) konsantrasyonları izlemiştir (Çizelge 2).

Çimlenme gücü indeksi

EMS'nin uygulama süresi çimlenme gücü indeksini istatistiksel olarak çok önemli (P<0.01) derecede etkilemiş, bunu karşın, konsantrasyon ve süre × konsantrasyon etkileşimi önemsiz olmuştur. (Çizelge 1).

Ortalamalar esas alınarak sürelerine göre değerlendirildiğinde, en yüksek çimlenme gücü indeksi, 3 saatlik uygulamadan (2357.23) elde edilmiş, bunu 2326.84 ile 10 dakika, 2212.70 ile 6 saat ve 2129.30 ile 9 saatlik uygulamalar izlemiştir; ayrıca, 10 dakika ve 3 saat ile 6 ve 9 saatlik

uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz olmuştur (Çizelge 2). Konsantrasyon ortalamalarına göre en yüksek çimlenme gücü indeksi 2278.63 ile kontrol grupta saptanırken, son sırada 2232.20 ile %0.1'lik konsantrasyon yer almıştır (Çizelge 2).

Fide ile ilgili karakterler

a. Kağıt ortamda gelişen fide ile ilgili karakterler

Kök uzunluğu (cm)

Kök uzunluğuna EMS'nin uygulama süresi etkisi çok önemli ($P<0.01$), konsantrasyonun etkisi önemsiz, süre \times konsantrasyon interaksiyonunun etkisi ise çok önemli ($P<0.01$) olmuştur (Çizelge 1).

Uygulama süresi uzadıkça kök uzunluğu azalmıştır. Nitekim, en fazla kök uzunluğu 11.10 cm ile kontrol uygulama süresinden elde edilmiş, bunu 10.53 cm ile 3 saat, 9.89 cm ile 6 saat ve 9.61 cm ile 9 saatlik uygulama süreleri izlemiştir (Çizelge 2).

Konsantrasyonların ortalamalarına göre, en uzun kökler 10.55 cm ile %0.3'lük konsantrasyonda tespit edilmiş, bunu 10.39 cm ile %0.2'lik, 10.30 cm ile %0.0'lik, 10.10 cm ile %0.4'lük ve 10.09 cm ile %0.1'lik konsantrasyonlar izlemiştir. Bu verilerden de anlaşılacağı gibi, EMS'nin %0.2 ve %0.3'lük konsantrasyonlar şeklinde uygulanması kök uzunluğunu artırmış, %0.1 ve %0.4'lük konsantrasyonlar ise azaltmıştır (Çizelge 2).

Kök uzunluğu üzerine uygulama süresinin etkisi kullanılan konsantrasyona göre farklılık göstermiştir. Bu nedenle uygulama süresi \times konsantrasyon interaksiyonu çok önemli ($P<0.01$) olmuştur (Çizelge 1). En yüksek kök uzunluğu kontrol uygulama süresinde %0.3, 3 saatlik uygulamada %0.0 ve %0.1'lik konsantrasyonda, 6 saatlik uygulamada %0.3'lük konsantrasyonda ve 9 saatlik uygulamada %0.2'lik konsantrasyondan gözlenmiştir. En düşük kök uzunluğu ise kontrol uygulama süresinde %0.2'lik konsantrasyonda; 3 saatlik uygulamada %0.4'lük konsantrasyonda; 6 saatlik uygulamada %0.1'lik konsantrasyonda ve 9 saatlik uygulamada %0.0'lik konsantrasyondan elde edilmiştir (Çizelge 2).

Sürgün uzunluğu (cm)

EMS uygulama süresi, sürgün uzunluğunu istatistiksel olarak çok önemli ($P<0.01$) derecede etkilemiş, buna karşın konsantrasyon ile süre \times konsantrasyon etkileşiminin önemli bir etkisi saptanamamıştır (Çizelge 1).

Sürelerin ortalamalarına göre, en uzun sürgünler 3 saatlik uygulamadan (13.23 cm) elde edilmiş, bunu azalan sıra ile 10 dakika (12.25 cm), 6 saat (12.23 cm) ve 9 saatlik (11.77 cm) uygulamalar izlemiş, ancak 10 dakika, 6 ve 9 saatlik uygulamalar arasındaki farklılıklar önemsiz olmuştur (Çizelge 2).

Konsantrasyonların ortalamalarına göre değerlendirildiğinde, sürgün uzunluğu kontrol grupta 12.49 cm iken, EMS'nin %0.4'lük konsantrasyonunda küçük bir artışla 12.65 cm'ye yükselmiştir. Diğer konsantrasyonlar ise sürgün uzunluğunda küçük bir azalmaya sebep olmuşlar ve bunlarda sürgün uzunluğu kontrol grubun biraz gerisinde kalmıştır (Çizelge 2).

Kök kuru ağırlığı (g)

Kök kuru ağırlığına uygulama süresinin etkisi istatistiksel olarak çok önemli ($P<0.01$) iken, konsantrasyonun etkisi ile süre \times konsantrasyon interaksiyonu önemsiz olmuştur (Çizelge 1). Altı saatlik uygulamada 0.0287 g olduğu saptanan kök kuru ağırlığı, kontrol uygulamada 0.0100 g, 3 saatlik uygulamada 0.0076 g, 8 saatlik uygulamada 0.0029 g olmuş; ancak bu özellik bakımından kontrol, 6 ve 8 saatlik uygulama süreleri arasındaki farklılıklar önemsiz olarak bulunmuştur (Çizelge 2).

Ortalamalar esas alınarak konsantrasyonlara göre EMS'nin etkisi değerlendirildiğinde, en yüksek kök kuru ağırlığının %0.2'lik konsantrasyonda (0.0121 g), en düşük %0.4'lük konsantrasyonda (0.0009 g) olduğu görülmüş, ancak konsantrasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz olmuştur (Çizelge 2).

Sürgün kuru ağırlığı (g)

Sürgün kuru ağırlığına EMS'nin uygulama süresinin etkisi istatistiksel düzeyde çok önemli ($P<0.01$), konsantrasyonun etkisi önemli ($P<0.05$), süre \times konsantrasyon interaksiyonu ise yine çok önemli ($P<0.01$) olarak bulunmuştur (Çizelge 1).

En yüksek sürgün kuru ağırlığı değeri 0.0276 g ile 6 saatlik uygulama süresinden elde edilmiş; bunu 0.0074 g ile 10 ve 0.0012 g ile 6 saatlik uygulamalar izlerken, 0.0005 g değeri ile 9 saatlik uygulama son sırada yer almıştır (Çizelge 2).

Konsantrasyonların ortalamalarına göre değerlendirildiğinde, en yüksek sürgün kuru ağırlığı 0.0229 g ile %0.3'lük konsantrasyonda tespit edilmiş, bu değer diğer tüm uygulamalardakine göre oldukça yüksek olup aralarındaki farklılık istatistik olarak çok önemli bulunmuş ve %0.3'lük EMS konsantrasyonunun sürgün gelişimini teşvik ettiği şeklinde yorumlanmıştır. Diğer yandan, kontrolde 0.0063 g olan sürgün kuru ağırlığı, %0.1'lik konsantrasyonda 0.0059'a, %0.4'lük konsantrasyonda 0.0057'ye ve %0.2'lik konsantrasyonda ise 0.0050'ye inmiş, ancak bu üç konsantrasyon arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli olmamıştır (Çizelge 2).

Çizelge 1. Tohuma farklı süre ve dozlarda EMS uygulamasından sonra çimlenme ve çim ile ilgili bazı karakterlere ait varyans analizi sonuçları
Table 1. Analysis of variance in germination and seedling parameters of EMS application at different duration and concentration levels of wheat

	SD	ÇO	ÖCZ	ÇHI	ÇGI	KU	SU	KKA	SKA
Süre (saat)	3	2.13	0.003**	0.78**	221299.07**	8.92**	24.14**	0.003**	0.003**
Konsantrasyon (mM)	4	1.8	0.001	0.23	7322.15	0.59	0.53	0.000001	0.001*
Süre × Konsantrasyon	12	1.8	0.001	0.23	49707.29	4.44**	5.12	0.001	0.001**
Hata	60	1.86	0.001	0.15	31014.60	1.14	2.88	0.000001	0.000001
Toplam	80								

*, p<0.05; **, p<0.01 düzeyinde önemlidir. SD (Serbestlik derecesi), CO (Çimlenme oranı), ÖCZ (Ortalama çimlenme zamanı), ÇHI (Çimlenme hızı indeksi), ÇGI (Çimlenme gücü indeksi), KU (Kök uzunluğu), SU (Sürgün uzunluğu), KKA (Kök kuru ağırlığı), SKA (Sürgün kuru ağırlığı).

Çizelge 2. Tohuma farklı süre ve dozlardaki EMS uygulaması sonrasında çimlenme ve çim ile ilgili karakterlere ait varyans analizi sonuçları.

Süre (dakika/saat)	Konsantrasyon (mM)	ÇO (%)	ÖCZ (gün)	ÇHI	ÇGI	KU (cm)	SU (cm)	KKA (g)	SKA (g)
10 dakika	0	100.00	1.00	39.00	2370.00	11.63	12.08	0.0098	0.0072
	0.1	100.00	1.00	39.00	2340.50	10.93	12.48	0.0113	0.0062
	0.2	100.00	1.00	39.00	2271.50	10.21	12.50	0.0171	0.0082
	0.3	100.00	1.00	39.00	2364.00	12.00	11.64	0.0065	0.0078
	0.4	98.00	1.00	38.50	2288.24	10.76	12.58	0.0052	0.0076
Ortalama	99.60	1.00 ^{BI}	38.90 ^A	2326.84 ^A	11.10 ^A	12.25 ^B	0.0100 ^B	0.0074 ^B	
3 saat	0	100.00	1.01	38.88	2408.00	11.15	12.93	0.0055	0.0021 ^a
	0.1	98.00	1.05	38.04	2424.36	11.15	13.57	0.0049	0.0012 ^b
	0.2	99.00	1.04	38.33	2359.66	10.28	13.57	0.0139	0.0013 ^b
	0.3	99.00	1.04	38.33	2299.16	10.66	12.55	0.0094	0.0009 ^{bc}
	0.4	100.00	1.01	38.88	2295.00	9.44	13.52	0.0043	0.0004 ^c
Ortalama	99.20	1.03 ^A	38.49 ^B	2357.23 ^A	10.53 ^{AB}	13.23 ^A	0.0076 ^B	0.0012 ^B	
6 saat	0	100.00	1.00	39.00	2330.00	10.37 ^a	12.93	0.0250	0.0153 ^b
	0.1	100.00	1.00	39.00	2102.00	8.59 ^b	12.43	0.0154	0.0158 ^b
	0.2	100.00	1.00	39.00	2098.50	9.59 ^{ab}	11.40	0.0162	0.0102 ^b
	0.3	100.00	1.02	38.75	2244.50	10.81 ^a	11.64	0.0660	0.0821 ^a
	0.4	100.00	1.02	38.83	2288.50	10.12 ^a	12.77	0.0210	0.0143 ^b
Ortalama	100.00	1.01 ^B	38.91 ^A	2212.70 ^B	9.89 ^{BC}	12.23 ^B	0.0287 ^A	0.0276 ^A	
9 saat	0	100.00	1.00	39.00	2006.50	8.05 ^{cd}	12.01	0.0019	0.0004
	0.1	99.00	1.00	38.75	2061.92	9.71 ^{bc}	11.12	0.0009	0.0003
	0.2	100.00	1.00	39.00	2374.00	11.47 ^a	12.26	0.0011	0.0004
	0.3	100.00	1.04	38.58	2041.50	8.70 ^d	11.70	0.0016	0.0009
	0.4	99.00	1.00	38.75	2162.58	10.10 ^b	11.75	0.0092	0.0006
Ortalama	99.6	1.01 ^B	38.81 ^A	2129.30 ^B	9.61 ^C	11.77 ^B	0.0029 ^B	0.0005 ^B	
Ortalama Konsantrasyon (mM)	0	100.00	1.00	38.97	2278.63	10.30	12.49	0.0105	0.0063 ^B
	0.1	99.25	1.01	38.70	2232.20	10.09	12.40	0.0081	0.0059 ^B
	0.2	99.75	1.01	38.83	2275.91	10.39	12.43	0.0121	0.0050 ^B
	0.3	99.75	1.03	38.67	2237.29	10.55	11.88	0.0209	0.0229 ^A
	0.4	99.25	1.01	38.74	2258.58	10.10	12.65	0.0099	0.0057 ^B
LD₅₀ değeri	49.90	0.50	19.48	1139.31	5.15	5.24	0.0052	0.0031	

¹Her bir uygulama süresi için aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir.

*SD (Serbestlik derecesi), ÇO (Çimlenme oranı), ÖCZ (Ortalama çimlenme zamanı), ÇHI (Çimlenme hızı indeksi), ÇGI (Çimlenme gücü indeksi), KU (Kök uzunluğu), SU (Sürgün uzunluğu), KKA (Kök kuru ağırlığı), SKA (Sürgün kuru ağırlığı).

Sürgün kuru ağırlığı üzerine uygulama süresinin etkisi kullanılan konsantrasyona göre farklılık göstermiştir. Bu nedenle uygulama süresi × konsantrasyonun etkisi istatistiksel olarak çok önemli ($P<0.01$) olmuştur (Çizelge 1). En yüksek sürgün kuru ağırlığı kontrol uygulama süresinde %0.2'lik konsantrasyonda; 3 saatlik uygulamada %0.1'lik konsantrasyonda; 6 ve 9 saatlik uygulamalarda ise %0.3'lük konsantrasyonda gözlenmiştir. En düşük sürgün kuru ağırlığı ise kontrol uygulama süresinde %0.1 konsantrasyonda; 3 saatlik uygulamada %0.4'lük konsantrasyonda; 6 saatlik uygulamada %0.2'lik konsantrasyonda ve 9 saatlik uygulamada %0.1'lik konsantrasyonda elde edilmiştir (Çizelge 2).

b. Torf ortamında gelişen fide ile ilgili karakterler

Çıkış oranı

Çıkış oranı üzerine EMS'nin uygulama süresi ve konsantrasyonu çok önemli ($P<0.01$), bu iki faktör arasındaki interaksiyon ise önemli ($P<0.05$) olmuştur (Çizelge 3). Uygulama süresinin uzaması genel anlamda (9 saat hariç) çıkış oranını düşürmüştür. Örneğin, kontrol uygulamada %97.80 olan çıkış oranı 9 saatlik uygulamada %91.80'e, 3 saatlik uygulamada %90.80'e, 6 saatlik uygulamada ise %84.40'e düşmüş, ancak yalnızca kontrol uygulama

ile diğerleri arasındaki farklılıklar çok önemli olmuştur (Çizelge 4). Konsantrasyonların ortalamaları incelendiğinde, EMS uygulamasının çıkış oranını azalttığı görülmüştür. Örneğin kontrolde %94.50 olan çıkış oranı, %0.1'lik konsantrasyonda çok küçük bir azalma ile %94.20'ye, %0.2'lik konsantrasyonda %90.25'e, %0.3'lük konsantrasyonda %89.00'a, %0.4'lük konsantrasyonda ise %86.50'ye düşmüştür. Bu sonuçlara göre EMS'nin konsantrasyonu arttıkça çıkış oranı düşmüştür. Bununla birlikte, kontrol ile yalnızca %0.4'lük konsantrasyon arasındaki farklılık çok önemli olmuştur (Çizelge 4). Çıkış oranı üzerine EMS'nin uygulama süresinin etkisi kullanılan konsantrasyona göre farklılık göstermiştir. Bu nedenle uygulama süresi × konsantrasyonun etkisi önemli ($P<0.05$) olmuştur (Çizelge 3). En yüksek çıkış oranı kontrol grupta %0 ve %0.1'lik konsantrasyonda, 3 saatlik uygulamada %0'lık konsantrasyonda; 6 saatlik uygulamada %0.3'lük konsantrasyonda, 9 saatlik uygulamada ise %0.1 ve %0.4'lük konsantrasyonlarda gözlenmiştir. En düşük çıkış oranı kontrol uygulama süresinde %0.4'lük, 3 saatlik uygulamada %0.2'lik; 6 saatlik uygulamada %0.1'lik, 9 saatlik uygulamada ise %0.2 ve %0.3'lük konsantrasyonlardan elde edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 3. Tohuma farklı süre ve dozlarda EMS uygulamasından sonra fide ile ilgili bazı karakterlere ait varyans analizi sonuçları

Table 3. Analysis of variance seedling growth parameters of EMS application at different duration and concentration levels of wheat

Varyasyon Kaynağı	Kareler ortalaması					
	SD	ÇO	İYU	KUZ	SUZ	FB
Süre (saat)	3	599.73**	9.38**	308.06**	198.73**	287.03**
Konsantrasyon (%)	4	190.29**	2.30**	59.86*	80.73**	267.03**
Süre × Konsantrasyon	12	121.90*	1.27**	59.31**	24.41**	113.52**
Hata	380	51.87	0.29	24.97	7.43	32.51
Toplam	400					

*: $p<0.05$; **: $p<0.01$ düzeyinde önemlidir.

İlk yaprak uzunluğu

İlk yaprak uzunluğu üzerine mutagenin uygulama süresi ve konsantrasyonu ile bu iki faktör arasındaki interaksiyon çok önemli ($P<0.01$) etki oluşturmuştur (Çizelge 3). Ortalamalar esas alınarak uygulama süresine göre değerlendirildiğinde en fazla ilk yaprak uzunluğu 3.92 cm ile 3 saatlik uygulamadan elde edilmiş, bunu 3.76 cm ile 6 saat, 3.45 cm ile 9 saat ve 3.24 cm ile kontrol uygulamalar izlemiştir (Çizelge 4). Mutagenin tüm konsantrasyonları ilk yaprak uzunluğunu artırmıştır. Konsantrasyon ortalamaları dikkate alındığında en yüksek ilk yaprak uzunluğu 3.78 cm ile %0.2'lik konsantrasyonda meydana gelmiş, bunu %0.4 (3.72 cm), %0.1 (3.57 cm) ve %0.3'lük (3.55 cm)

uygulamalar izlemiş, son sırada ise 3.34 cm ile kontrol grup yer almıştır (Çizelge 4). İlk yaprak uzunluğu üzerine uygulama süresinin etkisi kullanılan konsantrasyona göre farklılık göstermiştir. Bu nedenle uygulama süresi × konsantrasyonun etkisi çok önemli ($P<0.01$) olmuştur (Çizelge 3). En yüksek ilk yaprak uzunluğu kontrol ve 3 saatlik uygulama sürelerinde %0.2'lik konsantrasyonda; 6 saatlik uygulamada %0.3'lük konsantrasyonda ve %0.4'lük konsantrasyonda, 9 saatlik uygulama süresinde ise %0.1 ve %0.4'lük konsantrasyonlarda gözlenmiştir. En kısa ilk yaprak uzunluğu, kontrol ve 3 saatlik uygulama sürelerinde %0.3'lük konsantrasyonda; 6 ve 9 saatlik uygulamalarda ise %0.0 konsantrasyonda tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Tohuma farklı süre ve dozlarda EMS uygulamasından sonra fide ile ilgili bazı karakterlere ait veriler
Table 2. Mean comparison of seedling parameters of EMS application at different duration and concentration levels of wheat

Süre (dakika/saat)	Konsantrasyon (%)	ÇO	İYU (cm)	KUZ (cm)	SUZ (cm)	FB (cm)
10 dakika	0	100.00	3.15 ^{bc2}	14.17	30.67 ^a	44.84 ^{ab}
	0.1	100.00	3.27 ^b	14.00	29.27 ^b	43.27 ^b
	0.2	98.00	3.70 ^a	13.56	31.79 ^b	45.34 ^{ab}
	0.3	97.00	2.82 ^c	13.95	32.06 ^b	46.01 ^a
	0.4	94.00	3.26 ^b	14.06	31.11 ^b	45.17 ^{ab}
	Ortalama	97.80^A	3.24^{D1}	13.94^C	30.98^A	44.92^B
3	0	96.00 ^a	3.93	14.93	29.48 ^b	44.41 ^b
	0.1	95.00 ^a	3.85	15.95	30.81 ^{ab}	46.75 ^{ab}
	0.2	83.00 ^b	4.13	16.74	31.62 ^a	48.36 ^a
	0.3	94.00 ^a	3.83	16.50	31.73 ^a	48.23 ^a
	0.4	86.00 ^{ab}	3.90	15.92	29.65 ^b	45.57 ^{ab}
	Ortalama	90.80^B	3.92^A	16.00^B	30.66^A	46.66^A
6	0	91.00 ^{ab}	3.54	18.44 ^{ab}	27.49 ^c	45.93 ^b
	0.1	72.00 ^c	3.78	18.63 ^{ab}	30.08 ^{ab}	48.71 ^{ab}
	0.2	85.00 ^{abc}	3.75	15.58 ^b	29.60 ^b	45.18 ^b
	0.3	96.00 ^a	3.88	20.74 ^a	32.14 ^a	52.88 ^a
	0.4	78.00 ^{bc}	3.88	17.62 ^{ab}	30.16 ^{ab}	47.78 ^b
	Ortalama	84.40^B	3.76^B	18.20^A	29.89^B	48.09^A
9	0	91.00	2.77 ^c	12.54 ^c	25.57 ^c	38.11 ^a
	0.1	94.00	3.38 ^b	15.20 ^{bc}	28.09 ^{ab}	43.30 ^b
	0.2	90.00	3.55 ^b	19.68 ^a	29.82 ^a	49.50 ^a
	0.3	90.00	3.67 ^{ab}	18.50 ^{ab}	27.08 ^{bc}	45.59 ^{ab}
	0.4	94.00	3.87 ^a	16.75 ^{ab}	28.65 ^{ab}	45.40 ^{ab}
	Ortalama	91.80^B	3.45^C	16.53^B	27.84^C	44.38^A
Konsantrasyon Ortalama (%)	0	94.50 ^A	3.34 ^D	15.02 ^B	28.30 ^C	43.32 ^B
	0.1	94.25 ^A	3.57 ^{BC}	15.94 ^{AB}	29.56 ^B	45.50 ^B
	0.2	90.25 ^{AB}	3.78 ^A	16.38 ^{AB}	30.70 ^A	47.09 ^{AB}
	0.3	89.00 ^{AB}	3.55 ^C	17.42 ^A	30.75 ^A	48.17 ^A
	0.4	86.50 ^B	3.72 ^{AB}	16.08 ^{AB}	29.89 ^{AB}	45.98 ^B
LD₅₀ değeri	47.25	1.67	7.51	14.15	21.66	

¹Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir.

²Her bir uygulama süresi için aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir.

Kök uzunluğu

Kök uzunluğu üzerine uygulama süresinin etkisi istatistiksel anlamda çok önemli ($P<0.01$), konsantrasyonun etkisi önemli ($P<0.05$), süre \times konsantrasyon interaksyonu ise çok önemli ($P<0.01$) olmuştur (Çizelge 3). En fazla kök uzunluğu 18.20 cm ile 6 saatlik uygulama süresinden elde edilmiş, bunu 16.53 cm ile 9 saat, 16.00 cm ile 3 saat, 13.94 cm ile kontrol uygulamalar takip etmiştir. Buna göre, kök uzunluğu uygulama süresinin uzamasına veya kılmasına paralel bir değişim göstermemiştir (Çizelge 4). Konsantrasyonların ortalamaları incelendiğinde, kök uzunluğunun konsantrasyondaki artışa paralel bir değişim göstermediği görülmüştür. Nitekim, en uzun kökler 17.42 cm ile %0.3'lük konsantrasyonda tespit edilmiş, bunu azalan sıra ile %0.2 (16.38 cm) ve %0.4'lük (16.08 cm) konsantrasyonlar izlemiş, en kısa kökler ise kontrol grupta (15.02 cm) belirlenmiştir. Buradaki sonuçlardan da görüleceği gibi, mutagenin tüm konsantrasyonları kök uzunluğu artırmıştır (Çizelge 4). Kök uzunluğu üzerine EMS'nin uygulama süresinin etkisi kullanılan konsantrasyona göre farklılık göstermiştir. Bu nedenle uygulama süresi \times konsantrasyonun etkisi çok önemli ($P<0.01$) olmuştur

(Çizelge 3). En yüksek kök uzunluğu kontrol uygulama süresinde %0.0'lık konsantrasyonda; 3 ve 9 saatlik uygulamada %0.2'lik konsantrasyonda, 6 saatlik uygulama süresinde ise %0.3'lük konsantrasyonda gözlenmiştir. En kısa kök uzunluğu, kontrol ve 6 saatlik uygulama sürelerinde %0.2'lik konsantrasyonda; 3 ve 9 saatlik uygulamalarda ise %0.0'lik konsantrasyonda ölçülmüştür (Çizelge 4).

Sürgün uzunluğu

Sürgün uzunluğu üzerine EMS'nin uygulama süresi ve konsantrasyonu ile bu iki faktör arasındaki interaksiyon çok önemli ($P<0.01$) olmuştur (Çizelge 3). Uygulama süresi esas alındığında, en yüksek sürgün uzunluğu 30.98 cm ile kontrol uygulamada gerçekleşmiş, bunu 30.66 cm ile 3 saat, 29.89 cm ile 6 saat ve 27.84 cm ile 9 saatlik uygulama süreleri izlemiştir. Buna göre uygulama süresi uzadıkça sürgün uzunluğunda belirgin bir kısalma gerçekleşmiştir (Çizelge 4). Konsantrasyon ortalamaları dikkate alınarak yapılan değerlendirilmede, mutagenin tüm konsantrasyonlarının sürgün uzunluğunu artırdığı tespit edilmiştir. Nitekim, kontrolde 28.30 cm olan sürgün uzunluğu %0.1'lik konsantrasyonda 29.56

cm'ye, %0.4'lük konsantrasyonda 29.89 cm'ye, %0.2'lik konsantrasyonda 30.70 cm'ye, %0.3'lük konsantrasyonda ise 30.75 cm'ye yükselmiş ve kontrol ile diğer tüm konsantrasyonlar arasındaki farklılıklar çok önemli olmuştur (Çizelge 4). Sürgün uzunluğu üzerine EMS'nin uygulama süresinin etkisi kullanılan konsantrasyona göre farklılık göstermiştir. Bu nedenle uygulama süresi × konsantrasyonun etkisi çok önemli ($P<0.01$) olmuştur (Çizelge 3). En yüksek sürgün uzunluğu kontrol ve yine 3 ve 6 saatlik uygulama sürelerinde %0.3'lük, 9 saatlik uygulamada %0.2'lik konsantrasyonda gözlenmiştir. En düşük sürgün uzunluğu ise kontrol uygulama süresinde %0.1'lik konsantrasyonda; 3, 6 ve 9 saatlik uygulamalarda ise %0.0'lik konsantrasyondan elde edilmiştir (Çizelge 4).

