

# TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ

Yıl : 2021 - Sayı - 2  
Turkish Journal of Science and Engineering – TJSE



**ISPARTA**  
UYGULAMALI BİLİMLER  
ÜNİVERSİTESİ

e-ISSN 2687-6086

# TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ

(TURKISH JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING)

Yılda iki sayı olarak (Haziran, Aralık) yayınlanan hakemli bir dergidir. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tarafından yayınlanmaktadır.

It is a peer-reviewed journal published in two issue per year (June, December). Published by Isparta University of Applied Sciences, The Enstitute of Graduate Education.

Yıl/Year: 2021, Cilt/Volume: 3, Sayı/Issue: 2

## Baş editör / Editor-in-chief

Prof. Dr. Yusuf UÇAR

## Editörler / Editors

Prof. Dr. Deniz YILMAZ

Prof. Dr. Levent İZCİ

Prof. Dr. Okan BİNGÖL

Doç. Dr. Şengül AKSAN

Doç. Dr. Zeynep EKMEKÇİ

Dr. Öğr. Üyesi Cevdet Gökhan TÜZÜN

Dr. Öğr. Üyesi Filiz HALLAÇ TÜRK

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Hakan İNCE

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KIRBAŞ

## Danışma kurulu / Advisory board

Prof. Dr. Ahmet Ali İŞILDAR

Prof. Dr. Altan DOMBAYCI

Prof. Dr. Cengiz ÖZEL

Prof. Dr. Hasan ALKAN

Prof. Dr. Hasan BAYDAR

Prof. Dr. İbrahim ÇAKMAK

Prof. Dr. Mahmut ELP

Prof. Dr. Öznur DİLER

Doç. Dr. Kenan GÜLLÜ

Doç. Dr. Oğuzhan ÇALIŞKAN

Doç. Dr. Osman GENCEL

Dr. Öğr. Üyesi Selbi KESKİN

## Dil Editörü/Language Editor

Doç. Dr. Musa YAVUZ

## Teknik Editörler/Technical Editors

Araş. Gör. Emre TOPÇU

E-Posta: emretopcu@isparta.edu.tr

Araş. Gör. İsmail Yaşhan BULUŞ

E-Posta: ismailbulus@isparta.edu.tr

## Yayıncı Kuruluş / Publisher

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü – Isparta

## İletişim / Contact

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,

Doğu Yerleşkesi, Orman Fakültesi Binası,

Zemin Kat, 32260 Çünür/Isparta

Web: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjse>

Tel: 0246 214 65 74

**TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ** aşağıdaki indeks ve özlere tarafından  
taranmaktadır.

**TURKISH JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING** is indexed and/or abstracted by  
the following international databases.

Academic Resource Index (ResearchBib), Directory of Research Journals Indexing (DRJI), Asos Index,  
Bielefeld Academic Search Engine (BASE)

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

**Araştırma / Research**

- Farklı Yaşlardaki *Bombus terrestris* L. İşçi Arılarında Chlorantraniliprole ve Flubendiamide'nin Akut Toksisitesinin Değerlendirilmesi  
*Assessing the acute toxicity of Chlorantraniliprole and Flubendiamide in Bombus terrestris Workers of Different Ages*  
İsmail Yaşhan BULUŞ, Asiye UZUN, Ozan DEMİRÖZER, Ayhan GÖSTERİT .....57-61
- Doğrusal Kombinasyon Tekniğiyle Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitü Topraklarının Kalite İndeksinin Belirlenmesi  
*Determination of Quality Index of Eskişehir Transition Zone Agricultural Research Institute Soils using Linear Combination Technique*  
Hüseyin ŞENOL, Fatih KIZILASLAN .....62-68
- Balcalı (Adana)'da Farklı Ekosistemlerdeki *Epigeal Hexapoda* Türlerinin Biyolojik Çeşitlik Parametrelerinin Karşılaştırılması  
*Comparison of the Biological Diversity Parameters of Hexapoda Species Living on the Soil Surface in Different Ecosystems in Balcalı (Adana)*  
Gülbarış OĞUZ, Gökhan AYDIN, Mehmet Rifat ULUSOY .....69-76
- İki ve Altı sıralı Arpa (*Hordeum vulgare* L) Genotiplerinde Tane Verimi ve Stabilite Analizi  
*Grain Yield and Stability Analysis in Two- and Six-Row Barley (Hordeum vulgare L) Genotypes*  
Turan KARAHAN, İlknur AKGÜN .....77-86
- Burdur Koşullarına Uygun Tane Mısır Çeşit Performanslarının Değerlendirilmesi  
*Evaluating of the Grain Corn Cultivars Performances Suitable for Burdur Conditions*  
Mutlu ŞAHİN, Burhan KARA.....87-90
- Afyonkarahisar İlinde Patates Üreticilerinin Sosyo-Demografik Özellikleri ve Pazarlama Sorunları  
*Socio-Demographic Characteristics and Marketing Problems of Potato Producers in Afyonkarahisar Province*  
Bektaş KADAKOĞLU, Bahri KARLI .....91-98
- Farklı Biyopestisitlerin *Mecorhis ungarica* (Herbst, 1784) (Coleoptera: Rhynchitidae) Üzerindeki Lethal Etkileri  
*Lethal Effects of Different Biopesticides on Mecorhis ungarica (Herbst, 1784) (Coleoptera: Rhynchitidae)*  
Asiye UZUN YİĞİT, Sinan DEMİR, Ozan DEMİRÖER.....99-102