Fide boyu

Fide boyu üzerine etil metansülfonatın uygulama süresi ve konsantrasyonu ile bu iki faktör arasındaki interaksiyon çok önemli ($P<0.01$) olmuştur (Çizelge 3). Ortalamalar esas alınarak uygulama süresine göre değerlendirildiğinde, en uzun fide boyu 48.09 cm ile 6 saatlik uygulamadan elde edilmiş, bunu 46.66 cm ile 3 saat, 44.92 cm ile kontrol uygulamalar izlemiştir. Bu karakter bakımından son sırada 44.38 cm ile 9 saatlik uygulama yer almıştır (Çizelge 4). Konsantrasyonların ortalamaları dikkate alınarak değerlendirildiğinde, en uzun fide boyunun 48.17 cm ile %0.3'lük konsantrasyonda elde edildiği, bunu %0.2 (47.09 cm), %0.4 (45.98 cm) ve %0.1'lik (45.50 cm) konsantrasyonların takip ettiği görülmüştür. En kısa fide boyu 43.32 cm ile kontrol gruptan elde edilmiş, ancak bu konsantrasyon ile %0.1 ve %0.4'lük konsantrasyonlar arasındaki farklılıklar önemsiz olmuştur (Çizelge 4). Fide boyu üzerine EMS'nin uygulama süresinin etkisi kullanılan konsantrasyona göre farklılık göstermiştir. Bu nedenle uygulama süresi × konsantrasyonun etkisi çok önemli ($P<0.01$) olmuştur (Çizelge 3). En yüksek fide boyu kontrol ve 6 saatlik uygulama sürelerinde %0.3'lük konsantrasyonda; 3 ve 9 saatlik uygulamalarda ise %0.2'lik konsantrasyonda gözlenmiştir. En kısa fide boyu, kontrol uygulama süresinde %0.1'lik konsantrasyonda; 3 ve 9 saatlik uygulama sürelerinde %0.0'lik konsantrasyonda; 6 saatlik uygulamada ise %0.2'lik konsantrasyonda tespit edilmiştir (Çizelge 4).

TARTIŞMA VE SONUÇ

EMS, rastgele bölgelerde yüksek sıklıkta mutasyonlara (Schy and Plewa 1989) neden olması ve bunlar içerisinde kromozomal anormalliklerin sıklığının düşük olması nedeniyle tercih edilen mutagenlerden biridir. Etil metansülfonat özellikle kallus gibi hızlı bir şekilde bölünen ve çoğalan

hücrelere uygulandığında en etkili olmakta, çünkü bu sırada hücreler DNA'larını replike etmekle uğraştıklarından mutasyonların hatalı onarılma ihtimali çok yüksektir (Kilbey and Hunter, 1983). Öte yandan, EMS'nin uygulama süresi uzadıkça kağıt ortamda gelişen fide ilgili karakterlerde genel olarak bir düşüşe neden olduğu görülmekle birlikte, sürgün uzunluğunun 3 saatlik uygulama süresinde, kök kuru ağırlığının ve sürgün kuru ağırlığının ise 6 saatlik uygulama süresinde kontrole göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan, konsantrasyonların ortalamalarına göre değerlendirme yapıldığında; kök uzunluğunun %0.1, %0.2 ve %0.3'lük konsantrasyonlarda; kök kuru ağırlığı ve sürgün kuru ağırlığının %0.3'lük konsantrasyonda kontrole göre daha fazla olduğu görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen bulgulara benzer olarak kaba limonda birincil kök uzunluğu kontrolde 5.8 cm iken, EMS'nin %0.2, %0.3, ve %0.4'lük konsantrasyonlarında sırasıyla 6.3, 6.1 ve 5.9 cm olmuştur. Yine, düşük konsantrasyonlarda EMS'nin uyarıcı etkisi kök, sürgün ve fide uzunluğunda da gözlenmiştir. EMS'nin bu uyarıcı etkisinin, oksin gibi büyüme hormonunun aktivasyonunu artırarak hücrelerin bölünme hızını artırmasına bağlı olabileceği ifade edilmiştir (Zaka et al., 2004). Benzer bulgular muzda da elde edilmiştir (Omar et al., 1989). EMS ve MMS (metil metansülfonat) gibi kimyasal mutagenler uygulandığında çimlenme oranındaki aşamalı azalma fide büyümesinde de tespit edilmiştir (Sharma et al., 2013).

Mutasyonların uyarılmasında en kritik faktör mutagenin konsantrasyonu ve uygulama süresidir. Genel bir kural olarak, belli bir konsantrasyon ve uygulama süresinde mutagenin konsantrasyonu ve süresi arttıkça, normalde daha fazla mutasyon oluşmakta, ancak yüksek konsantrasyonlar ve uygulama süreleri aynı zamanda daha fazla fide hasarına ve ölüme neden olmaktadır (Jenks et al. 2007). Çeltikte arzu edilen varyasyonları uyarmak için çeşitli kimyasal (EMS ve sodyum azit) ve fiziksel (gamma ışınları, X- ışınları ve hızlı nötronlar) mutagenler yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Kimyasal mutagenler temelde nokta mutasyonlarını uyarır, bu nedenle yanlış anlamlı ve anlamsız mutasyonların elde edilmesinde ideal kimyasallardır. Buna karşın, iyonize edici radyasyonlar normalde kromozomların yeniden şekillenmelerine ve delesyonlara (kayıplara) neden olurlar (Bhat et al., 2007). Dhakshanamoorthy et al. (2010) tarafından *Jatropha curcas*'ta yapılan bir çalışmada, kuru tohumlara gama ışınları ve EMS (%1, 2, 3, 4) uygulanmış ve çimlenme oranı, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, fide boyu, bitki boyu ve diğer bazı karakterler yönünden değerlendirmeler yapılmıştır. Araştırmacı, EMS'nin %1'lik

konsantrasyonunun tohumların çimlenme oranını artırdığını, buna karşın %4'lük konsantrasyonunun azalttığını bildirmiş ve ayrıca yüksek konsantrasyonun (%4) incelenen tüm karakterler için engelleyici etki gösterdiğini kaydetmiştir.

EMS'nin hem uygulama süresi hem de konsantrasyonunun torf ortamında gelişen fidelerde incelenen karakterlerin hemen hemen tamamı (kök uzunluğu için önemli) üzerine etkisi çok önemli olmuştur. Uygulama süresinin uzaması genel olarak çıkış oranının azalmasına neden olmuştur. İlk yaprak uzunluğu, kök uzunluğu ve fide boyu (9 saat hariç) tüm uygulama sürelerinde kontrole göre daha yüksek olmuştur.

Konsantrasyonlara göre değerlendirildiğinde, uygulanan konsantrasyon arttıkça çıkış oranının azaldığı görülmüştür. Buna karşın ilk yaprak uzunluğu, koleoptil uzunluğu, sürgün uzunluğu ve fide boyu EMS'nin tüm konsantrasyonlarında kontrole göre daha yüksek olmuştur. Sakin (1998) tarafından makarnalık buğdayın (*Triticum durum* Desf.) Gediz-75 ve Sofu çeşitlerinde yapılan bir çalışmada gama ışını ve EMS'nin M₁ ve M₂ bitkileri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırmacı, EMS'yi %0,1, %0,2, %0,3 ve %0,4'lük konsantrasyonlar halinde uygulamıştır. Araştırma sonuçlarına göre; iki makarnalık buğday çeşidinde, M₁ ve M₂ bitkilerinde incelenen karakterler üzerinde mutagenlerin farklı etkiler meydana getirdiği ve bu etkilerin çeşitlere göre değiştiği belirlenmiştir. Araştırmacı, gama ışını ve EMS uygulamasının, M₁ bitkilerinde incelenen özellikler üzerinde olumsuz etkiler meydana getirdiğini ve bu etkilerin, konsantrasyon arttıkça daha da belirgin bir şekilde ortaya çıktığını kaydetmiştir. Araştırmacı, en uygun EMS konsantrasyonunun Gediz-75 için %0,4, Sofu çeşidi için ise %0,3 olduğunu belirlemiştir. Buğdayda tohum çimlenmesi ve çimlenme ile ilgili bazı karakterler üzerine EMS uygulamasının etkisini belirlemek amacıyla Bahar and Akkaya (2009) tarafından yapılan bir denemede 3 farklı EMS konsantrasyonu (0,1, 0,2 ve %0,3) uygulanmıştır. Bu uygulamaların tohum çimlenmesi, koleoptil oluşumu, ilk yaprak oluşumu, kök uzunluğu, koleoptil uzunluğu, fide boyu, fide büyüme oranı, ilk yaprak uzunluğu, kök ve sürgün yaş ve kuru ağırlıkları üzerine olan etkileri incelenmiştir. Araştırmacılar, EMS uygulamasının, değerlendirilen tüm karakterler üzerine etkili olduğunu ve EMS konsantrasyonları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğunu kaydetmişlerdir. Denemede, EMS'nin konsantrasyonu arttıkça incelenen tüm özelliklerin azaldığı tespit edilmiştir. Çeltik (*Oryza sativa* L.) tohumlarına EMS'nin %0,25, %0,50, %0,75, %1,00, %1,25, %1,50 ve %2,00'lik konsantrasyonlarının uygulandığı bir çalışmada, EMS uygulamasının tohum çimlenmesini, fide boyunu, kök uzunluğunu ve tarla koşullarında çıkışı kontrole göre azalttığı

tespit edilmiştir (Talebi et al., 2012). Araştırmacılar M₁ kuşağında farklı fiziksel ve kimyasal mutagenlerin etkilerini belirlemek için fide boyunun iyi bir ölçüt olarak kullanılabileceğini ve fide boyu ile fiziksel veya kimyasal mutagenin konsantrasyonu arasında doğrusal bir ilişki bulunduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, denemede kimyasal mutagenin konsantrasyonu arttıkça kök uzunluğunun azaldığı belirlenmiştir.

Bu çalışmada farklı süre ve konsantrasyonlarda uygulanan EMS; çimlenme ve fide ile ilgili birçok özelliği olumlu yönde etkilemiş, dolayısıyla kontrole göre artışa neden olmuşsa da Sakin (1998) tarafından buğday için önerilen %0,3 ve %0,4'lük dozlar uygulanmış olmasına rağmen, araştırmada uygulanan süre ve konsantrasyonlara göre LD₅₀ değeri belirlenmemiştir. Buna göre ileride yapılacak çalışmalarda daha yüksek konsantrasyonlar uygulanarak LD₅₀ değerinin tespit edilmesi önerilebilir.

TEŞEKKÜR

Çalışmaya destek sağlayan Atatürk Üniversitesi BAP (Proje No: 2013/143) birimi ve TÜBİTAK'a (Proje No: TOVAG 1130940) teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkıları

AHP, MT ve KH araştırmayı tasarladı ve analizlerini yaptı. AHP tabloların hazırlanması çalışmalarını yürüttü. Tüm yazarlar makalenin yazımına katkı yaptı ve makalenin yayın aşamasındaki süreçte görev alarak okuyup onayladı.

KAYNAKLAR

- Abdul-Baki, A.A., Anderson, J.D., 1970. Viability and leaching of sugars from germinating barley. *Crop Sci.*, 10 (1): 31-34.
- Bahar, B., Akkaya, M.S., 2009. Effects of EMS treatment on the seed germination in wheat. *JABS*, 3 (1): 53-58.
- Başer, İ., Bilgin, O., Korku, K., Balkan, A., 2007. Makarnalık buğdayda mutasyon ıslahı ile bazı kantitatif karakterlerin geliştirilmesi. *Ankara Üni Zir. Fak.Tarım Bilim. Derg.*, 13 (4): 346-353.
- Bhat, T.A., Sharma, M., Anis, M., 2007. Diethylsulphate and Sodium Azide in Broad Bean (*Vicia faba* L.). *Asian J. Plant Sci.*, 6 (7): 1051-1057.
- Dhakshanamoorthy, D., Selvaraj, R., Chidambaram, A., 2010. Physical and chemical mutagenesis in *Jatropha curcas* L. to induce variability in seed

- germination, growth and yield traits. *Rom. J. Biol.*, 55 (2): 113-125.
- Dobres, M.S., 2008. Barriers to genetically engineered ornamentals: an industry perspective. *Floriculture, ornamental and plant biotechnology*. Glob. Sci. Books, UK, 1-115.
- Elkoca, E., 1997. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)'de Tuza Dayanıklılık Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 82 s.
- Henikoff, S., Comai, L., 2003. Single-nucleotide mutations for plant functional genomics. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 54 (1): 375-401.
- Jenks, M.A., Hasegawa, P.M., Jain, S.M., Foolad, M., 2007. Advances in molecular breeding toward drought and salt tolerant crops. *Springer Science and Business Media*. pp. 797.
- Kaya, A., 2006. Çukurova'nın Taban ve Kıraç Koşullarında Bazı Ekmeklik Buğday Genotiplerinin Morfolojik ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 82 s.
- Kenganal, M., Hanchinal, R.R., Nadaf, H.L., 2008. Ethyl methane sulphonate (EMS) induced mutation and selection for salt tolerance in sugarcane *in vitro.*, *Indian J. Plant Physiol.*, 13 (4): 405-410.
- Kilbey, B., Hunter, F., 1983. Factors affecting mutational yield from EMS exposures of yeast (*S. cerevisiae*). *Mutation Research Letters*. 122 (1): 35-38.
- Luan, Y.-S., Zhang, J., Gao, X.R., An, L.J., 2007. Mutation induced by ethylmethanesulphonate (EMS), *in vitro* screening for salt tolerance and plant regeneration of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Plant Cell Tiss Org.* 88 (1): 77-81.
- Maguire, J.D., 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.*, 2 (2): 176-177.
- Omar, M., Novak, F., Brunner, H., 1989. *In vitro* action of ethylmethanesulphonate on banana shoot tips. *Sci. Hortic.*, 40 (4): 283-295.
- Sakin, M., 1998. Makarnalık Buğday (*Triticum durum* Desf.)'da Gama Işını ve EMS'nin Farklı Dozlarının M1 ve M2 Bitkileri Üzerindeki Etkileri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Tokat, 95 s.
- SAS, I., 2002. (Cary, United States) SAS user's guide: Statistics. 9 s.
- Schy, W.E., Plewa, M.J., 1989. Molecular dosimetry studies of forward mutation induced at the *yg2* locus in maize by ethyl methanesulfonate. *Mutat Res-Fund Mol. M.*, 211 (2): 231-241.
- Sharma, L.K., Manisha, K., M. I. S, G., Bali S. K., 2013. Germination and survival of *Citrus Jambhiri* seeds and epicotyls after treating with different mutagens under *in vitro* conditions, *Middle East J. Sci. Res.*, 16 (2): 250-255.
- Singh, R. and Kole, C., 2005. Effect of mutagenic treatment with EMS on germination and some seedling parameters in mungbean, *Crop Res-Hisar*, 30 (2): 236-240
- Till, B.J., Colbert, T., Tompa, R., Enns, L.C., Codomo, C.A., Johnson, J.E., Reynolds, S.H., Henikoff, J.G., Greene, E.A., Steine, M.N., 2003. High-throughput TILLING for functional genomics. *Funct. Plant Biol.*, 236: 205-220.
- Tosun, M., 2015. Mutasyon Islahı. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ders Yayınları No: 248, Erzurum, 364 s.
- Zaka, R., Chenal, C., Misset, M., 2004. Effects of low doses of short-term gamma irradiation on growth and development through two generations of *Pisum sativum*. *Sci. Total Environ.*, 320 (2): 121-129.



Sentetik Piretroidlere Genel Bakış

Onur GÜNTAY^{1,*}, Hürsel ÇAY², Burçin DURUSEL², Yiğit TERZİ³

¹Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Moleküler Biyoloji Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

²Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Temel ve Endüstriyel Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, İzmir
Türkiye

³Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

*Sorumlu yazar e-mail: onurrguntay@gmail.com

doi: 10.17097/ataunizfd.691417

Geliş Tarihi (Received): 19.02.2020 Kabul Tarihi (Accepted): 03.04.2021 Yayın Tarihi (Published): 29.05.2021

ÖZ: Zararlılar ile mücadelede yenilikçi, etkili ve çevre dostu yöntemlerin geliştirilmesine karşı duyulan ihtiyaç, artan nüfus ve yetersiz altyapı nedeniyle gün geçtikçe artmaktadır. Günümüzde zararlı mücadelesinde kullanılan en yaygın insektisit gruplarından biri piretroidlerdir. Hızlı etki göstermesi, diğer insektisit gruplarına göre nispeten düşük memeli toksisitesi gibi birçok nedenden ötürü tüm dünyada yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu derlemede; piretroidlerin genel özellikleri, kimyasal yapıları, kullanım alanları, etki mekanizmaları ile dikkatsiz ve sık kullanım sonucu ortaya çıkan direnç sorunlarına değinilmiştir. Ayrıca bütün olumlu yönlerine rağmen, piretroidlerin kullanımı sonucu ortaya çıkan ekolojik zararlardan bahsedilmektedir. Piretroidlerin dikkatsizce ve bilinçsizce kullanımı, birçok ekolojik problemi de beraberinde getirmektedir. Doğada biriken bu toksik maddelerin kısa sürede, çevreci ve ekonomik olarak maliyeti düşük bir prosesle ortadan kaldırılması ülkelerin politikası haline gelmiştir. Biyodegradasyon bu alanda alternatif bir çözüm yoludur ve kontamine olmuş bölgelerin iyileştirilmesinde kullanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Piretroid, Pestisit, Zararlılar, Biyodegradasyon, İnsektisit direnci

An Overview of Synthetic Pyrethroids

ABSTRACT: The need for developing innovative, effective and environmentally friendly methods of pest management is increasing day by day due to the overpopulation and insufficient infrastructure. One of the most common insecticide groups used in pest control is pyrethroids. It is widely preferred all over the world for many reasons such as its rapid effect and relatively low mammalian toxicity compared to other insecticide groups. In this review, we discussed the general properties of pyrethroids, their chemical structures, application areas, mode of actions and resistance problems caused by careless and frequent use. Despite all its positive aspects, ecological damage caused by the use of pyrethroids is mentioned. Due to the careless use of pyrethroids that are seen as harmless, it brings with it many environmental problems. It is the policy of many countries to eliminate these toxic substances in the environment in a short time, environmentally friendly and economically low-cost process. Biodegradation is an alternative solution and is used to improve contaminated areas.

Keywords: Pyrethroid, Pesticide, Pest, Biodegradation, Insecticide resistance

GİRİŞ

Popülasyonları belli bir seviyenin üzerine çıkan, mahsul/meyve/ürün verimlerinde ve depolanan ürünlerde ekonomik kayıplara neden olan, insan sağlığını tehdit eden veya bazı alanlarda (ev, depo gibi) bulunmaları rahatsızlık yaratan organizmalara zararlı tür denilmektedir (Omkar, 2018). Zararlılar taksonomik olarak böcekler, yabancı otlar,

kemirgenler, nematodlar, akarlar gibi farklı gruplar altında toplanabilirler. İnsan aktiviteleri, bu zararlı türlerin çoğalmasında ve istilasında büyük rol oynamaktadır. Bugün, dünya nüfusunun %55'inden fazlası şehirlerde yaşamaktadır ve bu oranın 2050 yılına kadar %68'e ulaşacağı tahmin edilmektedir (United Nations, 2019). Entomologlar, insanlar ve

Bu makaleye atıfta bulunmak için / To cite this article: Güntay, O., Çay, H., Durusel, B., Terzi, Y., 2021. Sentetik Piretroidlere Genel Bakış. Atatürk Univ. Ziraat Fak. Derg., 52 (2): 201-223. doi: 10.17097/ataunizfd.691417

^aORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1318-633X> ^bORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2842-1611>

^cORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4537-5327> ^dORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2572-7508>



evcil hayvanlar için yaşam ve sağlık kalitesiyle yakından ilişkili olan zararlıları etkin bir şekilde kontrol etmek için sürdürülebilir uygulamalar geliştirmektedir (Zhu et al., 2016). Bu nedenle zararlı kontrolü insanlar, kurumlar ve ülkeler için zorunlu hale gelmektedir.

Zararlı türler ile mücadelede kullanılan birçok farklı savaşım yöntemi vardır. Fiziksel ve mekanik savaşım, kültürel savaşım, biyolojik savaşım ve kimyasal savaşım bunlara örnek olarak verilebilir. Zararlı türlerin mücadelesinde uzun vadeli başarı sağlanması için, ekonomik ve çevresel kaygıları gidermeye yönelik sürdürülebilir savaşım yöntemleri kullanılmalıdır. Bu nedenle en etkili savaşım yöntemlerinin seçildiği entegre mücadele yaklaşımları geliştirilmektedir. Entegre mücadele yaklaşımı, önleyici ve iyileştirici savaşım yöntemlerinin önce kullanılmasını ve yalnızca acil bir ihtiyaç olduğunda sentetik ilaçların uygulanmasını benimsemektedir (Green et al., 2020). Zararlı mücadelesinin başarısı, popülasyonları ve süreci sürekli izleyerek durumu takip etmeye dayanmaktadır (Dhang, 2014). Zararlı mücadelesinde amaç, popülasyonları ya da türleri yok etmek değil, kontrol altında tutmaktır.

Günümüzde zararlı türlerin mücadelesinde kimyasal mücadele yöntemleri daha çok tercih edilmektedir. Tarım ürünlerinde ekonomik kayıp oluşturan organizmalar ile mücadelede de kullanılan ve onları öldüren/kaçıran kimyasal ürünlere genel olarak pestisit adı verilir. Pestisitler, hedef organizmanın taksonomisine göre farklı isimlendirmelere sahiptir. Örneğin böceklerle karşı kullanılan pestisitler insektisit, kemirgenlere karşı kullanılanlar rodentisit, yabancı otlar için olanlar ise herbisit olarak isimlendirilmektedir.

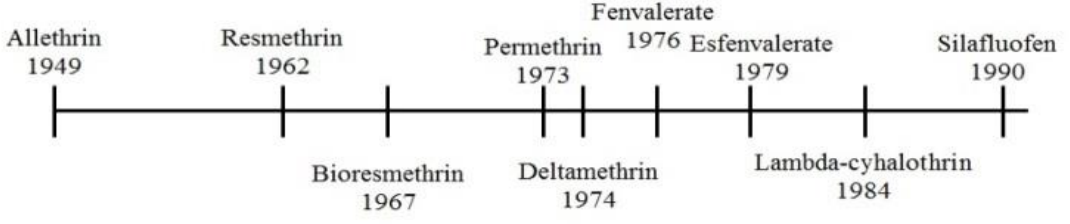
Insektisitler; halk sağlığında, tarımda ve veterinerlikte sıklıkla kullanılan kimyasal pestisitlerdir. Genellikle kimyasal yapılarına veya etki mekanizmalarına göre sınıflandırılırlar. IRAC (Insecticide Resistance Action Committee), insektisitleri etki mekanizmalarına göre 32 farklı grupta sınıflandırmaktadır. Etki mekanizması hala net olarak bilinmeyen birçok insektisit ise sınıflandırılmamış olarak bu listede yer almaktadır. Listede yer alan bazı insektisitler farklı ülkelerde farklı kullanım alanlarına sahiptir. Insektisitlerin bir kısmının kullanımı, zararlı yan etkilerinden dolayı birçok ülkede yasaklanmıştır. Insektisitler içerisinde sıklıkla kullanılan piretroidler, yıllarca dünya insektisit pazarının yaklaşık %20-25'ini oluşturmuştur ancak bu oran son yıllarda %17 seviyesine gerilemiştir (Khambay and Jewess, 2010).

Piretroidler Genel Özellikleri

Piretroidler, *Chrysanthemum* sp. (Asterales: Compositae) bitkilerinde bulunan insektisit özellikli 6 esterinin (piretrinler) moleküler yapılarının değiştirilmesiyle sentezlenmektedir. Bu bileşiklerin temel yapısal özellikleri iki İsviçreli kimyacı olan ve daha sonra kimya alanındaki öncü keşifleri için Nobel Ödülü'ne layık görülen Hermann Staudinger ve Leopold Ruzicka tarafından 1910-16 arasında aydınlatılmış ancak 1924'de rapor edilmiştir (Casida, 1980). Piretrum çiçekleri, vücut bitlerinin kontrolü için Kafkas kabileleri tarafından 1800'lerin başlarında kullanılmıştır (West, 1959). Çiçekler ticari olarak ilk kez 1828'de Ermenistan'da üretilmiştir. Daha sonra 1840'lı yıllarda Yugoslavya'da ve Japonya'da da üretime başlanmıştır. 1. ve 2. Dünya Savaşı sonrasında ise üretim Doğu Afrika'da merkezlenmiştir (West, 1959; Casida, 1980). İlk ticari piretrum bitkisi *C. cinerariifolium*, Compositae familyasından çok yıllık otsu bir bitkidir. Piretrinler, bu piretrum bitkilerinin aken salgı kanallarında yerleşirler, burada foto-kompozisyondan korunurlar ve çiçeklerle etkileşim içinde olup onlardan beslenen böcekler için toksik değildirler. Her bir çiçek yaklaşık 3-4 mg piretrin içermektedir (Casida, 1980).

Staudinger ve Ruzicka, 1910-16 yılları arasında, henüz insektisit etkisi olmayan yaklaşık 100 aday piretroid hazırlamıştır. Staudinger, Ruzicka, LaForge, Barthel ve Schechter, piretrin yapılarının bazı detaylarını düzelttikten sonra, bir allil grubunu, alkol kısmındaki pentadienil yan zinciri ile yer değiştirerek basit bir sentetik analog elde etmiştir. Keşfi 1949 yılında yapılan ve ilk ticari piretroid olan bu etken maddeye allethrin adı verilmiştir. Daha sonraki yıllarda yeni pek çok piretroid keşfedilmiştir (Casida, 1980). 1950'lerden bu yana zararlı türlerin kontrolü, entegre mücadele yöntemlerine piretroidler ve diğer birçok insektisitlerin dahil edilmesiyle hız kazanmıştır.

Sentetik piretroidler, 1940-1970 yılları arasında yoğun süren denemeler süresince test edilmiş ve tetramethrin, resmethrin gibi bileşikler geliştirilmiştir. Böcek öldürücü aktivitelerinin yüksek olmasından dolayı günümüzde dahi çeşitli alanlarda ticari böcek öldürücüler olarak kullanılmaktadırlar (Soderlund and Bloomquist, 1989). 1970'lerin ortasındaki permethrin ve deltamethrin keşfi (Şekil 1) ile, tarımsal alanlarda kullanıma elverişli fotostabilite özellikleri sayesinde piretroidler, bugünün baskın insektisit sınıflarından biri olarak kullanılmaktadır (Soderlund, 2008).

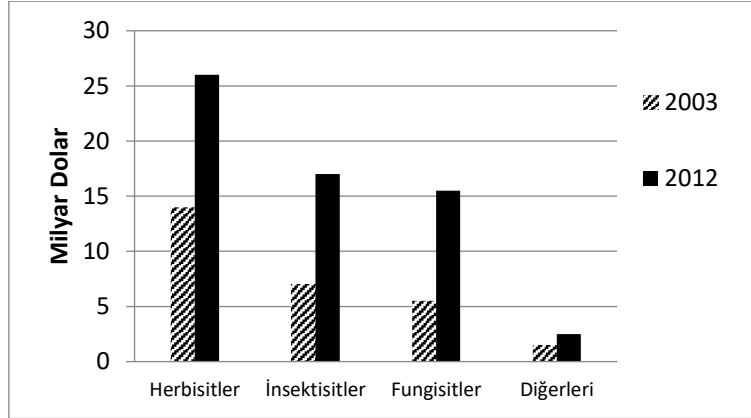


Şekil 1. Bazı piretroidlerin kronolojik keşfi
Figure 1. Chronological discovery of certain pyrethroids

Günümüzde piretroid grubu içerisinde 42 farklı etken madde bulunmaktadır, bunlar: Acrinathrin, allethrin, d-cis-trans allethrin, d-trans allethrin, bifenthrin, bioallethrin, bioallethrin s-cyclopentenyl, bioresmethrin, cycloprothrin, cyfluthrin, beta-cyfluthrin, cyhalothrin, lambda-cyhalothrin, gamma-cyhalothrin, cypermethrin, alpha-cypermethrin, beta-cypermethrin, theta-cypermethrin, zeta-cypermethrin, cyphenothrin [(1r)-trans-isomers], deltamethrin, empenthrin [(ez)-(1r)-isomers], esfenvalerate, etofenprox, fenpropathrin, fenvalerate, flucythrinate, flumethrin, tau-fluvalinate, kadathrin, pyrethrins (pyrethrum), halfenprox, phenothrin [(1r)-trans-isomer], prallethrin, resmethrin, silafluofen, tefluthrin, tetramethrin, tetramethrin [(1r)-isomers], tralomethrin, transfluthrin ve permethrin olarak sıralanabilir (IRAC, 2019).

1995 yılına kadarki verilere göre piretroid satış oranı, dünyadaki böcek ilacı pazarının ABD doları

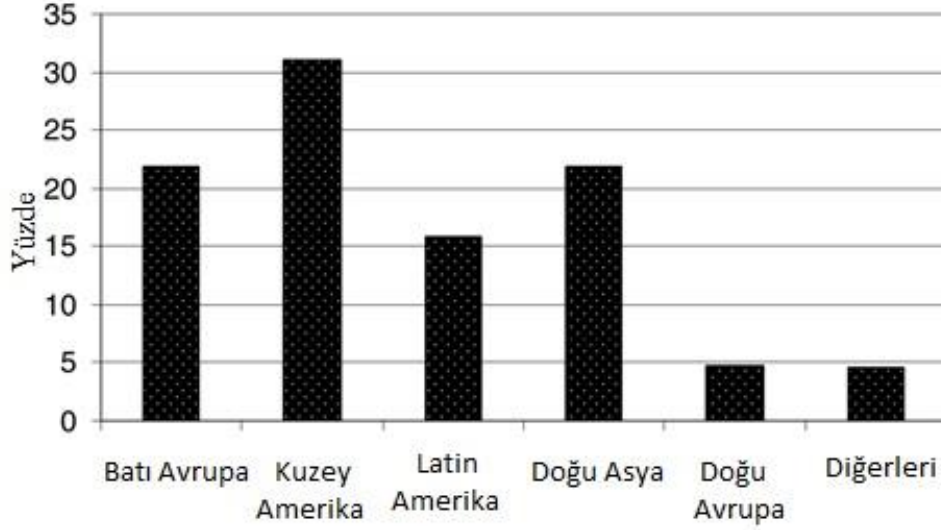
değerinin yaklaşık %23'ünü temsil edecek şekilde 2,1 milyar dolara yükselmiştir (Casida and Quistad, 1998) ancak 2005 yılına gelindiğinde bu satış oranı %17'ye gerilemiştir (Khambay and Jewess, 2010). Toplam küresel pestisit satışlarına bakıldığında 2002'de bir miktar düşerek yıllık yaklaşık 25 milyar dolara gerilemiş ancak 2003 yılında tekrar 26,7 milyar dolara yükselmiştir. Bu satışların neredeyse %50'sini herbisitler, %25'ini insektisitler ve %21,6'sını fungusitler ve diğer ürünler oluşturmaktadır (Şekil 2). Dünya pestisit harcamaları 2012'de yaklaşık 56 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir (Atwood and Paisley-Jones, 2017). Dünya genelinde yıllık ortalama 3,3 milyon tondan fazla pestisit kullanılmaktadır (FAO, 2021). Ülkemizde ise 2001 yılında, 23 bin tona yakın pestisit üretilmiş, 2013 yılında ise bu rakam 35 bin tona yaklaşmıştır (Arslan ve Çiçekgil, 2018).



Şekil 2. 2003 ve 2012 yıllarındaki pestisit harcamaları
Figure 2. Pesticide sales in 2003 and 2012

Pestisit pazarında en büyük marketi Kuzey Amerika oluştururken, Doğu Asya, Batı Avrupa ve Latin Amerika kalan pazar payını yaklaşık oranlar (Şekil 3) ile bölüşmektedir (Matthews, 2016). 2002 yılında Türkiye'deki insektisit kullanımı 2,2 bin ton olarak belirlenmiştir (Delen ve ark., 2005). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre, 2018 yılında ise ülkemiz tarımsal alanlarında

60 bin tondan fazla pestisit kullanılmıştır ve bunların 16 bin tonunu insektisitler oluşturmuştur (FAO, 2021). 2015 yılı verilerine göre en yoğun ilaçlama yapılan tarımsal alanların olduğu bölgeler sırasıyla; Akdeniz, Ege, İç Anadolu, Marmara, Doğu Anadolu, Güney Doğu Anadolu ve Karadeniz bölgeleridir (Arslan ve Çiçekgil, 2018).



Şekil 3. Bölgelere göre pestisit satışları (Matthews, 2016'dan değiştirilerek)
Figure 3. Pesticide sales by region (Modified from Matthews, 2016)

Piretroidler, hızlı etki gösteren, yüksek böcek öldürücü aktiviteye sahip ve düşük memeli toksisitesi nedeniyle birçok zararlı eklembacaklı türün mücadelesinde kullanılmaktadır (Rinkevich et al., 2013). Piretroidler çok başarılı pestisitlerdir, ancak kullanımıyla ilgili bazı problemler vardır. Doğal olarak oluşan esterler ışıkla kolayca bozulur ve bileşikler kararsızdır, bu da havaya ve güneş ışığına maruz kaldığında kolay ve hızlı oksidasyona yol açmaktadır. Bu durum yükseltgenme bileşiklerinin detoksifikasyonu sonucunu verir. Doğal piretroidler ayrıca onları hedef organizmada hızlı detoksifikasyona karşı savunmasız bırakan yapılar içerir. Bu özelliklerin bir sonucu olarak piretroidler, yağlı bir emülsiyon içinde stabilizatörler eklenerek kullanılmaktadır (Stenersen, 2004).

Piretroidler Kimyasal Yapıları

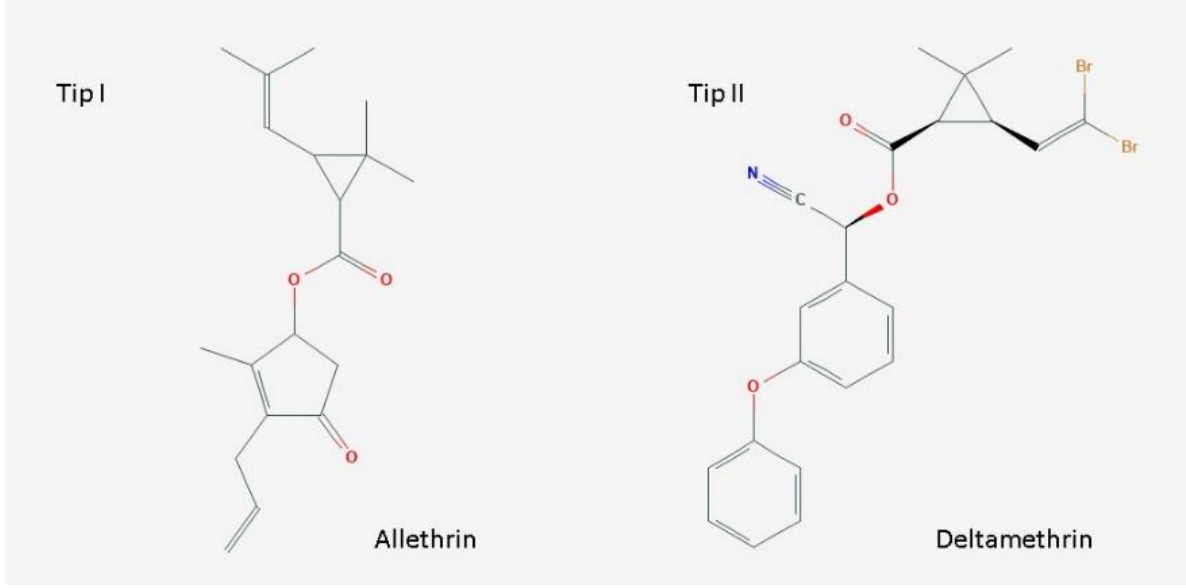
Bütün piretroidler, bir asit kısmı, bir merkezi ester bağı ve bir alkol kısmı içeren, suda neredeyse çözünmeyen, lipofilik bileşiklerdir (Perry et al., 1998). Bu bakımdan organoklorlu böcek öldürücülere benzerler, ancak çoğu organofosfatlı insektisitlerden farklıdır. Asit kısmı iki kiral karbona sahip olduğundan piretroidler tipik olarak stereoizomerik bileşikler (trans ve cis) olarak bulunur. Doğal piretrinlerin asit grupları 1R trans konfigürasyonundadır (Soderlund et al., 2002). Ek olarak, bazı piretroidler ayrıca alkol parçası üzerinde toplam sekiz farklı stereoenantiyomer sağlayan bir

kiral karbona sahiptir. Piretroidler stereo-spesifik olduğundan, sodyum kanalları üzerindeki etkileri, böcek öldürücü aktiviteleri ve memeli toksisiteleri bu kimyasal özelliklerine göre değişiklik gösterir. Trans izomerleri, genellikle cis izomerlerden daha az toksiktir, çünkü ester bağının hidrolizi yoluyla daha kolay metabolize edilebilirler (Costa, 2015; Smith et al., 2016).

Piretroidler, her biri farklı biyolojik aktiviteye sahip en az dört stereoizomer olarak bulunabilir. Rasemik karışımlar veya tek izomerler (örneğin deltamethrin) olarak pazarlanabilir ve farklı izomerler ticari önemlerini yansıtabilecek şekilde ayrı ortak isimlere sahip olabilir (Bradberry et al., 2005).

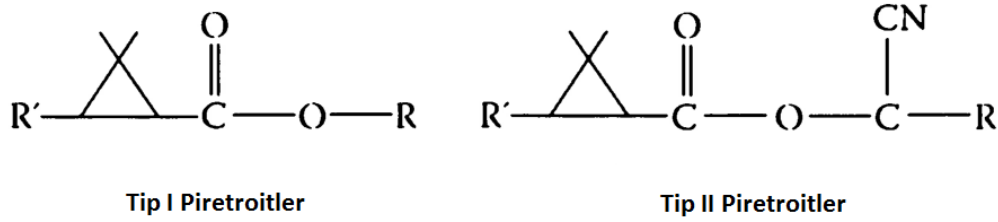
Ticari piretroid formülasyonlarının toksikolojisi, birlikte formüle edilen sinerjistler ile değerlendirilmelidir. Piperonil bütoksit (PBO), kullanılan en yaygın sinerjisttir. "Sinerjizm" terimi iki bileşimin birlikte, bireysel faaliyetlerinin toplamından daha uyumlu bir aktivite gösterdiği durumlar için kullanılır. Sıklıkla bu bileşenlerden biri ya daha az toksiktir ya da hiç toksik değildir ve diğer bileşen ile kullanıldığında aktiviteyi belirgin bir şekilde artırmaktadır (Perry et al., 1998).

Genel olarak, Tip I piretroidlerde bir α -siyano grubu bulunmazken (Şekil 4 ve 5), Tip II piretroidlerde α -siyano grubu bulunur (Scott and Matsumura, 1983; Soderlund, 2011; Yu, 2014; Costa, 2015).



Şekil 4. Tip I (solda) ve tip II (sağda) piretroid insektisitlerin yapısı. Gösterilen piretroidler allethrin ve deltamethrindir (National Center for Biotechnology Information, 2021)

Figure 4. Structure of type I (left) and type II (right) pyrethroid insecticides. The pyrethroids shown are allethrin and deltamethrin (National Center for Biotechnology Information, 2021)



Şekil 5. Tip I ve tip II piretroidlerin genel yapısı (Yu, 2014'den değiştirilerek)

Figure 5. General structure of type I and type II pyrethroids (Modified from Yu, 2014)

Metabolik stabilitenin artırılması için, birçok araştırmacının piretroidlerdeki ester bağlantısını değiştirmek temel amacı olmuştur. Nonester piretroidlerin önemli bir özelliği, balıklara karşı düşük toksisiteleleridir. Bununla birlikte, ester piretroidlerinin bile tarlalarda beklenenden daha düşük toksisite gösterdiği belirtilebilir. Nonester piretroidler henüz önemli bir ticari etki yapmamıştır (Khambay and Jewess, 2010). Permethrin, cypermethrin, deltamethrin gibi daha kararlı piretroidler, yapılarındaki düzeltmeler ile daha fotostabil hale getirilen bileşiklerdir (Perry et al., 1998).

Piretroidlerin Kullanım Alanları

Mevcut tahminler, gelecekteki nüfusun ve ekonomik büyümenin, yıllık 2 ila 4 milyar ton tahıl artışı da dahil olmak üzere mevcut gıda üretiminin iki katına çıkmasını gerektireceğini göstermektedir

(Tubiello et al., 2007). Hasat sonrası zararların ekonomik maliyeti, söz konusu zararlılardan kaynaklanan zararı tam olarak tahmin etmek zor olsa bile, her zaman bir risktir. Kullanılan tüm pestisitlere rağmen, böceklerin her yıl dünyanın gıda mahsulünün %45'inden fazlasını tahrip ettiği düşünülmektedir (Abhilash and Singh, 2009). Tropikal ülkelerde, yüksek sıcaklık ve nem nedeniyle zararlıların hızla çoğalması, mahsul kaybını daha da arttırmaktadır (Lakshmi, 1993).

Zararlı mücadelesinin insektisitler ile sürdürülebilirliği, direnç gelişimi ve sınırlı sayıda ticari insektisit çeşidi olmak üzere iki ana sınırlama ile karşı karşıyadır (Smith et al., 2016). Zararlı istilasını kontrol etmek için pestisitlerin vazgeçilmez kullanımı insan sağlığı ve çevre ile ilgili kaygıları ortaya çıkarmıştır. Bu endişeler, gelişmekte olan ülkelerde, tarım ilaçlarının bilinçsiz kullanılmasından

ve İyi Tarım Uygulamaları Mevzuatları'nı (İTU) benimsemekten dolayı daha belirgindir.

Pek çok piretroid, toprak zararlılarına [örneğin *Diabrotica balteata* (Coleoptera: Chrysomelidae)] karşı kontakt olarak yüksek aktivite sergilemesine rağmen, genellikle yüksek uçuculuğa sahip olmadıkları için (empenthrin hariç) geniş tarımsal alanlarda çok etki gösterememektedir (Elliott, 1977; Khambay et al., 1999). Buna rağmen tarımsal alan uygulamalarında diğer üç temel insektisit grubunun, yani organoklorluların, organofosfatların ve karbamatların en güçlü bileşiklerinden on kat daha etkilidirler (Elliott, 1977; Herve, 1985). Birçok üründe cıvz larvalara, özellikle pamuktaki *Heliothis* (Lepidoptera: Noctuidae) ile *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae) türlerine ve orman ağaçlarındaki bazı böceklere karşı oldukça etkililerdir. Ayrıca meyve, yağlı tohum, sebze gibi mahsullere zarar veren Coleoptera, Diptera ve Heteroptera türlerinin erginlerine, yumurtalarına ve larvalarına karşı da etkilidirler (Perry et al., 1998).

Insektisit emdirilmiş cibinlik uygulamaları (LLIN) için kullanılan tek insektisit sınıfı piretroidlerdir. Bu uygulama Afrika ülkelerindeki yerel halklar tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca piretroidler, kapalı alan yüzey püskürtmede (IRS) kullanılan baskın insektisit sınıfıdır (Riveron et al., 2014). Günümüzde IRS, sıtma kontrolü gibi birçok uygulamada genellikle evlerin ve fabrikaların iç yüzeylerine (duvarlar, çatılar) püskürtülebilen

kararlı bir böcek öldürücü formülasyon ile uygulanmaktadır. Uygulamanın etkinliği sadece molekülün kimyasal yapısına ve özelliklerine bağlı değildir. Hedef türlerin ilaca karşı duyarlılığı, püskürtme malzemesinin kalitesi (doz dağıtımı ve kapsama alanı) ve kontakt alım gibi belirli faktörlere de bağlıdır. Bifenthrin, α -cypermethrin, deltamethrin, cyfluthrin ve etofenprox, Dünya Sağlık Örgütü'nün IRS için önerdiği piretroidlere örnek olarak gösterilebilir. Duman veya sise benzeyen çok ince damlacıklar oluşturmak için sıvı kimyasalın hızlı bir şekilde ısıtılmasıyla üretilen alan püskürtme/sisleme, bir diğer pestisit uygulama işlemidir. Sentetik piretroidlerin yanında doğal piretrum ekstraktları da bu işlem için kullanılmaktadır (Prato et al., 2011).

Ülkemizde çeşitli nedenlerden dolayı kullanımı yasaklanmış pek çok piretroid aktif maddesi bulunmaktadır. Bu nedenler arasında en önemlisi, hedef dışı organizmalar üzerindeki toksik etkileridir. Sağlık Bakanlığı, Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, Çevre Sağlığı Dairesi Başkanlığı tarafından yayımlanan, biyosidal ürünler içerisinde kullanımına izin verilen aktif maddeler listesi ile ülkemizde kullanılan aktif maddeler belirtilmektedir. Bu ürünler içerisinde bazı piretroidler de bulunmaktadır (Çizelge 1). Benzer şekilde, Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından, ülkemizde bitki koruma ürünü olarak kullanımı yasaklanmış aktif maddeler listesi de yayımlanmaktadır. Bu liste içerisinde pek çok piretroid yer almaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 1. Türkiye'de Biyosidal Ürünlerde Kullanımı Onaylanan Piretroidlerin Listesi (Sağlık Bakanlığı, 2021)
Table 1. List of Pyrethroids Approved for use in Biocidal Products in Turkey (Ministry of Health, 2011)

Biyosidal Ürünlerde Kullanımı Onaylanan Piretroid Grubu Aktif Maddeler Listesi		
Aktif Madde İsmi	Onay Başlangıç Tarihi	Onay Bitiş Tarihi
Bifenthrin	01/02/2013	31/01/2023
Cyfluthrin	01/03/2018	28/02/2028
lambda-Cyhalothrin	01/10/2013	30/09/2023
Cypermethrin	01/06/2020	31/05/2030
alpha-Cypermethrin	01/07/2016	30/06/2026
Cyphenothrin	01/02/2020	31/01/2030
Deltamethrin	01/10/2013	30/09/2023
Etofenprox	01/07/2015	30/06/2025
Phenothrin	01/09/2015	31/08/2025
Transfluthrin	01/11/2015	31/10/2025
Permethrin	01/05/2016	30/04/2026

Bu listede yer almayan; tetramethrin, tetramethrin [(1R)- isomers], prallethrin, pyrethrin (pyrethrum) ve d-trans allethrin aktif maddeleri,

henüz değerlendirilmekte olduğundan ülkemizde kullanımlarına geçici olarak izin verilmektedir (Son Güncelleme: 28.05.2020).

Çizelge 2. Türkiye’de Bitki Koruma Ürünleri İçin Kullanımı Yasaklanan Piretroidler (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021)

Table 2. *Pyrethroids Banned for Plant Protection Products in Turkey* (Ministry of Agriculture and Forestry, 2021)

Bitki Koruma Ürünleri İçin Kullanımı Yasaklanan Piretroidler			
Aktif Madde İsmi	İthalatının Sonlandırılma Tarihi	İmalatının Sonlandırılma Tarihi	Kullanımının Sonlandırılma Tarihi
Bifenthrin	31.08.2020	15.10.2020	30.09.2021
Bioallethrin	31.08.2009	31.08.2009	31.08.2011
Cyfluthrin	31.08.2020	15.10.2020	30.09.2021
beta-Cypermethrin	31.12.2008	31.12.2008	31.12.2010
Fenprothrin	30.06.2010	30.06.2010	31.08.2011
Fenvalerate	31.08.2009	31.08.2009	31.08.2011
Flucythrinate	31.12.2008	31.12.2008	31.12.2010
Halfenprox	31.12.2008	31.12.2008	31.12.2010
Resmethrin	31.12.2008	31.12.2008	31.12.2010
Tralomethrin	31.12.2008	31.12.2008	31.12.2010
Permethrin	31.12.2008	31.12.2008	31.12.2010

Piretroidlerin Etki Mekanizmaları

Piretroid insektisitler, voltaj duyarlı sodyum kanalıyla (VSSC) etkileşime geçen nörotoksinlerdir (Ffrench-Constant and Benedict, 2000; Smith et al., 2016). Sodyum kanalları aktivasyona (açılış) ve ardından etkisizleştirme ve devre dışı bırakmaya (kapanmaya) maruz kalmaktadır. Kapalı ve açık durumlar arasındaki geçit geçişleri, elektrik uyarılarının üretilmesi ve yayılması ile karmaşık bir şekilde bağlantılıdır. Voltaj-duyarlı sodyum kanalları, her uyarılabilir hücre tipinde bulunan ve elektriksel aksiyon potansiyelini oluşturarak sodyum iyon geçirgenliğini arttıran kanal yapılarıdır (Hille, 2001). Voltaj kapılı sodyum kanalları, sinir sistemi ve diğer uyarılabilir hücrelerde aksiyon potansiyellerinin başlatılması ve yayılması için gereklidir. Omurgalılarda sodyum kanalları nöron, glial, nöroendokrin, kalp ve iskelet kası hücrelerinde bulunurken, böceklerde sadece nöron hücrelerinde bulunmaktadır (Soderlund, 2005).

Böceklerde sodyum kanalları, yaklaşık 260 kDa’lık bir por yapısı olan α -alt birimine ve yardımcı tipE alt birimine sahiptir. Memeli sodyum kanallarında tipE alt birimi yerine, β -alt birimi yer almaktadır. α -alt birimi, her biri altı transmembran segmentten oluşan (S1-S6) dört homolog tekrar (I-IV) içerir (Şekil 6). Her tekrardaki S1-S4 segmentleri, voltaj sensörü olarak işlevsellik kazanmıştır. S5 ve S6 segmentleri ile S5 ve S6 segmentlerini birbirine bağlayarak halka oluşturan bölge ise (P bölgesi) por yapısını oluşturan alanları temsil etmektedir. Por yapısından sorumlu bu bölgelerde bulunan aminoasit dizilimi, seçici filtre (DEKA motifi) olarak isimlendirilir (Şekil 6) ve

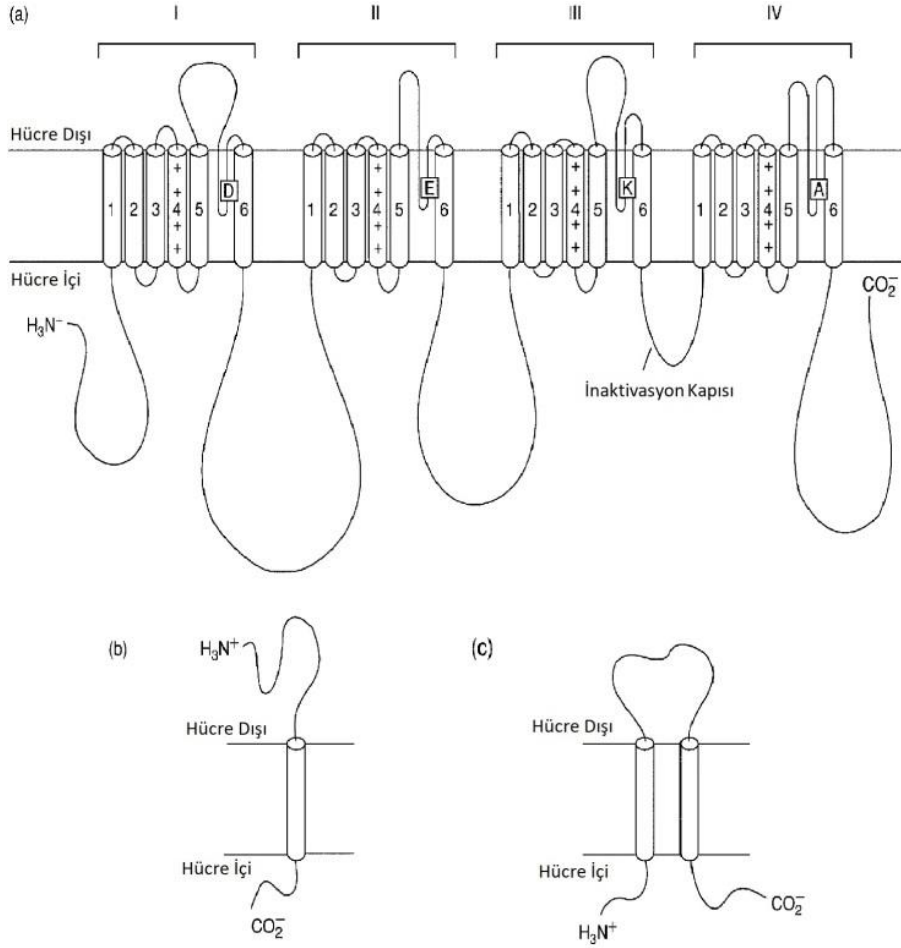
fonksiyonel sodyum kanal proteinine özgüdür. DEKA motifini oluşturan aminoasitlerden üçüncü ve dördüncü homolog domainler arasında ise inaktivasyon kapısı peptidi bulunmaktadır (Soderlund, 2005; Rinkevich et al., 2013).