Haşhaşın (*Papaver somniferum* L.) Sabit Yağ ve Alkaloit İçeriklerine Azotlu Gübre Formları ve Hümik Asit Uygulamalarının Etkisi  
*The Effect of Nitrogen Fertilizer Forms and Humic Acid Applications on Fixed Oil and Alkaloid Contents of Poppy (Papaver somniferum L.)*  
Halil ALTINTAŞ, Nimet KARA.....103-107

### **Derleme / Review**

Interaction between Entomology and Gene Technology: *Bt*-transgenic and Gene Drives for Pests Control  
*Entomoloji ve Gen Teknolojisi Arasındaki İlişki: Zararlı Mücadelesinde Bt-transgenikler ve Gen Sürücüsüleri*  
Jean Claude NDAYIRAGIJE, Tuğçe ÖZEK, Hacer ÇEVİK, İsmail KARACA.....108-115



## Farklı Yaşlardaki *Bombus terrestris* L. İşçi Arılarında Chlorantraniliprole ve Flubendiamide'nin Akut Toksisitesinin Değerlendirilmesi

İsmail Yaşhan BULUŞ<sup>1\*</sup>, Asiye UZUN YİĞİT<sup>2</sup>, Ozan DEMİRÖZER<sup>2</sup>, Ayhan GÖSTERİT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Isparta-Türkiye

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Isparta-Türkiye

\*Sorumlu yazar: ismailbulus@isparta.edu.tr

### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 09/07/2021

Kabul tarihi: 27/08/2021

**Anahtar Kelimeler:** *Bombus terrestris*,  
*Chlorantraniliprole*, *Flubendiamide*, *Tuta absoluta*

### ÖZET

Örtü altı domates yetiştiriciliğinde tozlaşmanın sağlanması amacıyla kullanılan *Bombus terrestris* L. kolonilerinde, koloninin ihtiyacı doğrultusunda tarlacılık faaliyetinde yer alan farklı yaştaki işçi arılar kullanılan kimyasallara maruz kalması kolonilerin tozlaştırma performansını etkileyebilmektedir. Bu nedenle zararlılar ile mücadelede kullanılan kimyasalların farklı yaştaki bombus arıları üzerine etkisinin bilinmesi kolonilerden tozlaşma amacıyla etkin bir şekilde yararlanılması açısından da önemlidir. Bu çalışma domates yetiştiriciliğinde *Tuta absoluta* (Meyrick) zararlısına karşı yoğun olarak tercih edilen Chlorantraniliprole (Altacor) ve Flubendiamide (Takumi) etken maddeli insektisitlerin tavsiye edilen dozlarının (sırasıyla; 12 g/100 L su ve 15 g/100 L su) farklı yaşlardaki *B. terrestris* işçi arıları üzerine etkisinin araştırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir. İnsektisitler 1, 3, 7 ve 10 günlük yaştaki işçi arılara püskürtme yöntemi ile uygulanmıştır ve her bir yaş grubunda 15'er adet olmak üzere toplam 60 mikro koloni hazırlanmıştır. İnsektisitlere maruz kalan işçi arılar ile oluşturulan mikro koloniler 1., 3., 5. ve 7. günlerde kontrol edilmiş ve ölen işçi arı sayıları kaydedilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde tüm yaş ve ilaç gruplarında toplam işçi arı ölüm oranı %25'in altında kalmış ve Uluslararası Biyolojik Mücadele Organizasyonu (IOBC) toksisite skalasına göre, çalışmada kullanılan Chlorantraniliprole ve Flubendiamide etken maddeli bitki koruma ürünlerinin farklı yaşlardaki *B. terrestris* işçi arıları için zehirsiz olduğu belirlenmiştir.