Tip I piretroidlerin kullanımı, tüm vücudun titremesine, saldırgan davranışa, aşırı duyarlılığa ve ataksi ile karakterize edilen tremor tip sendromu (T) bandına neden olabilir. Kapalı durumdaki sodyum kanallarına bağlanmayı tercih ederler. Tip II piretroidler ise salivasyona, koreoatetoz salivasyon sendromuna (CS) ve memelilerde motor fonksiyon bozukluğuna neden olabilir ve genellikle açık durumdaki sodyum kanallarına bağlanmayı tercih etmektedir (Chrutek et al., 2018).

Böceklerde ilk defa sodyum kanalı α -alt birim geni olarak *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae) DNA kütüphanelerinden elde edilen *dsscl* geni öne sürülmüştür (Okamoto et al., 1987). *dsscl* lokusu, 2R kromozomu üzerindeki 60E5 sitogenetik bölgesinde bulunmaktadır (Adams, 2000). Özellikle pupa ve erginlerde *dsscl* kaynaklı transkriptler retina ve merkezi sinir sisteminde bol miktarda olmak üzere, neredeyse her nöronda gen ifadesi gerçekleşmektedir (Soderlund, 2005). Uzun bir süre *dsscl* sodyum kanalı geni olarak kabul edilmiştir, çünkü genel topolojisi ve dizisi bakımından omurgalı sodyum kanallarıyla benzerlik göstermektedir. Ancak voltaj-duyarlı sodyum kanalları için iyon seçiciliğini belirleyen DEKA motifi (şekil 6), *dsscl* gen ailesinde korunmamıştır. Bunun yerine, *dsscl* ve ortologlarının tümü bir DEEA motifini içermektedir. *Xenopus* (Anura: Pipidae) oositlerinde yapılan *dsscl* kanallarının

fonksiyonel analizi, bu kanalların kalsiyuma karşı yüksek geçirgenliğe sahip yeni bir voltaj kapılı kation kanalını temsil ettiklerini ortaya koymuştur (Zhou et al., 2004; Zhang et al., 2011; Dong et al., 2014). Memeli sodyum kanallarının moleküler ve

fonksiyonel analizlerinden sonra elde edilen bilgiler ile günümüzde, böceklerdeki voltaj kapılı sodyum kanalı hakkında daha fazla bilgiye ulaşmak mümkündür (Catterall, 2000).



Şekil 6. Omurgalı ve böcek sodyum kanalı alt birimlerinin yapısının şematik gösterimleri. (a) Sodyum kanalı α -alt birimi, her biri altı hidrofobik transmembran segmenti içeren (1-6) dört dahili homolog domain (I-IV). Ayrıca, sodyum kanalı fonksiyonu ile ilgili diğer yapısal elemanlar da gösterilmiştir: voltaj sensörü oluşturan S4'deki çoklu pozitif yüklü tortular (+), por oluşturan bölgelerde bulunan seçici filtreyi (DEKA motifi) oluşturan dört amino asit ve üçüncü ile dördüncü homolog domainler arasındaki inaktivasyon kapısı peptidi. (b) Omurgalı sodyum kanalı yardımcı β -alt birimi. (c) Böcek sodyum kanalı yardımcı tipE alt birimi (Soderlund, 2005'den değiştirilerek)

Figure 6. Schematic representation of the structure of vertebrate and insect sodium channel subunits. (a) Sodium channel α -subunit, (1-6) four internal homologous domains (I-IV), each containing six hydrophobic transmembrane segments. Further structural elements related to sodium channel function are shown: multiple positively charged residues (+) in the voltage sensor-forming S4, four amino acids forming the selective filter (DEKA motif) in the pore-forming regions, and the inactivation gate between the third and fourth homologous domains peptide. (b) The vertebrate sodium channel auxiliary β -subunit. (c) Insect sodium channel auxiliary type E subunit (Modified from Soderlund, 2005)

İlk böcek sodyum kanalı geni (daha sonra DmNav olarak adlandırılan para geni) sıcaklığa duyarlı paralitik mutasyonlara dayanarak yine *D. melanogaster*'den klonlanmıştır. DmNav lokusu, *D. melanogaster*'in X kromozomu üzerindeki 14D'deki sitogenetik lokasyonda bulunmaktadır. DmNav lokusundan elde edilen genomik DNA ve cDNA klonlarının dizi analizleri, DmNav proteininin voltaj-duyarlı sodyum kanal proteini α -alt biriminin tüm yapısal özelliklerine sahip olduğunu ve omurgalılardaki ortoloğu ile %50'den fazla aminoasit dizisi benzerliği gösterdiğini ortaya koymuştur (Loughney et al., 1989; Soderlund, 2005).

Böcekler sadece tek bir işlevsel sodyum kanalı genine sahiptir (Soderlund, 2008). Bununla birlikte, böcek sodyum kanalı gen ifadesi gerçekleşirken, işlevsel ve farmakolojik olarak farklı özelliklerde birçok sodyum kanalı varyantları üretimine neden olan alternatif splicing ve RNA modifikasyon basamakları bulunmaktadır (Thackeray and Ganetzky, 1994; Thackeray and Ganetzky, 1995; Warmke et al., 1997).

Polimeraz zincir reaksiyonundaki (PCR) gelişmeler ve DmNav gen ürünlerinin voltaj-duyarlı sodyum kanal α -alt birim proteinleri olarak tanımlanması, birçok çalışma ve diğer eklem bacaklı türlerindeki para ortoloğu gen bölgelerinin araştırılması için bir fırsat sağlamıştır. Özellikle, piretroid grubu insektisitlere karşı dirence neden olan mutasyonların bu bölgelerde oluşması, para ortoloğu genler üzerinde yapılan çalışmalara da hız kazandırmıştır. Günümüzde, tam veya kısmi elde edilen genomik DNA veya cDNA dizileri ile en az 15 eklem bacaklı türünden para ortoloğu sodyum kanal genlerinin tanımlanması sağlanmıştır. Örneğin, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae)'da para ortoloğu olan Vssc1 (diğer adıyla Msc) geni, *Blattella germanica* (Blattaria: Blattellidae)'da para ortoloğu olan paraCSMA (diğer adıyla BgNav) geni ve *Periplaneta americana* (Blattaria: Blattidae)'da para ortoloğu olan PaNav1 geni tanımlanmıştır (Soderlund, 2005; Moignot et al., 2009; Dong et al., 2014).

Piretroid etki mekanizması, sodyum kanallarıyla etkileşim ve nöronlarda uzun süreli depolarizasyonun indüklenmesidir. Piretroidler, sodyum kanallarının açık durumda olduğu süreyi uzatır. Açma ve kapatma normalde bir impuls geçtiğinde milisaniyeden daha kısa sürede gerçekleşmelidir. Bununla birlikte, bir piretroid tarafından etkilendiğinde, kapanma geciktirilir ve kanalın kapatılması geciktiğinde sodyum sızmaktadır. Bu kuyruk akımı, tip 2 piretroidler için çok daha belirgindir ve dakikalarca sürebilir. Dinlenme potansiyeli elde edilemez ve impuls belirgin bir şekilde geçemez, ancak eylem potansiyeli eşliğine ulaşmak için daha düşük bir

potansiyel yükselişi gerekli olduğu için eylem potansiyelleri art arda gelmektedir (Stenersen, 2004).

Piretroid Direnci

Zararlılar ile mücadele sürecinde karşılaşılan en büyük sorunlardan birisi, kullanılan insektisitlere karşı gelişen direnç mekanizmalarıdır. Direnç "zararlı böcek popülasyonunun, ilaçla mücadele sırasında etiket tavsiyesine uygun olarak ve tekrarlı şekilde uygulanan ilaca karşı popülasyonun gösterdiği duyarlılıkta meydana gelen kalıtsal değişiklikler sebebiyle, popülasyon üzerinde beklenen kontrol seviyesine ulaşamaması" durumudur (Nauen, 2007). Tek tip insektisit uzun süreli ve sık kullanımı, dirençli bireylerin seçilimine neden olmakta ve zaman içerisinde popülasyonlardaki dirençli bireylerin frekanslarının artmasına neden olmaktadır (Rinkevich et al., 2013). Direnç mekanizmaları; davranışsal direnç, kütikula direnci, metabolik direnç ve hedef bölge duyarsızlığı olarak 4 ana başlık altında toplanabilir (Karaağaç, 2011).

Davranışsal direnç, böceklerin toksik bir maddeyi algılayarak o maddeden sakınmasıyla gerçekleşir. Böcekler, insektisitlerin uygulandığı alanlardan uzaklaşarak veya beslenmeyi bırakarak kendilerini bu kimyasallardan koruyabilirler. Oral yol ile alınan insektisit formülasyonları, böcek için çekici tat ve koku ile birlikte geliştirilmektedir. Aynı şekilde formülasyonlarda kullanılan bazı sinerjistler ile, böceğin kaçınma davranışlarının önüne geçilmektedir (Durmuşoğlu, 2013).

Kütikula direnci, böceklerin dış kısmında bulunan kütikülün, kimyasalların vücutlarına emilimi sırasında bir bariyer görevi görmesiyle gerçekleşir (Karaağaç, 2011). Kütikül tabakası daha kalın olan böcekler bu sayede özellikle kontakt etkili birçok insektisite karşı kütikula direnci kazanabilir.

Metabolik direnç, vücuda alınan insektisit böceklerdeki detoksifikasyon enzimleri yardımıyla biotransformasyona uğraması, toksik olmayan veya suda çözünen türevlerine indirgenip vücuttan dışarı atılması ile gerçekleşir (Hemingway and Ranson, 2000). Bu detoksifikasyon enzimleri 3 büyük aile altında toplanmaktadır. Bunlar sırasıyla, sitokrom P-450 sistemi (CYP-450/P450), esterazlar ve glutathion-S transferazlar (GST) olarak isimlendirilir (Yalçın, 2013). P450, esteraz ve GST enzimlerinin seviyelerindeki artışların özellikle sivrisineklerde piretroidlere karşı gelişen bir metabolik dirence neden olduğu bilinmektedir (Wondji et al., 2008; Sarkar et al., 2009; Gordon and Ottea, 2012; Yanola et al., 2015).

Metabolik dirence neden olan bu enzimlerin aktivitesi, hedef canlının gelişim safhasına bağlı olarak (larva, ergin gibi) değişebilir. Permethrin ile yapılan bir çalışmada, direnç durumlarının canlının

gelişim safhasına göre (larva, ergin) değişiklik gösterebileceği ortaya konmaktadır. Bu durumun, dirence neden olan bir genin ifadesinin canlının sadece ergin öncesi döneminde gerçekleştiği için olduğu düşünülmektedir (Selvi et al., 2007). P450 genlerinin artan regülasyonu, ksenobiyotiklerin organizmalarda yer değiştirmesini önemli ölçüde etkileyebildiği için farmakolojik ve toksikolojik etkilerini değiştirebilir (Pavek and Dvorak, 2008).

Genellikle insan faktörüyle ortaya çıkan motorlu kara taşıtları, sanayi ve evsel atıklar tarafından oluşan sudaki ve havadaki kirletici ajanların, zararlı türlerdeki detoksifikasyon enzimlerini etkilediği ve bu durumun insektisitlere karşı metabolik dirence neden olduğu bilinmektedir (Kudom et al., 2015a). Bu durumda daha önce insektisit ile hiç yüzleşmeyen zararlı türlerinde bile metabolik direnç görülmesi mümkündür.

Sitokrom P450 genleri, çok çeşitli metabolik fonksiyonlara sahip olan geniş bir ailedir. Böceklerde bu enzimler konukçu bitki etkileşimlerinden ksenobiyotik dirence kadar birçok anahtar işlemde rol oynamaktadır (Feyereisen, 1999). İnsektisitlerin daha az zararlı maddelere dönüştürülmesinin ve sitokrom P450'lerin insektisit atılımının kolaylaştırılmasının, böceklerin kendilerini insektisitlere karşı savunmaları için kritik rol oynadığı bilinmektedir (Li et al., 2015). *D. melanogaster* ile yapılan çalışmada P450 geni olan CYP6G1'in tek bir haplotipinin, metabolik direnç ile korelasyon gösterdiği belirlenmiştir (Daborn, 2002). Bunun dışında yapılan birçok çalışmada her geçen gün yeni bir P450 geninin, direnç ile korelasyon gösterdiği keşfedilmektedir. CYP6A1, CYP12A1, CYP9A12, CYP9AQ, CYP4G7 ve CYP6B27 bu genlere örnek olarak gösterilebilir (Andersen et al., 1994; Guzov et al., 1998; Sabourault et al., 2001; Yang et al., 2008; Wen et al., 2009; Liang et al., 2015; Zhang et al., 2019).

Esterazların, piretroidlere karşı gelişen direnç ile ilişkili olduğu farklı zararlı türleriyle yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Hemingway and Ranson, 2000; Pavek and Dvorak, 2008). Dirençli böceklerdeki esterazlar insektisitlerle karşı, duyarlılara göre daha fazla etkileşime girmektedir (Karunaratne et al., 1995). Bu esterazlar, α/β hidrolaz üst ailesine ait altı protein ailesini içerir (Karaağaç, 2011). Esteraz ailesine ait genlerin çok fazla sayıda kopyalara sahip olduğu ve bu sayının dirençli bir böcek hücreye başına 20 olduğu tahmin edilmektedir (Hemingway et al., 1998).

Glutathion-S transferazlar, lipofilik bileşiklerin elektrofilik merkezlerine indirgenmiş glutatyonun nükleofilik bölgesine saldırarak geniş spektrumlu ksenobiyotik detoksifikasyonunda rol oynayan dimerik çok fonksiyonlu enzimlerdir. GST'lerin, piretroid metabolizmasında doğrudan bir rolü

olmamakla birlikte, oksidatif hasarı azaltarak ve piretroidler tarafından indüklenen lipit peroksidasyon ürünlerini detoksifiye ederek bu insektisit sınıfına direnç sağlamada bir rol oynadığı düşünülmektedir (Vontas, 2001). Dirençli sivrisineklerde, rodopsin benzeri (G protein-coupled receptors) GPCR geninin yıkılmasının, sivrisineklerin permethrin'e direncini azalttığını, ortaya çıkmıştır (Li et al., 2015). *Anopheles funestus* (Diptera: Culicidae) ile yapılan çalışmada glutathione-s-transferase epsilon 2 geninin (GSTe2) ifadesinin artması ile piretroidlere karşı çapraz direnç olduğu saptanmıştır (Riveron et al., 2014). Yine *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) ile yapılan bir çalışmada ise GSTe2 ortolojisindeki potansiyel bir allel varyasyonunun metabolik dirence neden olabileceği gösterilmiştir (Lumjuan et al., 2011).

Hedef bölge duyarsızlığı, normalde insektisitlere bağlanan proteinlerde doğrudan meydana gelen değişikliklerden kaynaklanmaktadır (Hemingway et al., 2002). Hedef bölge duyarsızlığı (knockdown direnci – kdr), birçok canlı türde çalışılmış önemli bir piretroid direnç mekanizmasını temsil etmektedir (Miyazaki et al., 1996; Ingles et al., 1996; Daborn, 2002; Roditakis et al., 2006; Eleftherianos et al., 2007; Sonoda et al., 2008; Hopkins and Pietrantonio, 2010; Taskin et al., 2016). Piretroidlerin yaygın kullanımı, zararlı böcek türlerinde geniş ölçekte bir dirence sebep olmaktadır (Dong et al., 2014).

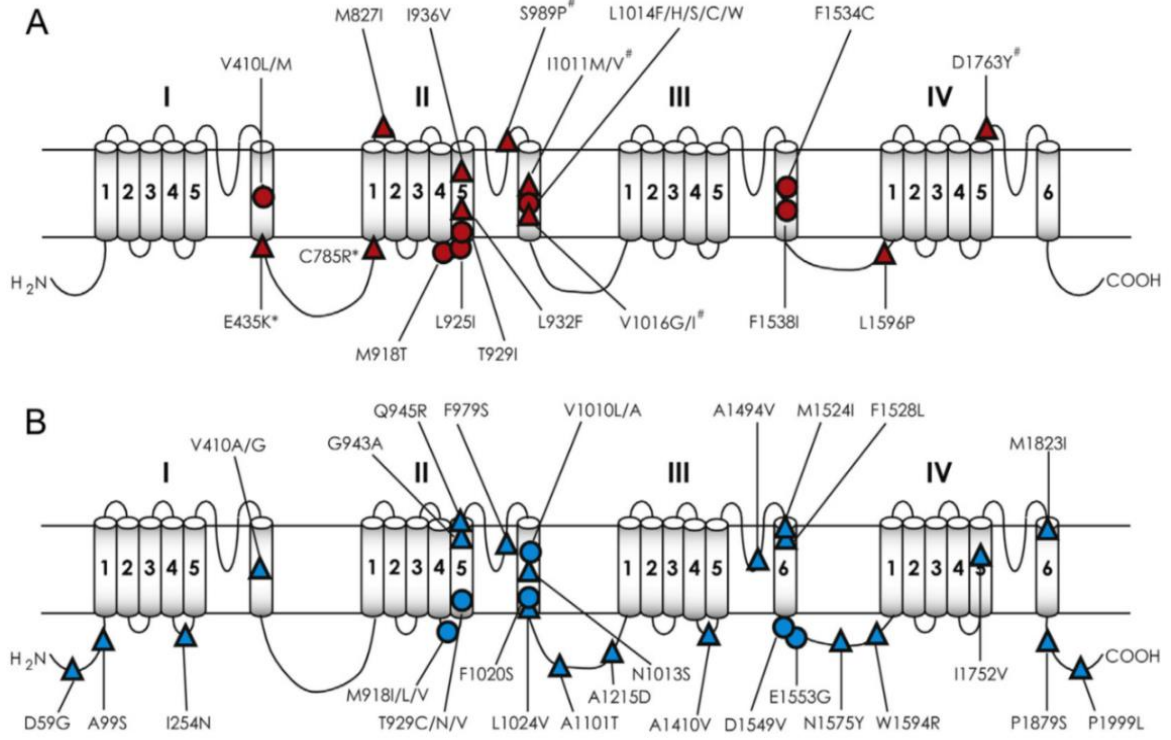
İlk defa kdr direnci, *M. domestica*'da tanımlansada, son yirmi yılda kdr mekanizması incelenerek, eklem bacaklı türlerinde 50'den fazla sodyum kanalı proteini ile ilişkili mutasyon ve piretroid direnci ile ilişkili çeşitli mutasyon kombinasyonları (Şekil 7) tanımlanmıştır (Martinez-Torres et al., 1999; Soderlund, 2008; Dong et al., 2014). Bu mutasyonların bazıları birden fazla türde tespit edilirken, bazıları sadece tek bir türde saptanmıştır.

1951 yılında Busvine tarafından yapılan çalışmada farklı *M. domestica* popülasyonlarında direnç durumları gözlemlenmiş ancak mekanizmaların net olarak bilinmemesinden ötürü bu duruma iyi bir açıklama getirilememiştir. 1965 yılında Tsukamoto ve çalışma arkadaşları, kdr direncinin, *M. domestica*'daki merkezi sinir sisteminin diklorodifeniltrikloroethan (DDT) duyarlılığını büyük ölçüde azalttığına dair deneysel kanıtlar sağlamıştır.

Farklı zararlı böcek türlerinde çok sayıda kdr direnç durumu bildirilmiştir. Ör: *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera: Culicidae) türünde giderek artan kdr direnci gözlemlenmiştir (Dong et al., 2014). Normalde öldüren bir insektisit dozunda hayatta kalan bir böcek için dirençli fenotipin doğrudan insektisit biyoassayleri ile izlenmesi

nispeten kolaydır. Bununla birlikte birçok durumda, dirençli fenotiplerden sorumlu olan gerçek moleküler

mekanizmalar ise hala bilinmemektedir (Hemingway et al., 2002).



Şekil 7. Eklem bacaklı türlerinde piretroid direnci ile ilişkili sodyum kanallarındaki mutasyonlar. *Xenopus* oositlerinde incelenmiş (A) ve incelenmemiş (B) mutasyonlar. Daireler birden fazla türde, üçgenler ise sadece tek bir türde tespit edilmiş mutasyonları göstermektedir. “#” ile gösterilen dört mutasyon, *Xenopus* ile incelenmiş ancak her türde dirence sebep olmamıştır. “*” ile gösterilen iki mutasyon, tek başına dirence neden olmazken L1014F veya V410M mutasyonları ile birlikte bulunduğu direnç oluşumuna katkıda bulunmaktadır (Dong et al., 2014’den değiştirilerek)

Figure 7. Mutations in sodium channels associated with pyrethroid resistance in arthropod species. Examined (A) and unexamined (B) mutations in *Xenopus* oocytes. Circles indicate mutations identified in more than one species and triangles in only one species. The four mutations indicated by # incelen were examined by *Xenopus* but did not cause any resistance. The two mutations indicated by * do not cause resistance alone, but when combined with L1014F or V410M mutations, they contribute to resistance formation (Modified from Dong et al., 2014)

Eklem bacaklılardaki Vssc1, BgNav, DmNav gibi sodyum kanal α -alt birimi kodlayan genlerde gerçekleşen nokta mutasyonlarının, piretroidlere karşı direnç oluşturduğu yapılan çalışmalar ile gösterilmiş ve bu mutasyonlardan bazılarının *Xenopus* oositlerinde de ifadesi sağlanmıştır. Bunun yanında, tespit edilen birçok farklı nokta mutasyonunun da direnç ile ilişkisi araştırılmaya devam etmektedir. Direnç ile ilişkisi gösterilen ilk nokta mutasyonu, IIS6 bölgesinde yer alan L1014F (1014. kodondaki lösin aminoasitinin fenilalanine dönüşmesi) mutasyonudur. *Xenopus* oositlerinde incelendiğinde, farklı varyasyonların farklı direnç seviyelerine neden oldukları görülmüştür. Örneğin

L1014F, L1014H ve L1014S mutasyonları Tip I ve Tip II piretroidlere karşı farklı şiddetlerde dirence sebep olmaktadır (Burton et al., 2011). Ayrıca, birden fazla kdr mutasyonunun bir arada görülmesi piretroidlere karşı gelişen direncin, bireysel mutasyonlara kıyasla daha etkili olduğu görülmektedir. Örneğin tek başına L1014F veya M918T mutasyonu, DmNav kanalının deltamethrine duyarlılığını 5-10 kat azaltırken, bu mutasyonların beraber olması durumunda duyarlılık neredeyse tamamen ortadan kalkmaktadır (Vais et al., 2000). Bu duruma super-kdr veya skdr adı verilmektedir.

Böcek sodyum kanalları piretroidlere karşı memeli sodyum kanallarından daha hassastır (Vais et

al., 2000). Hedef bölge duyarsızlığı PCR ile kolayca izlenebilirken, metabolik direnç karmaşık moleküler temelleri nedeniyle kolayca izlenememektedir (World Health Organization, 2012). Metabolik dirence neden olan aday genlerin, ayrıntılı moleküler ve yapısal temelleri ve direnç kazanımında nasıl rol oynadıkları henüz ayrıntılı bir şekilde aydınlatılmamıştır (David et al., 2005). Buna rağmen metabolik dirençte rol oynayan detoksifikasyon enzimlerinin inhibitörleri (PBO gibi) kullanıldığında direnç durumlarında meydana gelen değişiklikler, bu enzimlerin genel direnç durumuna katkı koyduğunu göstermektedir (Guntay et al., 2019).

İnsektisitlere dirençli *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) sivrisineklerinin fil hastalığına neden olan *Wuchereria bancrofti* (Spirurida: Filariidae) paraziti, insektisitlere duyarlı bireylere göre daha az enfekte ettiği ileri sürülmektedir (Mccarroll et al., 2000). Bu durum, insektisit direncinin direkt olarak vektör ilişkisini ortaya koyduğu için de oldukça önemlidir.

Hedef bölge duyarsızlığından farklı olarak doğadaki popülasyonların alandaki metabolik direncini kolayca tespit etmek için DNA tabanlı bir tanı aracı yoktur. Direncin erken aşamada tespit edilmesi ve izlenmesi için kontrol araçlarına ve kontrol programlarının rasyonel, kanıta dayalı direnç yönetim stratejileri tasarlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Riveron et al., 2014).

Ülkemizde, farklı organizmalardaki piretroid direnci ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Türkiye'nin farklı illerinde elde edilen ve pirinç biti olarak bilinen *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) popülasyonları üzerinde yapılan çalışmalarda, deltamethrine karşı yüksek oranlarda direnç saptanmıştır (Yesir ve Koçak, 2017). Pamuk beyazsineği olarak bilinen *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) ile yapılan çalışmalarda, cipermethrine ve diğer farklı insektisitlere karşı direnç saptanmıştır (Bahşi ve ark., 2012). Salkım güvesi olarak bilinen ve üzüm bağlarındaki en önemli zararlılardan biri olan *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) ile yapılan çalışmalarda, deltamethrine karşı bir direnç gelişiminin başladığı belirtilmiştir (Hatipoğlu ve ark., 2015). Halk sağlığında ve tarımsal alanlarda kullanılan piretroitlere karşı gelişen zararlı direnç durumları, her yıl raporlanmaktadır. Yeni çalışmalar ile biriken bu direnç raporları, ülkemizde tehlikenin ne kadar büyük olabileceğini göstermektedir.

Piretroidlerin Ekolojik Etkileri

Piretroidler, büyük ölçüde tarımsal ve tarımsal olmayan diğer faaliyetlerden dolayı karasal ekosisteme uygulanmaktadır. Hidrofobik özelliklerinden dolayı piretroidler, toprak

partiküllerine ve organik maddelere güçlü bir şekilde bağlanmaktadır (Bragança et al., 2019). Bu nedenle piretroidlerin uygulama alanlarından taşınması, rüzgar ve yeraltı suları gibi birkaç farklı yol dışında oldukça zordur. Aerobik toprak koşulları altında piretroid kalıcılığı oldukça değişkendir, örneğin cyfluthrin için yarılanma ömrü 11,5 gün iken bifenthrin için 96,3 gün olarak belirlenmiştir (Oros and Werner, 2005).

Sentetik piretroidlerin diğer insektisitlere göre daha güvenilir olduğu düşünülse de, bu bileşiklerin yaygın bir şekilde kontrolsüzce kullanılması çevresel açıdan problemler oluşturmaktadır. Yapılan birçok çalışmada, çevrede biriken piretroid nedeniyle hedef olmayan sucul canlıların, arılar gibi diğer böceklerin ve mikroorganizmaların etkilendiğini göstermiştir. Ayrıca çevrede biriken piretroidler dolaylı yollardan insan sağlığını da tehdit etmektedir. Pestisit kalıntıları, insanların gıda zincirine girerek kronik toksisitenin oluşmasına neden olmaktadır (Gajendiran and Abraham, 2018; Ghazouani et al., 2019; Lu et al., 2019). Ülkemizde pestisit kalıntı analizleri 1959 yılında başlamıştır (Tiryaki, 2016). 1990-94 yılları arasında ve 1996-97 yıllarında iki büyük proje ile Türkiye genelinde çeşitli meyve ve sebzelede pestisit kalıntı analizleri yapılmış ve farklı oranlarda pestisit kalıntısına rastlanmıştır ancak bunların büyük çoğunluğu toleranslara uygun bulunmuştur (Delen ve ark., 2005). 2004 yılında Türkiye'de üretilen ballardaki piretroid kalıntısı varlığına dair yapılan bir çalışmada, balların analizinde insektisit kalıntılarına rastlanmaması, gıda güvenliği ve halk sağlığı açısından olumlu bir sonuç ortaya koymuştur (Daş ve Kaya, 2004). 2007 ve 2008 yıllarında ise Avrupa Birliği ülkelerine besin ve yem ihraç eden ülkeler içerisinde, ürünlerinde pestisit kalıntısı saptanan ülkeler arasında Türkiye 2. Sırada yer almıştır (Durmuşoğlu ve ark., 2010).

Toprak içerisinde biriken piretroid kalıntıları, toprak mikrobiyotasını ve biyolojisini olumsuz yönde etkilemektedir. Deltamethrin uygulaması sonrasında toprak enzimlerinin aktivitesinin olumsuz yönde etkilendiği ve genel toprak mikrobiyal aktivitesinin azaldığı bildirilmiştir (Munoz-Leoz et al., 2013). Piretroidler, azot fiksasyonunu ve nitrifiye edici mikroorganizmaları inhibe ederek, nitrifikasyonu engellemektedir (Cernohlavkova et al., 2009; Cycoń et al., 2010). Yüksek konsantrasyonlardaki λ -cyhalothrin'in, nitrifikasyon bakterileri üzerinde olumsuz etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (Cycoń et al., 2006). Birbirleriyle yakın ilişkili içerisindeki nitrifikasyon ve amonifikasyon, bakteriler ile simbiyotik ilişki içerisindeki bitkiler için önemli bir biyolojik süreç olduğundan dolayı, bitkilere zarar verebilmektedir (Cycoń and Piotrowska-Seget, 2016; Das et al., 2016).

Piretroid Kalıcılığı ve Biyodegradasyonu

Piretroidler toprağa karıştığında transformasyon, degradasyon, sorpsiyon-desorpsiyon, rüzgar gibi etmenler ile havada hareket etme, bitki tarafından alınma, yüzey ve yeraltı sularına karışma gibi çeşitli etkenlerle karşılaşmaktadır. Bir pestisitinin doğadaki davranışlarını onun kimyasal yapısı, fiziksel özellikleri, formülasyon tipi, uygulama şekli, iklim ve toprak yapısı gibi çeşitli faktörler etkilemektedir. Doğadaki piretroidler abiyotik faktörler ile parçalanabilsede bu süreç yavaş ilerlemektedir. Doğadaki parçalanma süreçlerine ek olarak mikroorganizmaların da bu süreci etkilediği bilinmektedir. Toprakta bulunan mikroorganizmalar ile piretroidlerin parçalanmasının, steril toprak yapısına göre daha hızlı oldu saptanmıştır (Cycoń and Piotrowska-Seget, 2016; Kumar et al., 2018). İnsektisitlerin bulunduğu durumlarda topraktaki mikrobiyota değişebilmektedir. Bu değişikliklerin belirlenmesi için uzun süreli metagenomik çalışmalar rapor edilmektedir (Zhang et al., 2006).

Doğal ortamda piretroidler, volatilizasyon, fotoliz, hidroliz ve biyodegradasyon dahil olmak üzere birkaç prosesle parçalanabilir (Liu et al., 2010). Fotoliz, topraktaki piretroidler için önemli bir degradasyon yoludur ve toprağın özelliklerinden etkilenmektedir. Örneğin esfenvaleratenin farklı toprak sistemlerindeki yarılanma ömrü, ışısız koşullar altında önemli ölçüde artmaktadır. Karanlıkta 150 ila 553 gün yarılanma ömrü sürerken sürekli ışığa maruz bırakılan toprakta 7,8 ila 100 gün arasında değişmektedir (Katagi, 1991).

Biyodegradasyon, çevredeki piretroid toksisitesini azaltmak için pratik, aynı zamanda ekonomik ve çevre dostu bir yaklaşımdır (Thatheyus and Selvam, 2013). Biyodegradasyonun genellikle uygulama sonrasında piretroidlerin başarısını ve kalıcılığını belirleyen ana bir faktör olduğu düşünülmektedir (Guo et al., 2009). Araştırmacılar farklı taksonomik gruplara ait mikroorganizmaların, piretroidlerin ve diğer pestisitlerin biyodegradasyon potansiyeline sahip olduğunu (Çizelge 3) belirtmiştir (Jilani and Khan, 2006; Zhang et al., 2010; Chen et al., 2011a; Cycoń et al., 2013). Mikroorganizmalar, piretroidleri doğrudan metabolik veya ko-metabolik olarak degrade edebilmektedir (Zhang et al., 2010; Zhao et al., 2016; Huang et al., 2018; Bhatt et al., 2019; Chen and Zhan, 2019). Piretroidlerle kontamine olmuş bölgelerden piretroidleri degrade eden birçok fungus ve bakteri türü izole edilebilmektedir. Mikroorganizmalar piretroidleri karbon ve azot kaynağı olarak kullanmaktadır. Bakteri ve fungus türlerinin metabolik yeteneklerinin farklı oluşu, özellikle parçalanma sürecini etkilemektedir. Mikroorganizma çeşitliliği haricinde organizmaların kültür ortamları (toprak, su gibi) ve

üreme koşulları da (pH, sıcaklık, besin, piretroid miktarı gibi) piretroidlerin degradasyon sürecini etkilemektedir (Huang et al., 2018; Bhatt et al., 2019). Ayrıca piretroidlerin moleküler yapıları da parçalanma sürecini etkileyen parametrelerdendir. *Bacillus* (Bacillales: Bacillaceae), *Brevibacillus* (Bacillales: Paenibacillaceae), *Ochrobactrum* (Rhizobiales: Brucellaceae), *Pseudomonas* (Pseudomonadales: Pseudomonadaceae), *Serratia* (Enterobacteriales: Enterobacteriaceae) ve *Sphingobium* (Sphingomonadales: Sphingomonadaceae) genuslarına ait suşlarla yapılan çalışmalar sonucunda bu suşların piretroidleri aktif bir şekilde parçaladıkları rapor edilmiştir (Huang et al., 2018). Ülkemizde yapılan çalışmalarda deltamethrin ile kontamine ortamlardan alınan bazı böcek türlerinden izole edilmiş birçok bakteri suşu elde edilmiştir. Bu izolatlar, deltamethrin gibi piretroidlerin degradasyonu için kullanılabilecek potansiyele sahiptir (Özdal ve Algur, 2020).

Piretroidlerin degradasyonu genellikle karboksilesteraz enzimi yardımıyla ester bağlarının hidrolizi ile gerçekleşmektedir. Karboksilesterazlar; karbamatlar, organofosfatlılar ve piretroidler gibi çok sayıda ester içeren pestisitinin hidrolizine aracılık eden bir enzim ailesidir. Bugüne kadar *Bacillus cereus* SM3, *Aspergillus niger* ZD11, *Klebsiella* sp. ZD112, *Sphingobium* sp. JZ-1 suşları izole edilip piretroid parçalayan karboksilesteraz enzimleri saflaştırılmıştır. Piretroid parçalayan bu esteraz enzimleri geniş spektrumlu etkiye sahiptir (Gajendiran and Abraham, 2018; Huang et al., 2018). Ayrıca pestisit degradasyonu için fungal enzimler de bildirilmiştir.

Bazı fungal enzimler degradasyon işlemi sırasında esterleşmeyi, hidroksilasyonu, dehidrojenasyonu ve deoksijenasyonu katalize etmektedir. *A. niger* YAT, cypermethrin degradasyonu sırasında eterifikasyon reaksiyonu gerçekleştirmektedir (Deng et al., 2015). Genellikle bakteriler 5 ila 10 günlük bir süreçte degradasyon işlemini tamamlayabilirken fungus grupları 7 ila 30 gün içerisinde piretroidleri parçalama yeteneklerine sahiptir (Cycoń and Piotrowska-Seget, 2016).

Pek çok piretroidin hidrolizinden sonraki ara metabolitler, 3- fenoksi benzaldehit (3-PBA) veya 3- fenoksibenzoik asittir. Fakat bazı mikroorganizmalar farklı ara metabolik yol izlerine sahip olduğu için piretroid degradasyonunda oluşan ürünler türden türe değişkenlik gösterebilmektedir (Cycoń and Piotrowska-Seget, 2016; Bhatt et al., 2019). Genel olarak piretroidlerin parçalanma sürecini mikroorganizmalar hızlandırsada bu durum toprak mikrobiyotasına zarar verebilmektedir. Piretroidleri kullanabilme yeteneğindeki bakteriler diğer organizmalarla olan rekabette üstünlük sağlayarak dominant hale gelmekte ve üstün hale gelen

mikroorganizma türüyle birlikte başlayan yeni değişmesine neden olmaktadır. metabolik süreç toprağın içeriğinin ve yapısının

Çizelge 3. Kontamine alanlardan izole edilen piretroid degrede eden bazı bakteri ve funguslar ile, bunların sıvı ortamdaki degradasyon potansiyelleri

Table 3. Pyrethroid degrading bacteria and fungi isolated from contaminated areas and their degradation potential in liquid medium

Suş	İzolasyon kaynağı	Degrede olan piretroid	Optimum koşullar	Sonuçlar	Referans
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> OG2	Hamamböceği vücut mikroflorası (<i>Blatta orientalis</i>)	α -cypermethrin	pH 7 30 °C	Glukozun yokluğunda ve varlığında OG2'nin α -cypermethrin (100 mg/L) degradasyon etkinliği 10 günde sırasıyla %69.9 ve %81.3	(Gür et al., 2014)
<i>Ochrobactrum tritici</i> pyd-1	Piretroid kontamine olmuş toprak	Fenprothrin	pH 7 30 °C	Ortama eklenen 100 mg/L Fenprothrinin %90'ından fazlası 72 saatte parçalanmıştır.	(Wang et al., 2011)
<i>Bacillus licheniformis</i> B-1	Çay bahçesi toprağı, Çin	Cypermethrin	pH 7-7.5 30°C	Cypermethrinin %50'si (100 mg/L) 72 saat içinde parçalanmıştır.	(Liu et al., 2014)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> JQ-41	Piretroid uygulanan toprak	Cypermethrin, Deltamethrin, Bifenthrin, Cyhalothrin	pH 7 30°C	Sırasıyla her bir piretroid konsantrasyonu (50 mg/L), %87.2, %90.4, %70.1, %74.8 olacak şekilde 7 günde parçalanmıştır.	(Song et al., 2015)
<i>Acinetobacter baumannii</i> ZH-14	Aktif çamur, Singapur	Permethrin	pH 7 30°C	72 saat içinde %100 permethrin parçalanmıştır (50 mg/L).	(Zhan et al., 2018)
<i>Cladosporium</i> sp. HU	Piretroid üreten atık su arıtma sisteminden aktif çamur örneği, Çin	Fenvalerate, Fenprothrin, β -cypermethrin, Deltamethrin, Bifenthrin, Permethrin	pH 5–10 18–38 °C	Fenvalerate, fenprothrin ve β -cypermethrin 5 günde tamamen parçalanmıştır. Deltamethrin, bifenthrin ve permethrin, deney sonunda sırasıyla %94.6, %92.1 ve %91.6 oranları ile parçalanmıştır.	(Chen et al., 2011b)
<i>Trichoderma viride</i> 5–2	Kültür Koleksiyon Lab, New Delhi.	β - Cyfluthrin	pH 6.5 28 °C	<i>T. viride</i> 5-2, β – cyfluthrini 7 günde parçalamıştır.	(Saikia and Gopal, 2004)
<i>Candida pelliculosa</i> ZS-02	Atık su arıtma sisteminden aktif çamur örneği, Çin	Bifenthrin, Cyfluthrin, Deltamethrin, Fenvalerate, Cypermethrin, Fenprothrin	pH 7.2 32°C	Bifenthrin'in 100 mg / L konsantrasyonu 5 gün içinde tamamen parçalanmıştır. Cyfluthrin, deltamethrin, fenvalerate ve cypermethrin sırasıyla %94.8, %93.4, %93, %87.7 (50 mg/L) oranında 5 gün içinde parçalanmıştır. Fenprothrin %51 oranında 7 gün içinde parçalanmıştır.	(Chen et al., 2012)

Piretroidlerin Diğer Organizmalar Üzerindeki Etkileri

Pestisit adsorpsiyonunun, su ekosistemlerinde sediment ve organik madde fraksiyonları arasında değiştiği bilinmektedir (Perre et al., 2014). Pestisitlerin fizikokimyasal özellikleri, ekotoksosite değerleri ve ruhsatlandırma için kabul edilen konsantrasyon seviyeleri, pestisit kayıtları ile yasal olarak düzenlenmektedir (Stehle et al., 2018). Piretroidler su içerisinde oldukça düşük çözünürlüğe ve yüksek organik karbon-su ayrışma katsayılarına (KOC) sahiptir. Bu nedenle sudaki yarılanma

ömürleri, toprağa göre daha kısadır (Li et al., 2017). Bununla birlikte, yüksek hidrofobik özelliklerinden dolayı piretroidler, tutunmaları daha kolay olan suyun yüzey kısımlarında birikmektedir. Piretroidler model test organizması *Daphnia magna* (Diplostraca: Daphniidae) üzerinde diğer insektisit gruplarına göre daha düşük toksisite göstermektedir (Spurlock and Lee, 2008). Ancak bazı araştırmacılara göre uzun süreli maruz kalma sonucu oluşan kronik toksisite riskinin gözardı edildiği düşünülmektedir (Morrissey et al., 2015). Deri yoluyla emilimleri oldukça azdır,

trans izomerlerinin metabolizması cis izomerlerine göre daha hızlıdır (Hüyük, 2015).

Sucul ekosistemlerde piretroid kontaminasyonu için kullanılan en yaygın indikatör organizma *Hyaella azteca* (Amphipoda: Hyalellidae)'dir. Özellikle tatlı su kaynaklarının kontaminasyonlarının belirlenmesi çok büyük önem taşımaktadır. Kuzeydoğu ABD'deki kentsel bölgelerde yer alan su yollarından toplanan sedimentlerin %76'sında pestisitlere rastlanmıştır ve %67'sinde biyolojik olarak erişilen piretroidler mevcuttur (Hartz et al., 2019). Ülkemizde meyve ve sebze yetiştirilmesi için önem arz eden Alanya'daki Alara Çayı sularında yapılan çalışmalarda; şubat, nisan ve haziran aylarında değişen oranlarda insektisit izine rastlanmıştır. Aynı çalışmada birçok aktif maddenin, yasaklı aktif maddeler listesinde olmasına rağmen çay sularında saptanması ise çarpıcıdır. Bu maddelerin, yasaklı olmadığı dönemlerdeki kullanıma bağlı bir birikme sonucu saptanması, olası bir neden olarak gösterilmiştir (Koçyiğit ve Sinanoğlu, 2019).

Sudaki kalıcılıkları kısa olmasına rağmen piretroidler birçok sucul organizma için toksik etki göstermektedir. Bu canlılar arasında en yüksek toksisite balıklar üzerinde gözlemlenmektedir. Yapılan çeşitli çalışmalarda *Danio rerio* (Cypriniformes: Cyprinidae)'da LC50 değerleri deltamethrin, cypermethrin ve cyhalothrin için sırasıyla 0.5-1.0 µg/L (96 h), 1.94-3.56 µg/L (96 h), 0.119 µg/L (96 h) olarak belirlenmiştir (Koç et al., 2009; Ansari and Ahmad, 2010; Rodríguez-Estrada et al., 2016). Bunun en temel nedeni piretroidlerin metabolize edilmesinde büyük rol oynayan ve esteraz enzim ailesi içerisinde yer alan hidrolaz enzimlerinin balıklarda bulunmamasıdır. Balıklar üzerindeki nörotoksik etkilerinin yanında piretroidler, hücrel ve dokusal deformasyonlara, oksidatif strese ve gelişim bozukluklarına neden olmaktadır (Ullah et al., 2019).

Piretroidler, kırmızı pençe kerevit olarak bilinen *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Astacidae) juvenilleri gibi farklı sucul omurgasızlara karşı (Yuan et al., 2019) ve omurgalı larvalarına karşı oldukça toksiktir. Örneğin deltamethrin ve cypermethrinin, *Physalaemus gracilis* (Anura: Leiuperidae)'in larvalarına karşı yüksek oranda toksik olduğu göstermiştir (Vanzetto et al., 2019).

Piretroidler böceklerle, diğer omurgalı hayvanlara göre 2250 kat daha toksiktir. Bunun nedeni böceklerin daha hassas, boyut olarak küçük yapıda sodyum kanallarına ve daha düşük vücut sıcaklığına sahip olmalarıdır (Chrutek et al., 2018). Arılar özellikle tarımsal alanlarda sıklıkla bulunan tozlaştırıcı ajanların başında gelmektedir. Bu nedenle tarımsal alanlara uygulanan piretroidlerden en çok arılar etkilenmektedir. *Apis mellifera* (Hymenoptera:

Apidae) gibi ekolojik ve ekonomik önemi olan bal arılarına karşı piretroidler düşük konsantrasyonlarda davranış bozukluğuna (haberleşme, çiftleşme, beslenme vb.) ve yüksek konsantrasyonlarda ise toksik etkiye neden olmaktadır (Palmquist et al., 2012). Arılar piretroidleri, en fazla polen ve nektar gibi yapılardan, beslenme sırasında metabolik yol ile bünyelerine alırlar. Yapılan çalışmalarda deltamethrin için 210 mg/L ve bifenthrin için 60 mg/L üzerindeki konsantrasyonların, arılarda lethal etki gösterdiği belirlenmiştir (Dai et al., 2010). Bal arısı ölümleri üzerine ülkemizde yapılan bir çalışmada, Çukurova bölgesinde çok sayıda ölü arı numunesi çalışılmış ve piretroidlerin Çukurova bölgesindeki arı ölümlerinde rol oynamadığı belirlenmiştir (Seğmenoğlu, 2020). Piretroidler, kuşlara karşı öldürücü etkiye sahip değildir, ancak kuşlar tarafından oral yolla alındığında akut toksisiteye neden olabilir (Bradbury and Coats, 1989).

Böcek sinir sistemini hedef alan insektisitler, yapılarındaki benzerlik nedeniyle memelileri de etkilemektedir (Marrs, 2012). Sentetik piretroidler, parenteral olarak uygulanmadığı sürece hem ağızdan hem de transdermal olarak zayıf bir şekilde emildikleri için nadiren sistemik toksisite üretmektedir. Piretroidler insanlarda, periferik sinirlerin sodyum kanallarını etkileyerek parestezi denilen yanma, karıncalanma, uyuşma hissi gibi duyu bozukluklara yol açmaktadır (Gammon et al., 2012). Bunun yanında hamileliğin erken döneminde sıklıkla böcek ilaçlarına maruz kalmanın, olumsuz doğum sonuçları riskini artırabileceğini göstermektedir (Jaacks et al., 2019).

SONUÇ

Gelişmekte olan ülkelerde kentleşme süreci, sağlık hizmetlerine düşük erişim, uygun su teminindeki zorluklar ve gecekondulaşma gibi sorunları da beraberinde getirmektedir (Nkya et al., 2013). Bu durum, insan ile birlikte yaşamaya adapte olan bazı zararlı türlerin popülasyonlarının artmasına ve birçok hastalığın da bu zararlılar ile yayılmasına olanak sağlamaktadır. İnsan yapımı üreme alanları, zararlıların sayılarının çoğalması için uygun ortamlar yaratmaktadır. Kentleşmenin bir diğer olumsuz etkisi de çevresel kirliliktir. Trafik, sanayi, petrol ve evsel atıkların neden olduğu kirleticiler, şehir atmosferinde ve aynı zamanda nehir ve gölet gibi su kaynaklarında çözünmüş veya organik madde parçacıklarına adsorbe edilmiş halde yüksek konsantrasyonlarda birikmektedir. Bu kirleticilerin bazıları, zararlılar için temel besin kaynağını oluştururken, bazıları da zararlı türlerdeki metabolik direnç seviyelerinin yükselmesine neden olmaktadır. Zararlı mücadelesini gerçekleştiren kurum ve kuruluşlara bu nedenle büyük bir görev düşmektedir.

Bitkiler kendilerini diğer rakiplerine ve otoburlara karşı korumak için çeşitli mekanizmalar geliştirmiştir. Bunlar arasında, alkaloitler, siyanojenik glikozitler, kumarinler, terpenoidler, fenolik bileşikler veya tanenler gibi allelokimyasalların üretimi, böceklere karşı savunmalarında merkezi bir rol oynamaktadır (Després et al., 2007). Bitkilerin bu özellikleri sayesinde, yüzyıllardır insanlar tarafından tıbbi amaç dışında, bitkiler zararlı türlerin mücadelesinde de kullanılmış ve başarıya ulaşılmıştır. Günümüzde bitkisel pek çok ticari ürün geliştirilmekte ve çevresel olarak daha verimli bir zararlı mücadelesi sağlamaktadır.

1970'lerden 2000'lere kadar dünyadaki birçok kimya ve biyokimya şirketi, yeni piretroid arayışları içerisinde binlerce patent başvurusu yapmıştır (Matsuo, 2019). Piretroidlere karşı gelişen direnç sorunu nedeniyle, potansiyeli yüksek birçok piretroid, benzer etki mekanizmasına sahip olduğu için günümüzde kullanılamamaktadır. Bunun yanında biyolojik mücadele gibi daha çevreci savaşım yöntemlerinin kullanımı da giderek artmaktadır. Hızla gelişmekte olan teknoloji sayesinde, zararlı mücadelesinde artık genetik mühendisliği gibi daha yenilikçi yaklaşımlara yönelim artmaktadır.

Diğer insektisit grupları içerisinde piretroidler düşük konsantrasyonlarda etkili sonuçlar vermesi, ışıkla kolay bozunması, düşük memeli toksisitesi gibi birçok avantajı sayesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Normal ve dirençli sodyum kanalı özelliklerinin elektrofizyolojik çalışmalar ile daha anlaşılabilir hale gelmesi ile birçok yeni insektisit ortaya çıkması ve direnç probleminin önüne geçilmesi mümkün olabilir (Pittendrigh et al., 1997). Sodyum kanalı yapısının aydınlatılması ile piretroid bağlanma bölgelerinin keşfi ve bu bölgelerde meydana gelebilecek olası mutasyonların (Soderlund and Knipple, 2003) direnç durumu ile gösterdiği korelasyonlar keşfedildikçe, gerçekleştirilecek mücadele yöntemleri daha başarılı bir şekilde uygulanabilir.

Çoğu durumda, bir popülasyon içindeki başlangıçta düşük frekanslardaki direnci saptamak veya bir eşik direnç frekansında alternatif pestisitlerin kullanımı konusunda mücadele stratejileri geliştirmek için direnç gen frekanslarının ayrıntılı tahminleri gereklidir. Direnç durumlarının belirlenmesi tek başına yeterli olmamaktadır ve sürekli izlenmesi gereken dinamik bir süreçtir. Bu nedenle mücadele stratejilerinin, değişen direnç durumları ile sürekli güncellenmesi gerekmektedir.

Metabolik direncin, farklı gelişim safhalarında farklı şekilde etki ettiği göz önüne alındığında (Hardstone et al., 2007), mücadele stratejisi belirlenirken hedef zararlı türün gelişim safhaları iyi bilinmeli ve uygun insektisit seçimi yapılmalıdır. Farklı piretroidlere karşı gelişen direnç durumları

arasında belirgin bir fark olabilmektedir (Kudom et al., 2015b). Bu durumda yapısal olarak daha stabil bir piretroid kullanıldığında zararlıların onu metabolize etmesi de giderek zorlaşmaktadır.