## Assessing the acute toxicity of Chlorantraniliprole and Flubendiamide in *Bombus terrestris* Workers of Different Ages.

### ARTICLE INFO

Received: 09/07/2021

Accepted: 27/08/2021

**Keywords:** *Bombus terrestris*,  
*Chlorantraniliprole*, *Flubendiamide*, *Tuta absoluta*

### ABSTRACT

*Bombus terrestris* colonies are used for pollination in greenhouse tomato cultivation. Different-ages workers in these colonies involved in foraging activities in line with the necessities of the colony face the risk of exposure to chemicals used. Therefore, exposure of forager workers to chemicals directly and other individuals in the colony indirectly may affect the pollination performance of colonies. For this reason, knowing the effect of chemicals used in pest control on bumblebees is also important in terms of effectively benefiting from colonies for pollination. This study was carried out to investigate the effects of the recommended doses of insecticide active ingredients with Chlorantraniliprole and Flubendiamide (12 g/100 L water and 15 g/100 L water, respectively), which are highly preferred against *Tuta absoluta* pest in tomato cultivation, on *B. terrestris* worker bees of different ages. Insecticides were applied to workers of 1 day, 3 days, 7 days, and 10 days of age by spraying method and the total of 60 microcolonies were prepared, 15 each in each age group. Microcolonies formed by workers exposed to insecticides were checked on the 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup>, 5<sup>th</sup>, and 7<sup>th</sup> days and the number of dying worker bees was recorded. When the results were examined, the total workers mortality rate in all age and experiment groups remained below 25%. According to the International Organization for Biological Control (IOBC) toxicity scale, plant protection products with the active ingredient Chlorantraniliprole and Flubendiamide used in the study were found to be non-toxic to *B. terrestris* worker bees of different ages.

### 1. Giriş

Hymenoptera takımında yer alan arıların bugüne kadar yaklaşık 20 bin türü tanımlanmıştır (Aguiar vd., 2013). Bu türler içerisinde tozlayıcı olarak yaşamlarını sürdüren bal arısı ve bombus arısı gibi türler doğal ve kültüre alınmış çiçekli bitkilerin neslinin devam etmesinde ve bu döngünün sürdürülebilir olmasında önemli rol

oynamaktadırlar. Her ne kadar bal arıları tozlayıcı böcekler içerisinde en etkili grubu oluştursa da özellikle örtü altı yetiştiricilikte bombus arılarının önemli ve etkin bir tozlayıcı olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Kwon & Saeed, 2003; Ahmad vd., 2015).

*Bombus* arılarının yaklaşık 250 türü bulunmaktadır (William, 1998). Diğer bombus türlerine göre gerek

kalabalık koloni yapısı gerekse de tarlacılık performansı bakımından *Bombus terrestris* L. tozlaşma amacıyla daha çok tercih edilmektedir (Velthuis & van Doorn, 2006). Bu tür başta domates olmak üzere birçok meyve ve sebzenin tozlaşmasında etkin rol oynamaktadır. Ülkemizin güneybatı sahil bölgelerinde seracılığın diğer bölgelere kıyasla daha fazla gelişmiş olması ve gelişme hızının artarak devam etmesi nedeniyle *B. terrestris* kolonilerinin kullanım ihtiyacı da her geçen gün artmaktadır. Türkiye’de bir yılda tozlaşma amacıyla kullanılan koloni sayısı 2010 yılında 150 bin adet iken, bu rakam 2018 yılında yaklaşık 300 bin adet olarak bildirilmiştir (Gösterit & Gürel, 2010; 2018).