Tarımsal alanlarda ve halk sağlığında kullanılan pestisitlerin, rüzgar ve yer altı suları gibi etkenler ile birlikte taşınması ve farklı alanları kontamine etmesi mümkündür. Bilinçsiz yapılan uygulamalar bu nedenle beklenen etkiyi sağlayamadığı gibi çevreye büyük zararlar vermektedir. Doğada biriken pestisitlerin mikroorganizmalar ile parçalanması ve toksik olmayan formlara dönüştürülmesi ile, kontamine olmuş alanların iyileştirilmesi sağlanabilir. Tatlı su kaynakları ve tarımsal alanlardaki toprağın iyileştirilmesinde kullanılan biyodegradasyon prosesleri hem ekolojik hem de ekonomik sonuçları ile oldukça kullanışlıdır. Piretroidlerin biyodegradasyonunda kullanılması için günümüzde birçok yeni bakteri ve fungus türleri üzerinde çalışmalar yürütülmektedir. İleriki yıllarda, insektisit direnç mekanizmalarının tamamen aydınlatılması ve etki mekanizmaları ile hedef yapıların ayrıntılı çalışılması, gelişmiş strateji yöntemlerinin ortaya çıkmasını sağlayarak daha verimli bir zararlı mücadelesine olanak sağlayacaktır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkıları

Yazarlar, makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Abhilash, P., Singh, N., 2009. Pesticide use and application: An Indian scenario. *J. Hazard. Mater.*, 165 (1-3): 1-12.
- Adams, M.D., 2000. The genome sequence of *Drosophila melanogaster*. *Science*, 287 (5461): 2185-2195.
- Andersen, J.F., Utermohlen, J.G., Feyereisen, R., 1994. Expression of housefly CYP6A1 and NADPH-Cytochrome P450 reductase in *Escherichia coli* and reconstitution of an insecticide-metabolizing P450 system. *Biochem.*, 33 (8): 2171-2177.
- Ansari, B.A., Ahmad, M.K., 2010. Toxicity of synthetic pyrethroid Lambda cyhalothrin and neem based pesticide neem gold on Zebra fish *Danio rerio* (Cyprinidae). *Glob. J. Environ. Res.*, 4: 151-154.
- Atwood, D., Paisley-Jones. C., 2017. Pesticides Industry Sales and Usage 2008-2012 Market Estimates. Biological and Economic Analysis Division, Office of Pesticide Programs, Office

- of Chemical Safety and Pollution Prevention, EPA, 24 p.
- Bahşi, Ş.Ü., Dağlı, F., İkten, C., Göçmen, H., 2012. Antalya ve ilçelerinden toplanan *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) populasyonlarının Acetamiprid, Chlorpyrifos-ethyl ve Cypermethrin'e karşı duyarlılık düzeyleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(1): 17-22.
- Bhatt, P., Huang, Y., Zhan, H., Chen, S., 2019. Insight into microbial applications for the biodegradation of pyrethroid insecticides. *Front. Microbiol.*, 10: 1778.
- Bradberry, S.M., Cage, S.A., Proudfoot A.T., Vale, J.A., 2005. Poisoning due to pyrethroids. *Toxicol. Rev.*, 24 (2): 93-106.
- Bradbury, S.P., Coats, J.R., 1989. Comparative toxicology of the pyrethroid insecticides. *Rev. Environ. Contam. T.*, 108: 133-177.
- Bragança, I., Mucha, A.P., Tomasino, M.P., Santos, F., Lemos, P.C., Delerue-Matos, C., Domingues, V.F., 2019. Deltamethrin impact in a cabbage planted soil: Degradation and effect on microbial community structure. *Chemosphere*, 220: 1179-1186.
- Burton, M.J., Mellor, I.R., Duce, I.R., Davies, T.E., Field, L.M., Williamson, M.S., 2011. Differential resistance of insect sodium channels with *kdr* mutations to deltamethrin, permethrin and DDT. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, 41 (9): 723-732.
- Busvine, J.R., 1951. Mechanism of resistance to insecticide in houseflies. *Nature*, 168 (4266): 193-195.
- Casida, J.E., 1980. Pyrethrum flowers and pyrethroid insecticides. *Environ. Health Perspect.*, 34: 189-202.
- Casida, J.E., Quistad, G.B., 1998. Golden age of insecticide research: past, present, or future?. *Annu. Rev. Entomol.*, 43 (1): 1-16.
- Catterall, W.A., 2000. From ionic currents to molecular mechanisms. *Neuron*, 26 (1): 13-25.
- Cernohlavkova, J., Jarkovsky, J., Hofman, J., 2009. Effects of fungicides mancozeb and dinocap on carbon and nitrogen mineralization in soils. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 72:80-5.
- Chen, S., Hu, Q., Hu, M., Luo, J., Weng, Q., Lai, K., 2011a. Isolation and characterization of a fungus able to degrade pyrethroids and 3-phenoxybenzaldehyde. *Bioresour. Technol.*, 102 (17): 8110-8116.
- Chen, S., Lai, K., Li, Y., Hu, M., Zhang, Y., Zeng, Y., 2011b. Biodegradation of deltamethrin and its hydrolysis product 3-phenoxybenzaldehyde by a newly isolated *Streptomyces aureus* strain HP-S-01. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 90 (4): 1471-1483.
- Chen, S., Luo, J., Hu, M., Geng, P., Zhang, Y., 2012. Microbial detoxification of bifenthrin by a novel yeast and its potential for contaminated soils treatment. *PLoS One*, 7 (2): e30862.
- Chen, S., Zhan, H., 2019. Biodegradation of Synthetic Pyrethroid Insecticides. In: Arora PK (ed) *Microbial Metabolism of Xenobiotic Compounds*. Springer, Singapore, pp. 229-244.
- Chrutek, A., Hołyńska-Iwan, I., Dziembowska, I., Bogusiewicz, J., Wróblewski, M., Cwynar, A., Olszewska-Słonina, D., 2018. Current research on the safety of pyrethroids used as insecticides. *Medicina*, 54 (4): 61.
- Costa, L.G., 2015. The neurotoxicity of organochlorine and pyrethroid pesticides. *Handb. Clin. Neurol.*, 131: 135-148.
- Cycoń, M., Piotrowska-Seget, Z., Kaczyńska, A., Kozdrój, J., 2006. Microbiological characteristics of a sandy loam soil exposed to tebuconazole and λ -cyhalothrin under laboratory conditions. *Ecotoxicology*, 15:639-46.
- Cycoń, M., Piotrowska-Seget, Z., Kozdrój, J., 2010. Microbial characteristics of sandy soils exposed to diazinon under laboratory conditions. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 26:409-18.
- Cycoń, M., Piotrowska-Seget, Z., 2016. Pyrethroid-degrading microorganisms and their potential for the bioremediation of contaminated soils: A review. *Front. Microbiol.*, 7: 1463.
- Cycoń, M., Żmijowska, A., Piotrowska-Seget, Z., 2013. Enhancement of deltamethrin degradation by soil bioaugmentation with two different strains of *Serratia marcescens*. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 11 (5): 1305-1316.
- Daborn, P.J., 2002. A single P450 allele associated with insecticide resistance in *Drosophila*. *Science*, 297 (5590): 2253-2256.
- Dai, P.-L., Wang, Q., Sun, J.-H., Liu, F., Wang, X., Wu, Y.-Y., Zhou, T., 2010. Effects of sublethal concentrations of bifenthrin and deltamethrin on fecundity, growth, and development of the honeybee *Apis mellifera ligustica*. *Environ. Toxicol. Chem.*, 29 (3): 644-649.
- Das, R., Das, S.J., Das, A.C., 2016. Effect of synthetic pyrethroid insecticides on N₂-fixation and its mineralization in tea soil. *Eur. J. Soil. Biol.*, 74: 9-15.
- Daş, Y.K., Kaya, S., 2004. Türkiye'de üretilen ballarda bazı sentetik piretroid insektisit kalıntılarının incelenmesi. *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, 15: 1-2.
- David, J.-P., Strode, C., Vontas, J., Nikou, D., Vaughan, A., Pignatelli, P.M., Louis, C., Hemingway, J., Ranson, H., 2005. The *Anopheles gambiae* detoxification chip: A highly specific microarray to study metabolic-

- based insecticide resistance in malaria vectors. Proc. Natl. Acad. Sci., 102 (11): 4080-4084.
- Delen, N., Durmuşoğlu, E., Günçan, A., Güngör, N., Turgut, C., Burçak, A., 2005. Türkiye’de pestisit kullanımı, kalıntı ve organizmalarda duyarlılık azalışı sorunları. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongre, Ankara, 3-7 Ocak 2005, s: 629-648.
- Deng, W., Lin, D., Yao, K., Yuan, H., Wang, Z., Li, J., Zou, L., Han, X., Zhou, K., He, L., Hu, X., Liu, S., 2015. Characterization of a novel β -cypermethrin-degrading *Aspergillus niger* YAT strain and the biochemical degradation pathway of β -cypermethrin. Appl. Microbiol. Biotechnol., 99 (19): 8187-8198.
- Després, L., David, J.-P., Gallet, C., 2007. The evolutionary ecology of insect resistance to plant chemicals. Trends Ecol. Evol., 22 (6): 298-307.
- Dhang, P., 2014. Urban Insect Pests: Sustainable Management Strategies. CABI, Oxfordshire, 249 p.
- Dong, K., Du, Y., Rinkevich, F., Nomura, Y., Xu, P., Wang, L., Silver, K., Zhorov, B.S., 2014. Molecular biology of insect sodium channels and pyrethroid resistance. Insect Biochem. Mol. Biol., 50: 1-17.
- Durmuşoğlu, E., 2013. Pestisitlerle İlgili Temel Bilgiler. Ziraat Fakültesi, Ege Üniversitesi, 30 s.
- Durmuşoğlu, E., 2010. Türkiye’de pestisit kullanımı kalıntı ve dayanıklılık sorunları. Türkiye Ziraat Mühendisliği 7. Teknik Kongresi, 11 - 15 Ocak 2010, Ankara, s: 589-607.
- Eleftherianos, I., Foster, S., Williamson, M., Denholm, I., 2007. Characterization of the M918T sodium channel gene mutation associated with strong resistance to pyrethroid insecticides in the peach-potato aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). Bull. Entomol. Res., 98 (2): 183-191.
- Elliott, M., 1977. Synthetic pyrethroids. In: Elliott M (ed) Synthetic pyrethroids. ACS Symposium Series, Washington, pp. 1-28:
- FAO, 2021. Pesticides use (Online) <http://www.fao.org/faostat/en/?#data/RP> (Accessed Date: 1 March 2021).
- Feyereisen, R., 1999. Insect P450 enzymes. Annu. Rev. Entomol., 44 (1): 507-533.
- Ffrench-Constant, R.H., Benedict, M.Q., 2000. Resistance Genes as Candidates for Insect Transgenesis. In: Handler AM, James AA (ed) Insect Transgenesis Methods and Applications. CRC Press, London, pp. 109-121.
- Gajendiran, A., Abraham, J., 2018. An overview of pyrethroid insecticides. Front. Biol., 13 (2): 79-90.
- Gammon, D.W., Chandrasekaran, A., Elnaggar, S.F., 2012. Comparative Metabolism and Toxicology of Pyrethroids In Mammals. In: Marrs TC (ed) Mammalian Toxicology of Insecticides. Royal Society of Chemistry, Cambridge, pp.137-183.
- Ghazouani, L., Feriani, A., Mufti, A., Tir, M., Baaziz, I., Mansour, H.B., Mnafgui, K., 2019. Toxic effect of alpha cypermethrin, an environmental pollutant, on myocardial tissue in male wistar rats. Environ. Sci. Pollut. Res. Int., 27: 5709-5717.
- Gordon, J.R., Ottea, J., 2012. Association of esterases with insecticide resistance in *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). J. Econ. Entomol., 105 (3): 971-978.
- Green, K.K., Stenberg, J.A., Lankinen, A., 2020. Making sense of Integrated Pest Management (IPM) in the light of evolution. Evol Appl., 13:1791-1805.
- Guntay, O., Yikilmaz, M.S., Ozaydin, H., Izzetoglu, S., Suner, A., 2019. Evaluation of pyrethroid susceptibility in *Culex pipiens* of Northern Izmir province, Turkey. J. Arthropod Borne Dis., 12 (4): 370-377.
- Guo, P., Wang, B., Hang, B., Li, L., Ali, S.W., He, J., Li, S., 2009. Pyrethroid-degrading *Sphingobium* sp. JZ-2 and the purification and characterization of a novel pyrethroid hydrolase. Int. Biodeter. Biodegr., 63 (8): 1107-1112.
- Guzov, V.M., Unnithan, G.C., Chernogolov, A.A., Feyereisen, R., 1998. CYP12A1, a mitochondrial cytochrome P450 from the house fly. Arch. Biochem. Biophys., 359 (2): 231-240.
- Gür, Ö., Özdal, M., Algur, Ö.F., 2014. Biodegradation of the synthetic pyrethroid insecticide α -cypermethrin by *Stenotrophomonas maltophilia* OG2. Turk. J. Biol., 38: 684-689.
- Hardstone, M.C., Leichter, C., Harrington, L.C., Kasai, S., Tomita, T., Scott, J.G., 2007. Cytochrome P450 monooxygenase-mediated permethrin resistance confers limited and larval specific cross-resistance in the southern house mosquito, *Culex pipiens quinquefasciatus*. Pestic. Biochem. Physiol., 89: 175-184.
- Hartz, K.E.H., Nutile, S.A., Fung, C.Y., Sinche, F.L., Moran, P.W., Metre, P.C.V., Nowell, L.H., Lydy, M.J., 2019. Survey of bioaccessible pyrethroid insecticides and sediment toxicity in urban streams of the northeast United States. Environ. Pollut., 254: 112931.
- Hatipoğlu, A., Durmuşoğlu, E., Gürkan, M.O., 2015. Manisa ili bağ alanlarında Salkım güvesi [*Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Tortricidae)] popülasyonlarının

- insektisit direncinin belirlenmesi. *Türk. entomol. derg.*, 39 (1): 55-65.
- Hemingway, J., Field, L., Vontas, J., 2002. An overview of insecticide resistance. *Science*, 298 (5591): 96-97.
- Hemingway, J., Hawkes, N., Prapanthadara, L., Jayawardena, K.G.I., Ranson, H., 1998. The role of gene splicing, gene amplification and regulation in mosquito insecticide resistance. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, 353 (1376): 1695-1699.
- Hemingway, J., Ranson, H., 2000. Insecticide resistance in insect vectors of human disease. *Annu. Rev. Entomol.*, 45 (1): 371-391.
- Herve, J.J., 1985. Agricultural, Public Health and Animal Usage. In: Leahey JP (ed) *The Pyrethroid Insecticides*. Taylor and Francis, London, pp. 343-425.
- Hille, B., 2001. *Ion Channels of Excitable Membranes*. Sinauer, Sunderland, 814 p.
- Hopkins, B., Pietrantonio, P., 2010. The *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) voltage-gated sodium channel and mutations associated with pyrethroid resistance in field-collected adult males. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, 40 (5): 385-393.
- Huang, Y., Xiao, L., Li, F., Xiao, M., Lin, D., Long, X., Wu, Z., 2018. Microbial degradation of pesticide residues and an emphasis on the degradation of cypermethrin and 3-phenoxy benzoic acid: A review. *Molecules*, 23 (9): e2313.
- Hüyük, R., 2015. Etçi piliçlerde deltametrinin toksikokinetiği, Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Farmakoloji-Toksikoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 50s.
- Ingles, P.J., Adams, P.M., Knipple, D.C., Soderlund, D.M., 1996. Characterization of voltage-sensitive sodium channel gene coding sequences from insecticide-susceptible and knockdown-resistant house fly strains. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, 26 (4): 319-326.
- IRAC, 2019. Insecticide mode of actions (Online) <http://www.irac-online.org/> (Erişim Tarihi: 23 Aralık 2019).
- Jaacks, L.M., Diao, N., Calafat, A.M., Ospina, M., Mazumdar, M., Hasan, M.O.S.I., Wright, R., Quamruzzaman, Q., Christiani, D.C., 2019. Association of prenatal pesticide exposures with adverse pregnancy outcomes and stunting in rural Bangladesh. *Environ. Int.*, 133: 105243.
- Jilani, S., Khan, M.A., 2006. Biodegradation of cypermethrin by *Pseudomonas* in a batch activated sludge process. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 3 (4): 371-380.
- Karaağaç, S.U., 2011. Insecticide Resistance. In: Perveen F (ed) *Insecticides: Advances in Integrated Pest Management*. InTech, Rijeka, pp. 469-478.
- Karunaratne, S.H.P.P., Hemingway, J., Jayawardena, K.G.I., Dassanayaka, V., Vaughan, A., 1995. Kinetic and molecular differences in the amplified and non-amplified esterases from insecticide-resistant and susceptible *Culex quinquefasciatus* mosquitoes. *J. Biol. Chem.*, 270 (52): 31124-31128.
- Katagi, T., 1991. Photodegradation of the pyrethroid insecticide esfenvalerate on soil, clay minerals, and humic acid surfaces. *J. Agr. Food Chem.*, 39 (7): 1351-1356.
- Khambay, B.P.S., Farnham, A.W., Liu, M.-G., 1999. The pyrethrins and related compounds. Part XLII: Structure-activity relationships in fluoroolefin non-ester pyrethroids. *Pestic. Sci.*, 55 (7): 703-710.
- Khambay, B.P.S., Jewess, P.J., 2010. Pyrethroids. In: Gilbert LI, Gill SS (ed) *Insect Control: Biological and Synthetic Agents*. Elsevier, London, pp. 1-29.
- Koç, N.D., Muşlu, M.N., Kayhan, F.E., Çolak, S., 2009. Histopathological changes in ovaries of zebrafish (*Danio rerio*) following administration of deltamethrin. *Fresenius Environ. Bull.*, 18 (10): 1872-1878.
- Koçyigit, H., Sinanoğlu, F., 2019. Yüzeysel sularda pestisit kalıntısının araştırılması çalışma örneği; Alanya Alara Çayı. *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5 (2): 224-236.
- Kudom, A.A., Mensah, B.A., Froeschl, G., Boakye, D., Rinder, H., 2015a. Preliminary assessment of the potential role of urbanization in the distribution of carbamate and organophosphate resistant populations of *Culex* species in Ghana. *Parasit. Vectors*, 8: 8.
- Kudom, A.A., Mensah, B.A., Froeschl, G., Rinder, H., Boakye, D., 2015b. DDT and pyrethroid resistance status and laboratory evaluation of bio-efficacy of long lasting insecticide treated nets against *Culex quinquefasciatus* and *Culex decens* in Ghana. *Acta Trop.*, 150: 122-130.
- Kumar, S., Kaushik, G., Dar, M.A., Nimesh, S., López-Chuken, U.J., Villarreal-Chiu, J.F., 2018. Microbial degradation of organophosphate pesticides: A review. *Pedosphere*, 28 (2): 190-208.
- Lakshmi, A., 1993. Pesticides in India: risk assessment to aquatic ecosystems. *Sci. Total. Environ.*, 134: 243-253.
- Li, H., Cheng, F., Wei, Y., Lydy, M.J., You, J., 2017. Global occurrence of pyrethroid insecticides in sediment and the associated toxicological effects on benthic invertebrates: An overview. *J. Hazard. Mater.*, 324: 258-271.

- Li, T., Cao, C., Yang, T., Zhang, L., He, L., Xi, Z., Bian, G., Liu, N., 2015. A G-protein-coupled receptor regulation pathway in cytochrome P450-mediated permethrin-resistance in mosquitoes, *Culex quinquefasciatus*. *Sci. Rep.*, 10 (5): 17772.
- Liang, X., Xiao, D., He, Y., Yao, J., Zhu, G., Zhu, K., 2015. Insecticide-mediated up-regulation of cytochrome P450 genes in the Red Flour Beetle (*Tribolium castaneum*). *Int. J. Mol. Sci.*, 16 (1): 2078-2098.
- Liu, F., Chi, Y., Wu, S., Jia, D., Yao, K., 2014. Simultaneous degradation of cypermethrin and its metabolite, 3-phenoxybenzoic acid, by the cooperation of *Bacillus licheniformis* B-1 and *Sphingomonas* sp. SC-1. *J. Agr. Food Chem.*, 62 (33): 8256-8262.
- Liu, P., Liu, Y., Liu, Q., Liu, J., 2010. Photodegradation mechanism of deltamethrin and fenvalerate. *J. Environ. Sci.*, 22 (7): 1123-1128.
- Loughney, K., Kreber, R., Ganetzky, B., 1989. Molecular analysis of the para locus, a sodium channel gene in *Drosophila*. *Cell*, 58 (6): 1143-1154.
- Lu, Z., Gan, J., Cui, X., Delgado-Moreno, L., Lin, K., 2019. Understanding the bioavailability of pyrethroids in the aquatic environment using chemical approaches. *Environ. Int.*, 129: 194-207.
- Lumjuan, N., Rajatileka, S., Changsom, D., Wicheer, J., Leelapat, P., Prapanthadara, L.-A., Somboon, P., Lycett, G., Ranson, H., 2011. The role of the *Aedes aegypti* epsilon glutathione transferases in conferring resistance to DDT and pyrethroid insecticides. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, 41 (3): 203-209.
- Marrs, T.C., 2012. Toxicology of insecticides to mammals. *Pest Manag. Sci.*, 68 (10): 1332-1336.
- Martinez-Torres, D., Chevillon, C., Brun-Barale, A., Bergé, J., Pasteur, N., Pauron, D., 1999. Voltage-dependent Na channels in pyrethroid-resistant *Culex pipiens* L mosquitoes. *Pestic. Sci.*, 55 (10): 1012-1020.
- Matsuo, N., 2019. Discovery and development of pyrethroid insecticides. *Proc. Jpn. Acad., Ser. B.*, 95 (7): 378-400.
- Matthews, G.A., 2016. *Pesticides: Health, Safety and The Environment*. Wiley Blackwell, Oxford, 235 p.
- McCarroll, L., Paton, M.G., Karunaratne, S.H.P.P., Jayasuryia, H.T.R., Kalpage, K.S.P., Hemingway, J., 2000. Insecticides and mosquito-borne disease. *Nature*, 407 (6807): 961-962.
- Miyazaki, M., Ohyama, K., Dunlap, D.Y., Matsumura, F., 1996. Cloning and sequencing of the para -type sodium channel gene from susceptible and kdr -resistant German cockroaches (*Blattella germanica*) and house fly (*Musca domestica*). *Mol. Gen. Genet.*, 252 (1-2): 61-68.
- Moignot, B., Lemaire, C., Quinchard, S., Lapied, B., Legros, C., 2009. The discovery of a novel sodium channel in the cockroach *Periplaneta americana*: Evidence for an early duplication of the para-like gene. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, 39 (11): 814-823.
- Morrissey, C.A., Mineau, P., Devries, J.H., Sanchez-Bayo, F., Liess, M., Cavallaro, M.C., Liber, K., 2015. Neonicotinoid contamination of global surface waters and associated risk to aquatic invertebrates: A review. *Environ. Int.*, 74: 291-303.
- Munoz-Leoz, B., Garbisu, C., Charcosset, J.Y., Sanchez-Perez, J.M., Antigüedad, I., Ruiz-Romera, E., 2013. Non-target effects of three formulated pesticides on microbially-mediated processes in a clay-loam soil. *Sci. Total Environ.*, 449: 345-354.
- National Center for Biotechnology Information, 2021. PubChem Compound Summary for CID 40585, Deltamethrin and CID 11442, Allethrin (Online) <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Deltamethrin> and <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Allethrin>. (Accessed Date: 27 February 2021).
- Nauen, R., 2007. Insecticide resistance in disease vectors of public health importance. *Pest Manag. Sci.*, 63 (7): 628-633.
- Nkya, T.E., Akhouayri, I., Kisinza, W., David, J.-P., 2013. Impact of environment on mosquito response to pyrethroid insecticides: Facts, evidences and prospects. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, 43 (4): 407-416.
- Okamoto, H., Sakai, K., Goto, S., Takasu-Ishikawa, E., Hotta, Y., 1987. Isolation of *Drosophila* genomic clones homologous to the eel sodium channel gene. *Proc. Jpn. Acad.*, 63 (7): 284-288.
- Omkar, 2018. *Pests And Their Management*. Springer, Gateway East, 1078 p.
- Oros, D.R., Werner, I., 2005. *Pyrethroid Insecticides: An Analysis of Use Patterns, Distributions, Potential Toxicity and Fate in the Sacramento-San Joaquin Delta and Central Valley*. San Francisco Estuary Institute, Oakland, 112 p.
- Özdal, Ö.G., Algur, Ö.F., 2020. Isolation and identification of the pyrethroid insecticide deltamethrin degrading bacteria from insects. *European Journal of Science and Technology*, 18: 905-910.

- Palmquist, K., Fairbrother, A., Salatas, J., 2012. Pyrethroid Insecticides: Use, Environmental Fate, and Ecotoxicology. Open Access Publisher, Intech, 278 p.
- Pavek, P., Dvorak, Z., 2008. Xenobiotic-induced transcriptional regulation of xenobiotic metabolizing enzymes of the cytochrome P450 superfamily in human extrahepatic tissues. *Curr. Drug. Metab.*, 9 (2): 129-143.
- Perre, C.D., Trimble, A.J., Maul, J.D., Lydy, M.J., 2014. Ecological bioavailability of permethrin and p,p'-DDT: Toxicity depends on type of organic matter resource. *Chemosphere*, 96: 67-73.
- Perry, A.S., Yamamoto, I., Ishaaya I., Perry. R.Y., 1998. Insecticides in Agriculture and Environment Retrospects and Prospects. Springer, Berlin, 261 p.
- Pittendrigh, B., Reenan, R., Ffrench-Constant, R.H., Ganetzky, B., 1997. Point mutations in the *Drosophila* sodium channel gene para associated with resistance to DDT and pyrethroid insecticides. *Mol. Gen. Genet.*, 256 (6): 602-610.
- Prato, M., Khadjavi, A., Mandili, G., Minero, V.G., Giribaldi, G., 2011. Insecticides as Strategic Weapons for Malaria Vector Control. In: Perveen F (ed) Insecticides, Advances In Integrated Pest Management. InTech, Rijeka, pp. 91-114.
- Rinkevich, F.D., Du Y., Dong. K., 2013. Diversity and convergence of sodium channel mutations involved in resistance to pyrethroids. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 106 (3): 93-100.
- Riveron, J.M., Yunta, C., Ibrahim, S.S., Djouaka, R., Irving, B.H., Menze, D., Ismail, H.M., Hemingway, J., Ranson, H., Albert, A., Wondji, C.S., 2014. A single mutation in the GSTe2 gene allows tracking of metabolically based insecticide resistance in a major malaria vector. *Genome Biol.*, 15 (2): R27.
- Roditakis, E., Tsagkarakou, A., Vontas, J., 2006. Identification of mutations in the para sodium channel of *Bemisia tabaci* from Crete, associated with resistance to pyrethroids. *Pestic. Biochem. Phys.*, 85 (3): 161-166.
- Rodríguez-Estrada, J., Sobrino-Figueroa, A.S., Martínez-Jerónimo, F., 2016. Effect of sublethal α -cypermethrin exposure on main macromolecules concentration, energy content, and malondialdehyde concentration in free-feeding *Danio rerio* larvae. *Fish Physiol. Biochem.*, 42: 859-868.
- Sabourault, C., Guzov, V.M., Koener, J.F., Claudianos, C., Plapp, F.W., Feyereisen, R., 2001. Overproduction of a P450 that metabolizes diazinon is linked to a loss-of-function in the chromosome 2 ali-esterase (MdxE7) gene in resistant house flies. *Insect Mol. Biol.*, 10 (6): 609-618.
- Sağlık Bakanlığı, 2021. Aktif Maddelere Ait Listeler (Online)
<https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/cevresagligi-biyosidal/ab-uygulamalar%C4%B1,-mevzuat,-organizasyon,-koruyucular-ve-di%C4%9Fer-biyosidal-%C3%BCr%C3%BCnler-birimi/aktif-maddelere-ait-listeler-guncel.html> (Erişim Tarihi: 27.02.2021).
- Saikia, N., Gopal, M., 2004. Biodegradation of β -cyfluthrin by fungi. *J. Agr. Food Chem.*, 52 (5): 1220-1223.
- Sarkar, M., Borkotoki, A., Baruah, I., Bhattacharyya, I.K., Srivastava, R.B., 2009. Molecular analysis of knock down resistance (kdr) mutation and distribution of kdr genotypes in a wild population of *Culex quinquefasciatus* from India. *Trop. Med. Int. Health*, 14 (9): 1097-1104.
- Scott, J.G., Matsumura. F., 1983. Evidence for two types of toxic actions of pyrethroids on susceptible and DDT-resistant german cockroaches. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 19 (2): 141-150.
- Seğmenoğlu, M.S., 2020. The effect of pyrethroid group pesticides on honey bee deaths in Cukurova region. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(3): 594-597.
- Selvi, S., Edah, M.A., Nazni, W.A., Lee, H.L., Azahari, A.H., 2007. Characterization on malathion and permethrin resistance by bioassays and the variation of esterase activity with the life stages of the mosquito *Culex quinquefasciatus*. *Trop. Biomed.*, 24 (1): 63-75.
- Smith, L.B., Kasai S., Scott. J.G., 2016. Pyrethroid resistance in *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*: Important mosquito vectors of human diseases. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 133: 1-12.
- Soderlund, D.M., 2005. Sodium Channels. Pharmacology. In: Gilbert LI, Iatrou K, Gill SS (ed) Comprehensive Molecular Insect Science. Elsevier, London, pp. 1-24.
- Soderlund, D.M., 2008. Pyrethroids, knockdown resistance and sodium channels. *Pest Manag. Sci.*, 64 (6): 610-616.
- Soderlund, D.M., 2011. Molecular mechanisms of pyrethroid insecticide neurotoxicity: recent advances. *Arch. Toxicol.*, 86 (2): 165-181.
- Soderlund, D.M., Bloomquist. J.R., 1989. Neurotoxic actions of pyrethroid insecticides. *Annu. Rev. Entomol.*, 34 (1): 77-96.
- Soderlund, D.M., Clark, J.M., Sheets, L.P., Mullin, L.S., Piccirillo, V.J., Sargent, D., Stevens, J.T.,

- Weiner, M.L., 2002. Mechanisms of pyrethroid neurotoxicity: implications for cumulative risk assessment. *Toxicology*, 171:3–59.
- Soderlund, D.M., Knipple, D., 2003. The molecular biology of knockdown resistance to pyrethroid insecticides. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, 33 (6): 563-577.
- Song, H., Zhou, Z., Liu, Y., Deng, S., Xu, H., 2015. Kinetics and mechanism of fenpropathrin biodegradation by a newly isolated *Pseudomonas aeruginosa* sp. strain JQ-41. *Curr. Microbiol.*, 71 (3): 326-332.
- Sonoda, S., Igaki, C., Tsumuki, H., 2008. Alternatively spliced sodium channel transcripts expressed in field strains of the diamondback moth. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, 38 (9): 883-890.
- Spurlock, F., Lee, M., 2008. Synthetic Pyrethroid Use Patterns, Properties, and Environmental Effects, In: Gan J (ed) *Synthetic Pyrethroids: Occurrence and Behavior in Aquatic Environments*. J. Am. Chem. Soc., Washington, pp. 3-23.
- Stehle, S., Bub, S., Schulz, R., 2018. Compilation and analysis of global surface water concentrations for individual insecticide compounds. *Sci. Total Environ.*, 639: 516-525.
- Stenersen, J., 2004. *Chemical Pesticides: Mode of Action and Toxicology*. CRC Press, Boca Raton, 276 p.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021. Yasaklanan Bitki Koruma Ürünleri Aktif Madde Listesi (Online) <https://www.tarimorman.gov.tr/Konu/934/Yasaklanan-Bitki-Koruma-Urunleri-Aktif-Madde-Listesi> (Erişim Tarihi: 27.02.2021).
- Taskin, B.G., Dogaroglu, T., Kilic, S., Dogac, E., Taskin, V., 2016. Seasonal dynamics of insecticide resistance, multiple resistance, and morphometric variation in field populations of *Culex pipiens*. *Pestic. Biochem. Phys.*, 129: 14-27.
- Thackeray, J.R., Ganetzky, B., 1994. Developmentally regulated alternative splicing generates a complex array of *Drosophila* para sodium channel isoforms. *J. Neurosci.*, 14 (5): 2569-2578.
- Thackeray, J.R., Ganetzky, B., 1995. Conserved alternative splicing patterns and splicing signals in the *Drosophila* sodium channel gene para. *Genetics*, 141 (1): 203-14.
- Thatheyus, A., Selvam, A.G., 2013. Synthetic pyrethroids: Toxicity and biodegradation. *Appl. Ecol. Env. Res.*, 1 (3): 33-36.
- Tiryaki, O., 2016. Türkiye’de yapılan pestisit kalıntı analiz ve çalışmaları. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 32 (1):72-82.
- Tsukamoto, M., Narahashi, T., Yamasaki, T., 1965. Genetic control of low nerve sensitivity to DDT in insecticide-resistant houseflies. *Botyu-Kagaku*, 30: 128.
- Tubiello, F.N., Soussana, J.-F., Howden, S.M., 2007. Crop and pasture response to climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 104 (50): 19686-19690.
- Ullah, S., Li, Z., Zuberi, A., Arifeen, M.Z.U., Baig, M.M.F.A., 2019. Biomarkers of pyrethroid toxicity in fish. *Environ. Chem. Lett.*, 17 (2): 945-973.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, 2019. *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. United Nations, New York, 103 p.
- Vais, H., Atkinson, S., Eldursi, N., Devonshire, A., Williamson, M., Usherwood, P., 2000. A single amino acid change makes a rat neuronal sodium channel highly sensitive to pyrethroid insecticides. *FEBS Letters*, 470 (2): 135-138.
- Vanzetto, G.V., Slaviero, J.G., Sturza, P.F., Rutkoski, C.F., Macagnan, N., Kolcenti, C., Hartmann, P.A., Ferreira, C.M., Hartmann, M.T., 2019. Toxic effects of pyrethroids in tadpoles of *Physalaemus gracilis* (Anura: Leptodactylidae). *Ecotoxicology*, 28 (9): 1105-1114.
- Vontas, J.G., Small, G.J., Hemingway, J., 2001. Glutathione S-transferases as antioxidant defence agents confer pyrethroid resistance in *Nilaparvata lugens*. *Biochem. J.*, 357 (1): 65.
- Wang, B.-Z., Ma, Y., Zhou, W.-Y., Zheng, J.-W., Zhu, J.-C., He, J., Li, S.-P., 2011. Biodegradation of synthetic pyrethroids by *Ochrobactrum tritici* strain pyd-1. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 27 (10): 2315-2324.
- Warmke, J.W., Reenan, R.A., Wang, P., Qian, S., Arena, J.P., Wang, J., Wunderler, D., Liu, K., Kaczorowski, G.J., Ploeg, L.H.V.D., Ganetzky, B., Cohen, C.J., 1997. Functional expression of *Drosophila* para sodium channels. *J. Gen. Physiol.*, 110 (2): 119-133.
- Wen, Z., Zeng, R.S., Niu, G., Berenbaum, M.R., Schuler, M.A., 2009. Ecological significance of induction of broad-substrate cytochrome P450s by natural and synthetic inducers in *Helicoverpa zea*. *J. Chem. Ecol.*, 35 (2): 183-189.
- West, T.F., 1959. The History of the African Pyrethrum Industry. *RSA Journal*, 107(5034):423-441.
- Wondji, C.S., Priyanka De Silva, W.A.P., Hemingway, J., Ranson, H., Karunaratne, S.H.P.P., 2008. Characterization of knockdown resistance in DDT- and pyrethroid-resistant *Culex quinquefasciatus* populations from Sri Lanka. *Trop. Med. Int. Health*, 13 (4): 548-555.

- World Health Organization, 2012. Global Plan for Insecticide Resistance Management, WHO, Geneva, 130 p.
- Yalçın, E., 2013. İnektisit Direnç ve Yönetimi. Meta Basım, İzmir, 248 s.
- Yang, Y., Yue, L., Chen, S., Wu, Y., 2008. Functional expression of *Helicoverpa armigera* CYP9A12 and CYP9A14 in *Saccharomyces cerevisiae*. Pestic. Biochem. Physiol., 92 (2): 101-105.
- Yanola, J., Chamnanya, S., Lumjuan, N., Somboon, P., 2015. Insecticides resistance in the *Culex quinquefasciatus* populations from northern Thailand and possible resistance mechanisms. Acta Trop., 149: 232-238.
- Yesir, N., Koçak, E., 2017. Türkiye’de pirinç biti (*Sitophilus oryzae*, coleoptera: curculionidae) popülasyonlarının malathion ve deltamethrin’e karşı direnç durumunun belirlenmesi. Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 14-25.
- Yu, S.J., 2014. The Toxicology and Biochemistry of Insecticides. CRC Press/Taylor & Francis Group, Boca Raton, 276 p.
- Yuan, J., Guo, J., Wang, H., Guo, A., Lian, Q., Gu, Z., 2019. Acute toxicity of cypermethrin on the juvenile of red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. Chemosphere, 237: 124468.
- Zhan, H., Wang, H., Liao, L., Feng, Y., Fan, X., Zhang, L., Chen, S., 2018. Kinetics and novel degradation pathway of permethrin in *Acinetobacter baumannii* ZH-14. Front Microbiol., 2 (9): 98.
- Zhang, C., Jia, L., Wang, S., Qu, J., Li, K., Xu, L., Shi, Y., Yan, Y., 2010. Biodegradation of beta-cypermethrin by two *Serratia* sp. with different cell surface hydrophobicity. Bioresour. Technol., 101 (10): 3423-3429.
- Zhang, R., Jiang, J., Gu, J.-D., Li, S., 2006. Long term effect of methylparathion contamination on soil microbial community diversity estimated by 16S rRNA gene cloning. Ecotoxicology, 15 (6): 523-530.
- Zhang, S., Yin, L., Liu, Y., Zhang, D., Luo, X., Cheng, J.E., Cheng, F., Dai, J., 2010. Cometabolic biotransformation of fenprothrin by *Clostridium* species strain ZP3. Biodegradation, 22 (5): 869-875.
- Zhang, T., Liu, Z., Song, W., Du, Y., Dong, K., 2011. Molecular characterization and functional expression of the DSC1 channel. Insect Biochem. Mol. Biol., 41 (7): 451-458.
- Zhang, X., Dong, J., Wu, H., Zhang, H., Zhang, J., Ma, E., 2019. Knockdown of cytochrome P450 CYP6 family genes increases susceptibility to carbamates and pyrethroids in the migratory locust, *Locusta migratoria*. Chemosphere, 223: 48-57.
- Zhao, J., Chi, Y., Xu, Y., Jia, D., Yao, K., 2016. Co-metabolic degradation of β -cypermethrin and 3-phenoxybenzoic acid by co-culture of *Bacillus licheniformis* B-1 and *Aspergillus oryzae* M-4. PLoS One, 11 (11): e0166796.
- Zhou, W., Chung, I., Liu, Z., Goldin, A.L., Dong, K., 2004. A voltage-gated calcium-selective channel encoded by a sodium channel-like gene. Neuron, 42 (1): 101-112.
- Zhu, F., Lavine, L., O’Neal, S., Lavine, M., Foss C., Walsh, D., 2016. Insecticide resistance and management strategies in urban ecosystems. Insects, 7 (1): 2.



Nutritional Composition and Health Benefits of Walnut and its Products

Halil İbrahim BINİCİ^{1,*}, İhsan Güngör ŞAT^{1,b}, Eyad AOUDEH^{1,c}

¹Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Erzurum, Turkey

*Corresponding author e-mail: ibrahimbincici1325@gmail.com

doi: 10.17097/ataunizfd.843028

Received (Geliş Tarihi): 20.12.2020 Accepted (Kabul Tarihi): 19.04.2021 Published (Yayın Tarihi): 29.05.2021

ABSTRACT: Our food contains macro and micro components that are necessary for us to maintain our lives. In particular, it is mandatory to get the necessary vitamins and minerals for vital functions. Turkey has an enormous diversity of food products due to both geographical and climatic conditions. One of these products is walnut that is grown in almost all regions of our Turkey. Vitamin, mineral and fatty acid composition of walnut varies depending on climate conditions such as temperature and humidity. From the health perspective, walnut is considered a valuable food item. Due to its content of silver ions walnut has an important role in balancing brain health and cholesterol levels. On the other hand, walnut is rich in essential fatty acids such as omega-3 fatty acids. Walnut jam -as one of the walnut products is not common due to the high cost. However, the vitamins and minerals content of the walnut green shell – which is used in walnut jam production-, increased the demand and preference of walnut jam. Walnut and its products play an important role in prevention of cardiovascular diseases, cancer and diabetes because of its high content of unsaturated fatty acids. The outlines of this review are walnut functions and composition, its effect on human health, consumption amount and analysis methods, production of walnut products and its health effects.

Keywords: Walnut, Walnut jam, Composition, Traditional foods, Consumer health

Ceviz ve Ceviz Ürünlerinin Besinsel Bileşimi ve Sağlık Üzerine Etkileri

ÖZ: Gıdalarımız geçmişten günümüze hayatımızı sürdürebilmemiz için gerekli olan makro ve mikro bileşenleri içermektedir. Özellikle hayati fonksiyonlar için gerekli olan vitamin ve minerallerin alınması zorunludur. Ülkemiz gerek coğrafi koşulları gerekse de iklim koşullarından dolayı muazzam bir gıda çeşitliliğine sahiptir. Bu ürünlerden bir tanesi de cevizdir. Ülkemizin neredeyse bütün coğrafyasında yetişen ceviz iklim koşuluna (sıcaklık, nem) bağlı olarak vitamin, mineral ve yağ asidi kompozisyonu bakımından farklılık göstermektedir. Ceviz içermiş olduğu besin bileşimi bakımından çok önemli bir yer teşkil etmektedir. Özellikle içerdiği gümüş iyonları nedeniyle beyin sağlığı ve kolesterolün dengelenmesinde önemli bir yere sahiptir. Öte yandan içermiş olduğu elzem yağ asitleri bakımından zengin olan ceviz omega-3 yağ asidini de önemli oranda içermektedir. Ceviz ürünleri içerisinde yer alan ceviz reçeli günümüzde maliyetinin yüksek olmasından dolayı yaygın olmamasına rağmen üretiminde kullanılan yeşil kabuklu cevizin sahip olduğu vitamin ve minerallerden dolayı ürünün tercih edilme ve talebini de artırmaktadır. Özellikle doymamış yağ asidi bakımından zengin olan ceviz ve ceviz ürünleri başta kardiyovasküler hastalıklar, kanser, diyabet gibi hastalıkların önlenmesinde ve beslenmede önemli bir yere sahiptir. Cevizin fonksiyonları ve bileşimi, insan sağlığı üzerine etkileri, tüketim miktarları ve analiz yöntemleri, ceviz ürünlerinin üretim şekli ve sağlık üzerine etkileri bu derlemenin konusunu oluşturmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ceviz, Ceviz reçeli, Bileşim, Geleneksel ürünler, Tüketici sağlığı

INTRODUCTION

The walnut tree, which belongs to the family Juglandaceae, has been reported to have 18 different species and are found in Mediterranean, East Asia, India, USA, Canada, Central America and Andes regions. The Romans used to call it 'Jovis Glans'

which means 'Jupiter's King Fruit', the source from which the genus name of the walnut became to be Juglans (Megep, 2009). Among the 18 species, the Anatolian walnut (*Juglandaceae* regia L, also known as Iranian walnut or English walnut), is the most grown and commercially important variety because

Bu makaleye atıfta bulunmak için / To cite this article: Binici, H.İ., Şat, İ.G., Aoudeh, E., 2021. Nutritional Composition and Health Benefits of walnut and its Products. Atatürk Univ. J. of Agricultural Faculty, 52 (2): 224-230. doi: 10.17097/ataunizfd.843028

^aORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3301-3994> ^bORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9868-0208>

^cORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0097-8450>



of its size, sweetness, thin crust and easy break shells (Davis, 1982; Rosengarten, 1984; Akça, 2001).

Usually, the walnut is used in various products in order to improve taste, aroma and appearance, and to increase crispiness of the products. It is also used in combination with other hard-shell fruits, sugars, honey and syrup to make various pastes. In addition, walnuts are used in various traditional products such as walnut paste, walnut dried pulp (Pestil), preserve/dessert, walnut sugar, walnut sauce etc (Şen, 1986; Anonymous., 1991; Torun, 1999; Bakkalbaşı et al., 2010). Walnut, which has a wide range usability, and thanks to its health benefits, it occupies an important place in human diet in some parts of the world (Ruggeri et. al., 1998; Bakkalbaşı et. al., 2010).

Composition of Walnuts

The proximate composition of walnut has been reported to be as, 13.6-22.3% protein, 56.4-70.6% fat and around 2% ash. Importantly high biological value (low lysine / arginine ratio) and easily digestible protein makes it an important food in vegetarian diet (Sahin and Akbaş, 2001). Furthermore, in vegetarian diet, it is stated that most of the required amino acids could be supplied when walnut is consumed together with legumes (Şimşek and Gülsoy, 2016; Reiter et al., 2005; Serrano et al., 2005). Addition to essential amino acids, presence of essential fatty acids in walnuts are the components which makes them functional foods too. In particular, the fact that the oil is proportionally rich in polyunsaturated fatty acids increases its importance in nutrition. The walnut fat is composed of 72% polyunsaturated fatty acid (59% linoleic [n-6], 13% α -linolenic [n-3]), 18% monounsaturated fatty acids (oleic acid) and 10% saturated fatty acids. It is also found to contain significant amount of fat, fat soluble vitamins: vitamins A and vitamin E, water soluble vitamins: Vitamin B1, B2, folic acid, pantothenic acid and niacin, vitamin C and minerals (Lavedrine et al, 1999). Walnut is also a good source of manganese and copper which are essential minerals in important enzymes having the antioxidant activities (Şimşek and Gülsoy, 2016). Furthermore, the fiber present in walnuts also play an important role in digestive system (Serrano et al., 2005; Şimşek and Gülsoy, 2016).

Health Benefits of walnut and walnut products

Walnut is the only food source containing silver ions that are very beneficial for brain health, and the only organ that requires silver ion is the brain (Akça, 2001).

It has been reported that walnut exhibit more antioxidant activities compared to other hard-shell

nuts (Pellegrini et al., 2006; Arcan and Yemenicioglu, 2009) and also a good source of essential fatty acids (Li et al., 2007). Therefore, it is frequently obvious that, in the epidemiological studies on the effects of both antioxidants and fatty acids on health, walnuts have been found to have protective effects on various diseases such as cardiovascular diseases, cancer and cataracts and aging (Lavedrine et al., 1999; Kaur and Kapoor, 2001; Arcan and Yemenicioglu, 2009).

In a study by Lavedrine et al. (1999) carried out in France, it was found that the polyunsaturated fatty acids contribute in reducing the risk of cardiovascular diseases and the principal source of polyunsaturated fatty acids being walnut and walnut oil.

In another study by Abbey et al., (1994), it was found that the walnuts which are rich in polyunsaturated fatty acids, reduces LDL cholesterol when taken as supplementary food (48 g day⁻¹). The walnut phenolics are the major components which have been found responsible with the antiatherogenic and antioxidant properties associated with the health benefits of walnut consumption (Anderson et al., 2001; Fukuda et al., 2003). Juglon, a phenolic compound and commonly found in walnuts, has been reported to have a potential to reduce melanoma tumor cells (Aithal et al., 2009).

Walnut contains polyunsaturated fatty acids (Omega 3 and Omega 6) in the ratio of 9.081g 100g⁻¹ and 38.095g 100g⁻¹ respectively (Simopoulous, 1999). Because of these fatty acids are not synthesized in human body, it must be supplied externally via foods. As walnuts are rich sources of these essential nutrients, it has become indispensable portion of the regular human diet (Heidal et al., 2004). According to FAO, together with low saturated fat and cholesterol diet, a daily intake of 42.5 g of walnut could prevent chronic heart diseases (Şimşek and Gülsoy, 2016). It has also been found that walnuts contain high amounts of δ -tocopherol (24-46 mg 100g⁻¹) (Reiter et al., 2005).

The presence of oleic (18: 1 n-9), linoleic (18: 2 n-6) and linolenic (18: 3 n-3) acids in walnut oil is an important indicator for economic and nutritional value too. It should be noted that oils with low linoleic and linolenic acid content have a longer shelf life, whereas highly unsaturated (polyunsaturated) fatty acids are preferred for their health benefits. It is recommended that the walnut oil is not suitable for frying purposes because of its high linolenic acid content however, it can be used in bread, cake and biscuit production (Zwarts and Savage, 1999). L-arginine, one of the essential amino acids found in walnuts, has been reported to turn into nitric oxide in the human body, preventing arteriosclerosis (Şimşek and Gülsoy, 2016). On the other hand, the walnut oil is also used in the treatment of dry hair, dandruff and

head wounds. Walnut fruit's green peel and leaves have been reported to be used as a medicine for skin diseases, dental abscesses, herpes, intestinal worms, sweating of hands and feet, eczema and bee stings (Yiğit and Ay, 2016).

Walnut Products

Walnut preserve/dessert

Although grown almost in every region of Turkey, walnut specific to Adilcevaz, which is a district of Bitlis province, on the shore of Lake Van, has a special importance. The walnut jam which made by Adilcevaz's walnut is different from those made from other walnut types due to the fact that the walnut used has local characteristics. this species contains high levels of unsaturated fatty acids, able to grow at 2500 m altitudes, resistant to early spring frosts, self-pollinating species, fruiting starts 4 years after the plantation and able to adapt at any weather conditions. The high genetic quality of fruits grown in the Adilcevaz district is another feature that makes it valuable.

The Adilcevaz walnut which is different from other walnuts in terms of taste and quality, contains

total 65% fat and is at the *first place/ first secrets* among the walnut varieties. The weight of a whole fruit with shell is 18-25 g and the kernel (edible interior of the nut) to whole fruit ratio (edible part) is around 50-60%. The outer shell of the fruit is thin, the inner color (edible part) is white and easy to separate from the shell. The peel/bark of the fruit is smooth, the tree/plant has high fruit yield, and is resistant to diseases. Along with these features, Adilcevaz walnut is also a rich source of folic acid and vitamin E, iron, phosphorus, magnesium, potassium, zinc and omega 3 fatty acid. The nutritional composition of 100 g of walnut is given in Table 1 (Anonymous, 2017a).

The production of walnut jam is a very demanding process. Adilcevaz walnut jam; apart from consumption like classic jam, also consumed as dessert or served next to coffee as treat. Fresh, green shelled, immature nuts are used to make the jam. The fruits are/should be checked for their suitability to make jam in the month of June before the it begins to ripen (Anonymous, 2017a).

Table 1. Nutritional Value of 100 g of Walnut (Anonymous, 2017a; Anonymous, 2019c)

Nutritional Components	Amount in California Walnuts (average)	Amount in Adilcevaz Walnuts (average)
Carbohydrate (g)	13.71	6.9
Protein (g)	15.2	20.5
Fat (g)	65.21	70.8
Fiber (g)	6.7	6.7
Cholesterol (mg)	0	0
Sodium (mg)	2	2
Potassium (mg)	441	450
Calcium (mg)	98	99
Vitamin A (iu)	20	30
Vitamin C (mg)	1.7	2
Iron (mg)	2.91	3.1
Ash (g)	2.5	2.5
Water (g)	3.5	3.5
Phosphor (mg)	380	380
Magnzeyum (mg)	121	131
Thiamin (mg)	33	33
Riboflavin (mg)	9	13
Niacin (mg)	9	9
Energy Value (kcal)	654	700

Production of Walnut Preserve

First of all, walnuts that are not ripe and slightly larger than the hazelnuts are collected, and thin layer of peel is removed with a peeler. Peeled walnuts are

placed in stainless steel containers, enough water is added to submerge it and left for 10 days until it becomes dark colored. The water is changed 4-5 times a day during the process (Figure. 1).



Figure 1. Walnuts soaked in water

At the end of the tenth day, the blackened walnuts are washed and placed in a container and enough 'lime water' is poured to cover it. After four hours, the lime settles to the bottom, a clear water layer on the top of the lime and a thin layer on the top of the water is formed. The topmost layer is discarded. The clear water layer and walnuts are

carefully transferred to another container and kept for 5-6 hours, thoroughly washed and boiled (Figure 2). The boiled walnuts are then washed again 2-3 times, 3-4 small holes are poked with thin metal needles. It is then boiled in sugar syrup (1 6^{-1} sugar to water ratio). Cloves are added to the syrup which imparts flavor and aroma to the product.



Figure 2. Boiling of lime treated walnuts (Boiling of walnut preserve)

The completion of cooking (achieving suitable consistency) is determined by dropping a few drops of the preserve on cooled plate as: if the preserve does not flow easily on the surface of the plate after standing for a while, the cooking is said to be

completed. After cooking to the suitable consistency, the hot preserve is placed in the jars and the lid of the jar is tightly closed. The jar is turned upside down and left for 1 day (Figure 3) (Anonymous, 2017b).



Figure 3. Walnut preserve

The aroma, taste and high nutrient content of Adilcevaz walnut makes the traditionally made Adilcevaz walnut preserve different from walnut preserves made in other regions (Anonymous, 2017b).

Walnut Paste

The most suitable walnuts to make paste is picked up in the months of August-September when the fruits are fully matured and the shell is hardened. The tough outer shell is removed, the interior (kernel) of the nut is then crushed in suitable container, some semolina is added intermittently along with addition

of more walnut kernel. Water is added to the resulting paste. It is then cooked in a steel cauldron and cooled. Sugar is added and blended till it dissolves following by addition and continuous blending of more semolina and kernel paste thereafter, until final required texture is achieved. After the sugar added is dissolved and required texture is achieved, powder sugar is spread on a tray, then the prepared walnut paste is poured and spread on the tray. It is then cut into baklava like (rectangular cube) slices (Figure 4) (Anonymous, 2019a).



Figure 4. Walnut paste

Walnut oil

Walnut oil mainly consists of polyunsaturated fatty acids (72% of total fat), especially alpha-linolenic acid (14%) and linoleic acid (58%), oleic acid (13%) and saturated fats (9%) (Anonymous, 2019c). It could be used as cooking oil, but due to its high price, it is less preferred in food preparation than other oils. Even though, it is/could be used for deep frying, is avoided, because high temperature cooking reduces the taste of the oil and gives a slight bitterness to the fried products. Therefore, it is generally preferred to use as a cold/unheated ingredient such as salad dressing (Ben-Erik, 2014). Walnut oil can be extracted with the cold press process, but since this process is very expensive, it is generally produced in the factory (Anonymous, 2017b; 2019b).

CONCLUSION

Among the oil seeds, walnut, which contains high levels of unsaturated fatty acids (omega-3 and omega-6) and silver ions has an important role in brain health and nutrition of consumers. Moreover, it is also known to have more antioxidant effects than other hard-shelled fruits and therefore plays a protective role against various diseases such as cardiovascular diseases, cancer and aging. Walnut products are often recommended for breakfast because of their benefits to health, especially cardiovascular health. Due to its high unsaturated fatty acid content, walnut oil is more suitable to be used in cold appetizers and salads than high temperature cooking and frying. The consumption of walnuts and walnut products should be encouraged for a balanced and healthy diet. Increasing the scientific studies on the nutrients and health benefits of walnuts and walnut products will reveal unknown features of these products.

Statement of Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interests.

Authors' Contributions

HİB and EA contributed to literature research and drafting of the article, İGŞ conceptualized the work and did critical revision of the article.

REFERENCES

Abbey, M., Noakes, M., Belling, G.B., Nestel, P.B., 1994. Partial Replacement of Saturated Fatty Acids with Almonds or Walnuts Lowers Total Plasma Cholesterol and Low-density-lipoprotein Cholesterol, *American Society for Clinical Nutrition*; 59 (5): 995-999.