Yıllar içerisinde bombus arısı kullanımının önemini anlayan örtü altı yetiştiricileri, bir yandan da hastalık ve zararlılara karşı çeşitli bitki koruma ürünlerini kullanmaktadırlar. Bazı bitki koruma ürünleri doğrudan tarlacı işçi arılara ya da tarlacı işçi arılar ile taşıyıp kolonideki diğer bireylere zarar vererek kolonilerin tozlaştırma performansını etkileyebilmektedir (Brittain & Potts, 2011; Whitehorn vd., 2012; Gradish vd., 2019). Domateste çok önemli ekonomik kayıplar yaşanmasına yol açan ve ülkemizde ilk kez 2009 yılında İzmir’de görülen *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) çok hızlı bir şekilde Türkiye’nin dört bir yanına hızla yayılmıştır (Erler vd., 2010; Kılıç, 2010; Ünlü, 2011; Portakaldalı vd., 2013; Canbay vd., 2014). Domates yaprak güvesi olarak bilinen *T. absoluta* ile ciddi mücadele edilmemesi %80-100'lere varan ürün kaybı ile sonuçlanabilmektedir (Mamay & Yanık, 2012). Bu kayıpların önüne geçilmesi için *T. absoluta* ile mücadele amacıyla yaygın olarak Chlorantraniliprole ve Flubendiamide etken maddeli bitki koruma ürünleri kullanılmaktadır (Abbes vd., 2012; Roditakis vd., 2013, 2015; Kirubhadharsini vd., 2019). Ancak, bu insektisitler, böceklerde ryanodine alkaloidinin reseptörünün aktive edilmesine yol açmaktadır (Roditakis vd., 2013). Ryanodine reseptörler özellikle kas kontrolünde olmak üzere birçok hücre fonksiyonlarında görev alan kalsiyumun kontrollü olumsuz salınımını etkilemektedir. Bu kimyasallara maruz kalan böceklerde depolanmış kalsiyum salınımı kontrol edilemediğinden kaslarına hükmedemezler. Sonuçta beslenmeyi bırakma, uyusukluk, felç ve ölüm gibi durumlar gözlenmektedir (Lahm vd., 2005).

Bal arılarının aksine bombus arılarında yaşa bağlı görev dağılımı olmadığından pupa aşamasından ergin olarak yeni çıkmış genç işçi arılar da koloninin ihtiyacı doğrultusunda tarlacılık faaliyetinde yer alabilmektedir (Tobback vd., 2011; Gill & Raine, 2014). Dolayısıyla örtü altı yetiştiricilikte kullanılan diğer bitki koruma ürünlerinde olduğu gibi *T. absoluta*’ya karşı yapılan mücadele esnasında farklı yaşlardaki işçi arıların bu bitki koruma ürünlerine maruz kalabilme ihtimali bulunmaktadır. Buna ek olarak, çeşitli pestisitlerin toksik etkilerinin bombus arıları gibi hedef dışı tozlayıcılar üzerindeki olumsuz etkilerinin belirlenmesi, tozlayıcı böceklerin korunması ve bu konudaki sürdürülebilirliğin sağlanması bakımından oldukça önemlidir (Gradish vd., 2009; Mommaerts & Smaghe, 2011). Bu çalışma örtü altı domates

yetiştiriciliğinde önemli zararlılardan birisi olan *T. absoluta*’ya karşı sıklıkla kullanılan ve diamitler olarak adlandırılan kimyasal grubundaki sinir ve kas sistemi üzerinde etkili Chlorantraniliprole ve Flubendiamide etken maddeli insektisitlerin farklı yaşlara sahip bombus işçi arıları üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

## 2. Materyal ve Metot

Araştırma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bombus Arısı Araştırma ve Uygulama Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın kimyasal materyalini %35 Chlorantraniliprole WG (İlaç ticari ismi: Altacor, FMC Turkey) ve %20 Flubendiamide WG (İlaç ticari ismi: Takumi, HEKTAŞ) etken maddeli insektisitler oluşturmuştur. Araştırmanın arı materyali olan farklı yaşlara sahip *Bombus terrestris* işçi arıların temini için laboratuvarında yetiştirilen koloniler kullanılmıştır. Farklı yaşlarda işçi arı temini için geniş larva ve pupa alanı olan 25 adet koloni seçilmiştir. Bu kolonilerdeki kuluçka alanları alınarak boş yetiştirme kutularına konulmuş ve kuluçka bakım faaliyetleri için kutulara 25'er adet bakıcı *B. terrestris* işçi arısı ilave edilmiştir. Bu bakıcı işçi arılar pupalardan ergin hale gelen işçi arılardan ayırt edilebilmeleri için toraklarının dorsal kısmından ana arı boyama kalem ile markalanmıştır. Farklı kolonilerin kuluçka alanları ve markalı işçi arılar ile oluşturulan bu yapay kolonilere 50 briks normal şeker şurubu ve taze polen *ad-libitum* olarak verilmiştir. Koloniler dört gün boyunca her gün kontrol edilerek günlük işçi arılar alınmış ve her güne ait işçi arılar farklı kutularda beslenmeye devam edilmiştir. Böylece yaşı tam olarak bilinen dört farklı işçi arı grubu oluşturulmuştur. Birinci gün toplanan işçi arılar 10 günlük yaş, ikinci gün toplanan işçi arılar 7 günlük yaş, üçüncü gün toplanan işçi arılar 3 günlük yaş, dördüncü gün toplanan işçi arılar ise 1 günlük yaş gruplarını oluşturacak şekilde araştırma planlanmıştır.