Aithal, B.K., Kumar. M.R., Rao, B.N., Udupa, N., Rao, B.S., 2009. Juglone, a naphthoquinone

from walnut, exerts cytotoxic and genotoxic effects against cultured melanoma tumor cells. *Cell Biology International*, 33 (10): 1039-1049.

Akça, Y., 2001. *Ceviz Yetiştiriciliği*. Arı Ofset Matbaası, Tokat. 356 s.

Anderson, K.J., Teuber, S.S., Gobeille, A., Cremin, P., Waterhouse, A.L., Steinberg, F.M., 2001. Walnut Polyphenolics Inhibit In Vitro Human Plasma and LDL Oxidation, *Journal of Nutrition*, 131 (11): 2837-2842.

Anonymous, 1991. The California Walnut- The Wander Nut. *Food Trade Review*, January: 25-27.

Anonymous, 2017a. Adilcevaz İlçe Tarım Müdürlüğü Patent Başvurusu. <https://www.turkpatent.gov.tr/TURKPATENT/geographicalRegisteredList> (Accessed Date: 14 November 2017).

Anonymous, 2017b. "Walnut industry". California Walnuts. https://www.nutstop.com/product/walnuts-light-halves-piecesraw/?gclid=CjwKCAiAirb_BRBNEiwALHlnDxbk0ngfypxVaH6bT7lqif8ls3tGYm7CBa6OZJjTXEIKuNoPeEXTRRoCZz8QAvD_BwE (Accessed Date: 14 November 2017).

Anonymous, 2019a. <http://www.cevizreceli.com/ezme.html> (Accessed Date: 14 November 2019).

Anonymous, 2019b. <https://food.ndtv.com/health/5-incredible-benefits-of-walnut-oil-for-health-and-beauty-1697195> (Accessed Date: 14 November 2019)

Anonymous, 2019c. *Juglans regia* L Database. (USDA, NRCS) United State Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, <https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=POOL>. (Accessed Date: 9 December 2019).

Arcan, I., Yemenicioğlu, A., 2009. Antioxidant activity and phenolic content of fresh and dry nuts with or without the seed coat, *Journal of Food Composition and Analysis*, 22 (3): 184-188.

Bakkalbaşı, E., Yılmaz, Ö.M., Artık, N., 2010. Türkiye'de yetiştirilen yerli bazı ceviz çeşitlerinin fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşenleri. *Akademik Gıda*, 8 (1): 6-12.

Ben-Erik, W., 2014. *Culinary Herbs and Spices of the World*. University of Chicago Press. p. 154.

Davis, P.H., 1982. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol. 7, University of Edinburgh, England.

Fukuda, T., Ito, H., Yoshida, T., 2003. Antioxidative polyphenols from walnut (*Juglans regia* L.), *Phytochemistry*, 63 (7): 795-801.

- Heidal, K., Lewis, N., Evans, S., 2004. Survey of omega 3 fatty acid intakes and omega 3 food selections in cardiac patients living in a section of the Midwestern United States. *Nutrition Research*, 24 (9): 741-747.
- Kaur, C., Kapoor, H.C., 2001. Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium’s health, *International Journal of Food Science & Technology*, 36 (7): 703-725.
- Lavedrine, F., Zmirou, D., Ravel, A., Balducci, F., Alary, J., 1999. Blood cholesterol and walnut consumption: A Cross- Sectional Survey in France. *Preventive Medicine*, 28 (4): 333-339.
- Li, L., Tsao R., Yang, R., Kramer, J., Hernandez, M., 2007. Fatty acid profiles, tocopherol contents, and antioxidant activities of heartnut (*Juglans ailanthifolia* var. *cordiformis*) and Persian walnut (*Juglans regia* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 55 (4): 1164-1169.
- Megep, 2009. http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Sert%20Kabuklu%20Meyveler.pdf. (Accessed Date: 01 December 2009)
- Pellegrini, N., Serafini, M., Salvatore, S., Del Rio, D., Bianchi, M., Brighenti, F., 2006. Total antioxidant capacity of spices, dried fruits, nuts, pulses, cereals and sweets consumed in Italy assessed by three different in vitro assays, *Molecular Nutrition & Food Research*, 50 (11): 1030-1038.
- Reiter, R.J., Manchester, L.C., Tan, D.X., 2005. Melatonin in walnuts: Influence on levels of melatonin and total antioxidant capacity of blood. *Nutrition*, 21 (9): 920-924.
- Rosengarten, F., 1984. *The Book of Edible Nuts*. Walker, New York.
- Ruggeri, S., Cappelloni, M., Gambelli, L., Nicoli, S., Carnovale, E., 1998. Chemical composition and nutritive value of nuts grown in Italy. *Italian Journal of Food Science*, 10 (3): 243-252.
- Şahin, İ., Akbaş, H., 2001. Farklı Yöre ve Çeşitlerden Cevizlerin Teknolojik Özelliklerinin Araştırılması. Türkiye 1. Ulusal Ceviz Sempozyumu, 5-8 Eylül 2001, Tokat, 104-114.
- Şen, S.M., 1986. *Ceviz yetiştiriciliği* (1. Baskı). Eser Matbaası. Samsun, OMÜ Basımevi.
- Serrano, A., Cofrades, C., Ruiz-Capillas, B., Olmedilla-Alonso, C., Herrero-Barbudo, F., Jimenez, C., 2005. Nutritional Profile of Restructured Beef Steak with Added Walnuts. *Meat Science*, 70 (4): 647-654.
- Simopoulos, A.P., 1999. Essential fatty acids in health and chronic disease. *The American journal of clinical nutrition*, 70 (3): 560-569.
- Şimşek, M., Gülsoy, E., 2016. The Important in Terms of Human Health of the Walnut and the Fatty Acids and Some Studies on This Subject. Iğdır University. *Journal of Institute. Science. & Technology.*, 6 (4): 9-15.
- Torun, B., 1999. *Ceviz Ezmesi Üretim Yöntemi Kalitesi ve Raf Ömrünün Geliştirilmesi*. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Antalya, Türkiye, 90 s.
- Yiğit, Y., Ay, E., 2016. Fonksiyonel Gıda Özelliğiyle Ceviz ve Kaman Cevizi. *Journal of the International Scientific Researches*, 1 (2): 142-153.
- Zwarts, L., Savage, G.P., McNeil, D.L., 1999. Fatty acid content of New Zealand-grow walnuts (*Juglans regia* L). *International Journal of Food Science and Nutrition*, 50 (3): 189-194.

TELİF HAKKI DEVRİ FORMU
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ
YAYIN KOORDİNATÖRLÜĞÜ

Aşağıda imzaları bulunan;

..... tarafından yazılmış,
“.....
.....”

adlı makalenin orijinal olduğunu; başka herhangi bir dergiye yayınlanmak üzere sunulmadığını; daha önce yayınlanmadığını; eğer, tümüyle ya da bir bölümü yayınlandı ise yukarıda adı geçen dergide yayınlanabilmesi için gerekli her türlü iznin alındığını ve orijinal telif hakkı formu ile birlikte Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Yayın Koordinatörlüğü'ne gönderildiğini taahhüt ederiz.

Makalenin telif hakkından aşağıdaki haklar saklı kalmak şartıyla feragat etmeyi kabul ederek sorumluluğu üstlenir ve imza ederiz.

1. Telif hakkı dışında kalan patent vb. bütün tescil edilmiş/edilecek haklar.
2. Yazarın gelecekteki kitaplar ve dersler gibi çalışmalarında; makalenin tümü ya da bir bölümünü ücret ödemeksizin kullanmak hakkı ve
3. Makaleyi satmamak koşulu ile kendi amaçları için çoğaltma hakkı.

NOT: Yukarıdaki bütün durumlarda makalenin Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi tarafından yayınlandığına dair referans verilmelidir.

Bütün yazarlar tarafından imzalanmak üzere:

Adı ve Soyadı	İmza	Tarih	E-mail

Sorumlu Yazar Yazışma Adresi :

.....
.....
.....

Telefon: Faks : E-mail:

NOT: Lütfen formu doldurunuz, imzalayınız ve aşağıdaki adrese veya e-mail adresine gönderiniz.

Adres: Prof. Dr. Göksel TOZLU

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi Editörü,
25240, ERZURUM

Tel: 0 442 231 26 09

Faks: 0 442 231 58 78

E-mail: auzfdeditor@atauni.edu.tr

COPYRIGHT TRANSFER AGREEMENT FORM

Coordination Unit of Atatürk University Journal of Agricultural Faculty

Name of author(s)

.....
.....
.....

Title of article

“.....
.....
.....”

By this agreement, the author(s) warrant that; submitted manuscript to the journal is original work, is not under consideration by another journal, and has not been previously published elsewhere. The authors accept to take all responsibility of the manuscript. For any prior publication of the article elsewhere in part, the author(s) warrant(s) that any permission necessary to publish it in the Journal of Agricultural Faculty of Atatürk University. I/We sign and accept the responsibility for releasing this material.

Copyright to the above article, to be effective upon acceptance for publication, is hereby transferred to Journal of Agricultural Faculty of Atatürk University. The Editorial Board of the journal reserves all rights to reproduce post and distribute the article to the public. However, the following rights are reserved by the author(s):

1. All proprietary rights other than copyright, such as patent rights.
2. The right to use, free of charge, all or part of this article in future works of his/her (their) own, such as books or lectures.
3. The right to reproduce the article for his/her (their) own purposes provided the copies are not offered for sale.

NOTE: In all cases above , it must be referred that the manuscript was published by Journal Agricultural Faculty of Atatürk University.

All authors should fill and sign:

Name-Surname	Signature	Date	E-mail

Address of Corresponding Author:

.....
.....

Phone: Fax : E-mail :
.....

NOTE :.Please fill the form, sign and send to the address or e-mail below.

Address: Prof. Dr. Göksel TOZLU

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi Editörü,
25240 - ERZURUM

Phone: +90 442 231 26 09

Fax: +90 442 236 58 78

E-mail : auzfdeditor@atauni.edu.tr

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ

Genel Yayın İlkeleri

1. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi'nde tarım alanında yazılan makaleler (orijinal araştırma, derleme, kısa makale, teknik not ve editöre mektup) yayınlanır. Dergi yılda üç sayı olarak yayınlanır ve orijinal araştırma makalelerine öncelik verilir.
2. Sorumlu yazar tarafından DergiPark (<http://dergipark.gov.tr>) sistemi üzerinden dergiye sunulan makale daha önce başka bir dergide yayınlanmamış veya başka bir dergiye eş zamanlı olarak sunulmamış olmalıdır.
3. Makaleler Türkçe veya İngilizce olarak hazırlanabilir. Sorumlu yazar, ilgili makaleyi tüm yazarlar tarafından imzalanan "Telif Hakkı Devir Sözleşmesi Formu" ile beraber DergiPark üzerinden sisteme yüklemelidir. Yazım kurallarına uygun şekilde hazırlanmayan veya dergi amacına uygun olmayan makaleler değerlendirmeye alınmaz.
4. Makaleler değerlendirilmek üzere konu ile ilgili en az iki hakeme (gerekli görüldüğünde üçüncü hakeme) gönderilir. Makalelerin yayına kabulü, hakem görüşleri doğrultusunda, Yayın Kurulunca karara bağlanır. Makalelerin işlem süresi 3-6 aydır. Yayına kabul edilen makaleler hakemlerden gelen öneriler doğrultusunda düzeltilmek üzere sorumlu yazara iletilir. Öneriler doğrultusunda düzeltilen makale tekrar sistemden geri gönderilir.
5. Yayınlanan makalelerin tüm sorumluluğu yazar(lar)ına aittir.
6. Makale değerlendirme sürecinde iThenticate ve Turnitin yazılımları kullanarak sunulan makalelerin benzerlik oranı değerlendirilir. Sunulan makalenin benzerlik oranı kaynaklar kısmı dahil edilmeksizin %20'nin altında olmak zorundadır.
7. Makale yayın ücreti; **makale kabul edildikten sonra** Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi'nin Vakıfbank Atatürk Üniversitesi Şubesindeki hesabına (IBAN: TR780001500158007287616201) yatırılır ve dekont Yayın Koordinatörlüğü'ne e-mail yolu ile gönderilir. Basım ücreti 16 sayfaya kadar 100 TL, bunu geçen her sayfa için ilave 10 TL'dir. Renkli sayfaların ücreti ise ilave olarak daha sonra belirlenir.

MAKALE HAZIRLAMA

1. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi'nde yayınlanmak üzere gönderilen makaleler, A4 boyutunda 12 punto Times New Roman yazı karakterinde ve 2 satır aralıklı yazılmalıdır. Sayfa boşlukları üstten 4 cm, alttan, sağdan ve soldan 2.5 cm olmalıdır. Makalenin her sayfasının sağ alt köşesine sayfa numarası verilmeli ve satırları numaralandırılmalıdır. Makale toplam 16 sayfayı geçmemelidir.
2. Dergiye sunulan makale: Öz, Abstract, Giriş, Materyal ve Metot, Bulgular, Tartışma, Sonuç ve Kaynaklar bölümlerinden oluşmalıdır. Bulgular ve Tartışma bölümleri birlikte de verilebilir. Ayrıca gerekiyorsa 'Sonuç ve Öneriler' ile 'Teşekkür' bölümleri de ilave edilebilir. Makale metninde ana başlıklar büyük harflerle alt başlıklar ise ilk harfi büyük diğerleri küçük yazılmalıdır.

Başlık: Küçük harflerle ve kelimelerin ilk harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır. Başlık kısa olmalı, ve yayınlanan eserin tüm yönlerini yansıtmalıdır. Araştırmayı destekleyen kuruluş(lar)

ve makaleye esas olan proje, tez vb. bilgiler dipnot halinde belirtilebilir. Dipnotlar başlıkta “*” ile gösterilmelidir.

Yazar adları ve adresleri: Yazar adları açık olarak yazılmalı (akademik unvan belirtilmemeli), tüm yazarların adres bilgileri ile sorumlu yazarın iletişim bilgileri (e-mail) belirtilmelidir. Adresler kelimelerin ilk harfi büyük olacak şekilde, yazar adlarının hemen altında açıkça yazılmalıdır.

Öz: Makalenin amaç, materyal-metot, bulgular ve sonuçlarını kapsamalı ve 200 kelimeyi geçmeyecek şekilde tek paragraf olarak Türkçe ve İngilizce özet yazılmalıdır. **Anahtar kelimeler** her iki özeti altına altı kelimeyi geçmeyecek şekilde anahtar kelimeler ilave edilmelidir.

Giriş: Çalışmanın amacı açıkça ortaya konulmalı, güncel literatür ile konunun önemi vurgulanmalıdır.

Materyal ve Metot: Çalışmada kullanılan tüm materyaller ve yöntemler detaylı olarak açıklanmalıdır.

Bulgular ve Tartışma: Çalışmadaki elde edilen bulgular detaylı bir şekilde sunulmalı ve güncel çalışma sonuçları ile yorumlanarak tartışılmalıdır.

Teşekkür: Çalışmanın yapılmasına katkı veren kişi, kurum ve projeler belirtilebilir.

Çıkar Çatışması Beyanı: Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmelidirler.

Yazar Katkıları: Yazarların makaleye bireysel katkıları bu bölümde belirtilmelidir. Lütfen her bir yazarın bu bölümdeki katkısına atıfta bulunmak için baş harfleri kullanınız. **Örneğin:** TG, ET ve RK araştırmayı tasarladı. ET, FD ve RK fungus ve bakteri uygulamaları için denemeyi kurdu. TG, ET ve NT sayımları yaptı. ET verileri analiz etti. TG, GT ve RK makaleyi yazdı. Tüm yazarlar makalenin son halini okudu ve onayladı.

Çizelge ve Şekiller: Şekil, grafik, fotoğraf ve resimlerin hepsi makalede ‘Şekil’ olarak, tablolar ise ‘Çizelge’ olarak verilmeli, ‘Şekil’ ve ‘Çizelge’lere metin içerisinde atıf yapılmalı ve geçiş sırasına göre kendi içerisinde sırayla numaralandırılmalıdır. Resimler (jpeg formatlı) 600 dpi çözünürlükte olmalıdır. Türkçe yazılan makalelerde şekil ve çizelge başlıkları İngilizce karşılıklarıyla verilmeli (Örnek: **Şekil 1.** Erzurum il haritası /**Figure 1.** Erzurum district map, şekil başlıkları şeklin altında, çizelge başlıkları ise çizelgenin üstünde olmalıdır).

Birimler ve Kısaltmalar: Metin içerisindeki ölçü birimlerinde uluslararası standart birimler (SI) kullanılmalı, yapılacak diğer kısaltmalarda ulusal ve/ya uluslararası kısaltmalar esas alınmalıdır. Cins ve tür isimleri italik olarak yazılmalıdır.

Atıflar: Metin içerisinde kaynak bildirimleri ‘Soyadı-tarih’ sistemine göre yapılmalıdır. Örnek ‘Öztaş (2018) olduğunu belirlemiştir.’ veya ‘Bitkilerin fotoperyoda gösterdikleri araştırılmıştır (Yılmaz, 2015; Akçay vd., 2018)’. Birden fazla yazarlı eserlerde, iki yazar ‘Akçay ve Turgut (2018)’, üç veya daha fazla yazar ise ‘Güzel vd. (2014)’ şeklinde verilmelidir. Yabancı yazarlara yapılan atıflarda ‘ve’ yerine ‘and’, ‘vd.’ yerine ‘et al.’ kullanılmalıdır. Aynı yazar ismi ve tarihe sahip kaynaklar ayrıca harf kullanılarak ayrılmalıdır (Canbolat, 2017a; 2017b).

Kaynaklar: Yararlanılan kaynaklar, makalenin sonunda, soyadı-tarih sırasına göre alfabetik olarak, aşağıdaki örneklere uygun şekilde verilmelidir.

Kaynak verilen periyodiklerin kısa isimlerinin yazılmasında derginin önerdiği uluslararası kısaltılmış şekli kullanılmalıdır. Türkçe kaynaklarda Üniversite; Üniv., Ziraat Fakültesi; Ziraat Fak., Dergi; Derg. şeklinde kısaltılmalıdır.

Kaynak makale ise;

Aksoy, A., 1973. Yumurta kabuk kalitesine tesir eden faktörler. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 4 (1): 129-141.

Snedecor, G., Hanway, A.W., Hoane, H.G., Anderson, G.H., 1981. Effect of photoperiod upon the flowering of onions. Agron. J., 7 (22): 311-316.

Kaynak kitap ise;

Ertuğrul, H., Apan, M., 1979. Sulama Sistemlerinin Projelenmesi. Atatürk Üniv. Yayınları, No: 562, Erzurum, 65 s.

Agrios, G.N., 2005. Plant Pathology. 5th Edition, Elsevier Academic Press, New York, 952 p.

Kaynak kitaptan bir bölüm ise;

Brown, B., Aaron, M., 2001. The politics of nature. In: Smith J (ed) The rise of modern genomics, 3rd edn. Wiley, New York, pp. 230-257.

Kaynak sempozyum veya kongre’de sunulmuş bir bildiri ise;

Alaoğlu, 1996. Türkiye faunası için yeni eriophyid türü (Acarina: Eriophyidae). Türkiye III. Entomoloji Kongresi Bildirileri, 24-28 Eylül 1996, Ankara, s: 479-486.

Kaynak tez ise;

Tozlu, G., 1992. Ordu İli Mısır (*Zea mays* L.) Ekim Alanlarında Bulunan Fitofag ve Predatör Böcek Türleri Üzerinde Çalışmalar. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 54 s.

Kaynak bir kuruluşun yayını ise;

TÜİK, 2017. Tarımsal Ürünler İstatistiği, İstatistiklerle Türkiye. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.

AOAC, 1980. Official method of analysis. 13th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.

FAO, 1994. Production and Trade Yearbook, 1993. Food and Agricultural Organization, Rome.

Kaynak bir yazılım ise;

SAS, 1990. SAS user’s guide: Statistics. 4th ed. SAS Institute, Cary, NC.

Kaynak internet ortamında ise;

Bustamente, P.I., Hull, R., 1998. Plant virus gene expression strategies, Electronic J. Biotech (Online) <http://www.ejb.org/content/Vol-1/Issue-2/Full3> (Erişim Tarihi: 1 Nisan 2010).

TÜİK, 2017. Tarımsal Ürünler İstatistiği, İstatistiklerle Türkiye. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 15 Şubat 2017).

ATATÜRK UNIVERSITY JOURNAL OF AGRICULTURAL FACULTY

General Publication Policies

1. Journal of Atatürk University Faculty of Agriculture publish original research articles, review articles, short communications, technical notes and letter to editor in various fields of agriculture. The Journal is published three times per year.

2. Articles submitted through DergiPark (<http://dergipark.gov.tr>) by corresponding author must be original, previously unpublished, and not under consideration for publication in any other scientific or technical journal.

3. Papers could be written in either Turkish or English. Corresponding author should upload the manuscript together with Copyright Transfer Agreement Form signed by all authors to DergiPark System. Manuscripts which fall outside the aims and scope of the journal or is not enough for requirements of Journal Instruction are rejected. .

4. The manuscripts are sent to at least two referees (to the third referee when necessary) which are determined editor and/or editorial board. The Editorial Board decides whether a paper reviewed and evaluated by referees is accepted or rejected for publication. The processing of the manuscript is 3-6 months. The manuscript accepted for publication will be forwarded to the corresponding author for correcting them according to the suggestions of the referees. The manuscript corrected in according to the suggestions is sent back to corresponding author from the system again.

5. All responsibility of the published articles belongs to the author (s).

6. In the article evaluation process, the similarity rate of the articles presented by using iThenticate and Turnitin software is evaluated. The similarity of the submitted article must be below 20% without including the references part.

7. After the manuscript is accepted, the corresponding author will be required to transfer **Manuscript Fee** to the account of Vakıfbank Atatürk University Bank Branch of Atatürk University Journal of Agricultural Faculty (IBAN: TR780001500158007287616201) and bank receipt sent to Publication Coordinator by e-mail. The Journal publication fee is 100 TL up to 16 printing page each accepted article. The author is required to pay 10 TL for each additional page. Colored pages fee is settled additionally.

Manuscript Submission

1. Manuscripts submitted to Atatürk University Journal of Agriculture Faculty should be written in Microsoft Word format with Times News Roman 12 font size and double-spaced. Page layout should be A4 format and margins should be 4 cm from the top, 2.5 cm from the bottom, right and left. Page numbers should be located on the right bottom side of the paper and lines should be numbered. The manuscripts which are not suitable for the conditions related to the formatting are returned back to the author(s) without sending to the referees.

2. The manuscript should consist of the following sections: Title page, Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, References. The Results and Discussion sections might be merged and 'Conclusion and Suggestions' and 'Acknowledge'

sections can be added if preferred. The main headings of the manuscript and the first letter of sub-heading should be written capital letters.

Title: The title of the manuscript should be written in bold (first letters in capital letters) and in the center of the page. The title should be brief and should reflect all aspects of the work published. The organisation(s) supporting the research and some other information such as the project, thesis, information etc. can be specified as footnotes. Footnotes must be shown in the title with “*”.

The names and addresses of the author(s): The name(s) of the author(s) should be written clearly (do not include academic degrees). All authors’ addresses and corresponding author’s e-mail address should be indicated.

Abstract: The abstract should concisely state the scope of the work, the methodology and the results. The abstract should be written as a single paragraph, with a limit of 200 words. The abstract is published in both Turkish and English. **Keywords** should not exceed 6 words.

Introduction: The purpose of the study should be clearly explained and the importance of the subject should be emphasized with the current literature.

Materials and Methods: All materials and methods used in the study should be explained in detail.

Results and Discussion: The results in the study should be presented in detail and they should be discussed with the current study results.

Acknowledgement: All the contribution for manuscript preparation from people, grants, funds, must be indicated in this section.

Statement of Conflict of Interest: The authors should declare that they are no conflict of interest.

Authors’ Contributions: The individual contributions of authors to the manuscript should be specified in this section. Please use initials to refer to each author's contribution in this section, **for example:** TG, ET, and RK conceived and designed research. ET, FD, and RK set up the experiment for fungal and bacterial applications. TG, ET, and NT studied controlled assay. ET analyzed the data. TG, GT, and RK wrote the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

Tables and Figures: Figures, graphics and photographs should be given as figure. Tables and figures must be numbered according to their sequence in the text and be referred to in the text. Figures should be 600 dpi (JPG) resolution. Title of the figures and tables should be given both English and Turkish if manuscript is submitted in Turkish (Example: **Şekil 1.** Erzurum il haritası /**Figure 1.** Erzurum district map). The titles of the tables should be placed at the heading of the tables, and the title of the figures should be under them.

Units, Abbreviations and Nomenclature: All data should be expressed in metric units; use of SI units is encouraged. Genus and species names should be written in italics.

Citation style: Author-year system should be used in the text (Yılmaz, 2015), for papers with two authors, name both: Akçay and Turgut (2018), with three or more authors, use ‘et al.’ Güzel

et al. (2014). For two or more articles with same author name and date; add a distinguishing letter to the year in both text and list (Canbolat, 2017a; 2017b).

References: Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list. The references used in the text should be listed in alphabetical order according to author-year system as follows. **Journal** titles **abbreviated** according to common **usage**. For instance; Atatürk Univ. Ziraat Fak. Derg.

Journal Article;

Snedecor, G., Hanway, A.W., Hoane, H.G., Anderson, G.H., 1981. Effect of photoperiod upon the flowering of onions. *Agron. J.*, 7 (22): 311-316.

Book;

Agrios, G.N., 2005. *Plant Pathology*. 5th Edition, Elsevier Academic Press, New York, 952 p.

Chapter in a book;

Brown, B., Aaron, M., 2001. The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp. 230-257.

A statement presented at the Symposium or Congress;

Alaoglu, Ö., 1996. Six new records of eriophyid mites (Acarina: Eriophyidae) for the Turkish fauna. Turkey III. Entomology Congress, 24-28 September 1996, Ankara, pp: 479-486.

Thesis;

Tozlu, G., 1992. Investigation on phytolog and predator insect species in corn (*Zea mays* L.) cultivation areas of Ordu province. Atatürk Univ., Graduate School of Natural and Applied Sciences, Master Thesis, Erzurum, 54 p.

Published by an organization;

AOAC, 1980. Official method of analysis. 13th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.

FAO, 1994. Production and Trade Yearbook, 1993. Food and Agricultural Organization, Rome.

Computer program;

SAS, 1990. SAS user's guide: Statistics. 4th ed. SAS Institute, Cary, NC.

Published on the Web;

Bustamente, P.I., Hull, R., 1998. Plant virus gene expression strategies, *Electronic J. Biotech* (Online) <http://www.ejb.org/content/Vol-1/Issue-2/Full3> (Accessed Date: 1 April 2010).