Çalışmada insektisitlerin bombus işçi arılarına etkisi, pestisit risk analizi amacıyla sıklıkla tercih edilen mikro koloni yöntemi ile araştırılmıştır (Klinger vd., 2019). Bu amaçla dört farklı işçi arı yaşı için 15 adet mikro koloni hazırlanmıştır (Toplam 60 mikro koloni; 1, 3, 7 ve 10 günlük yaş işçi arılar için 15'er adet). Besleme bölümüne sahip ve havalandırılmalı özel kutularda (8x8x6 cm) oluşturulan her mikro koloni 10 adet işçi arıdan oluşmuştur. Araştırmada Chlorantraniliprole, Flubendiamide ve kontrol olmak üzere üç deneme grubu oluşturulmuş olup her deneme grubunda her bir yaş grubundan 5'er mikro koloni yer almıştır.

Çalışmada *Tuta absoluta* mücadelesi kapsamında kullanılan %35 Chlorantraniliprole WG (Altacor) ve %20 Flubendiamide WG (Takumi) etken maddeli insektisitlerin tavsiye edilen dozları (sırasıyla; 12 g/100 L su ve 15 g/100 L su) işçi arılara her mikro koloni için ayrı olmak üzere 1 atm'lik basınç ile 20 saniye süre boyunca püskürtülerek uygulanmıştır. Kontrol grubunu oluşturan işçi arılara ise aynı yöntem kullanılarak saf su püskürtülmüştür. Bütün gruplardaki mikro koloniler 50 briks normal şeker şurubu ile *ad-libitum* beslenmiştir. Koloniler uygulamadan sonraki 1., 3., 5. ve 7. günlerde kontrol edilerek ölen işçi

arılaraya ait veriler kaydedilmiştir. Çalışmadan elde edilen verilerin analizi için SPSS istatistik paket programı kullanılmıştır. Çalışma gruplarının tamamında ilk kontrol günü olan 1. günde ölüm gözlenmediği için istatistiki analize dahil edilmemiştir. Verilere karekök transformasyonu uygulanarak varyans analizi yapılmıştır. Gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde çoklu karşılaştırma testlerinden Tukey testi uygulanmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Araştırma gruplarında uygulamadan sonraki üçüncü günde ölen işçi arı sayılarına ilişkin bulgular Çizelge 1’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre her üç grupta da 7 günlük yaştaki işçi arıların ölmediği gözlemlenmiştir.

Ancak uygulamadan sonraki üçüncü gün verilerine göre Chlorantraniliprole ve Flubendiamide gruplarında gözlenen ölümlerin işçi arı yaşına göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Flubendiamide grubunda, ölüm sadece 1 günlük yaştaki işçi arılarda görülmüştür. Flubendiamide grubundan farklı olarak, kontrol ve Chlorantraniliprole gruplarında diğer işçi arı yaş gruplarında da ölümler gözlenmiştir. Ayrıca, uygulamadan sonraki üçüncü günde 1 günlük yaştaki işçi arı grupları için Flubendiamide ile kontrol grubu arasında, 3 günlük ve 10 günlük yaştaki işçi arı grupları için ise Chlorantraniliprole ve Flubendiamide grupları arasında işçi arı ölümleri bakımından gözlemlenen farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

Çizelge 1. Uygulamadan sonraki üçüncü günde ölen işçi arı sayıları (Ortalama  $\pm$  S.H.)

Table 1. Numbers of dead workers on the third day after application. (Mean  $\pm$  S.E.)

İşçi arı yaş grubu	Deneme grupları		
	Kontrol	Chlorantraniliprole	Flubendiamide
1 gün	0.200 $\pm$ 0.200 B	1.200 $\pm$ 0.374 a, AB	2.000 $\pm$ 1.260 a, A
3 gün	0.800 $\pm$ 0.583 AB	1.600 $\pm$ 0.400 a, A	0.000 $\pm$ 0.000 b, B
7 gün	0.000 $\pm$ 0.000	0.000 $\pm$ 0.000 b	0.000 $\pm$ 0.000 b
10 gün	0.400 $\pm$ 0.245 AB	1.200 $\pm$ 0.490 a, A	0.000 $\pm$ 0.000 b, B

a, b: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki farklılık önemlidir ( $P<0.05$ ); A, B: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki farklılık önemlidir ( $P<0.05$ ).

Kontrol, Chlorantraniliprole ve Flubendiamide gruplarında farklı yaşlardaki *B. terrestris* işçi arılarının uygulamadan sonraki beşinci gündeki ölüm değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Her üç grupta farklı yaştaki işçi arı grupları arasında ölen işçi arı sayısı bakımından gözlemlenen farklılık önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Uygulamadan sonraki beşinci günde 1 günlük yaştaki işçi arı grupları için

Flubendiamide ile kontrol grubu arasında, 3 günlük yaştaki işçi arı grupları için Flubendiamide grubu ile kontrol ve Chlorantraniliprole grubu arasında, 3 günlük yaştaki işçi arı grupları için ise Chlorantraniliprole grubu ile kontrol ve Flubendiamide grubu arasında önemli farklılık belirlenmiştir ( $P<0.05$ ).

Çizelge 2. Uygulamadan sonraki beşinci günde ölen kümülatif işçi arı sayıları (Ortalama $\pm$ S.H.)

Table 2. Cumulative numbers of dead workers on the fifth day after application (Mean $\pm$ S.E.)

İşçi arı yaş grubu	Deneme grupları		
	Kontrol	Chlorantraniliprole	Flubendiamide
1 gün	0.200 $\pm$ 0.200 b, B	1.200 $\pm$ 0.490 a, AB	2.200 $\pm$ 1.200 a, A
3 gün	2.200 $\pm$ 0.374 a, A	1.600 $\pm$ 0.400 a, A	0.000 $\pm$ 0.000 b, B
7 gün	0.200 $\pm$ 0.200 b	0.000 $\pm$ 0.000 b	0.200 $\pm$ 0.200 b
10 gün	0.600 $\pm$ 0.245 b, B	1.800 $\pm$ 0.374 a, A	0.200 $\pm$ 0.200 b, B

a, b: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki farklılık önemlidir ( $P<0.05$ ); A, B: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki farklılık önemlidir ( $P<0.05$ ).

Çalışmanın son kontrol günü olan yedinci günde *T. absoluta* mücadelesinde kullanılan Chlorantraniliprole etken maddeli bitki koruma ürününden en az etkilenen 7 günlük yaştaki işçi arılar olmuştur. Kimyasalların uygulanmasından sonraki yedinci günde bu yaş grubu ile diğer yaş grupları arasında istatistiki olarak önemli farklılık belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Diğer taraftan Flubendiamide etken maddeli tarım ilacına maruz kalan işçi arılarda ise en fazla ölüm 1 günlük yaştaki işçi arılarda görülmüştür (Çizelge 3).

Chlorantraniliprole ve Flubendiamide maruz bırakılan 1 günlük yaştaki işçi arılarda kontrol grubuna göre daha fazla ölüm gerçekleşmiştir ( $P<0.05$ ). Flubendiamide grubunda ise 3 günlük yaştaki *B. terrestris* işçi arıların kümülatif ölüm değerleri hem kontrol hem de Chlorantraniliprole gruplarına göre daha düşük bulunmuştur. Uygulamadan

sonraki yedinci günde en yüksek işçi arı ölümü Chlorantraniliprole etken maddeli tarım ilacına maruz kalan 10 günlük yaştaki işçi arı grubunda gerçekleşmiştir ( $P<0.05$ ).

Uluslararası Biyolojik Mücadele Organizasyonu (IOBC, International Organization for Biological Control) tarafından pestisitlerin yararlı böceklere karşı toksisite skalası belirlenmiştir. Bu skalaya göre, pestisitlere maruz kalan faydalı böceklerde görülen ölümler %25’ten az ise zehirsiz (1.Sınıf), %25-50 arasında ise az zehirli (2. Sınıf), %50-75 arasında ise orta derecede zehirli (3. Sınıf), %75’ten fazla ise çok zehirli (4. Sınıf) olarak standardize edilmiştir (Sterk vd., 2002). Sunulan bu çalışmanın sonuna kadar geçen sürede ölen toplam işçi arı sayılarına ait yüzde değerleri Şekil 1’deki gibi belirlenmiştir. Elde edilen verilerin tümünde toplam işçi arı ölüm oranı %25’in altında



kalmış ve IOBC toksisite skalasına göre, çalışmada kullanılan Chlorantraniliprole ve Flubendiamide etken maddeli bitki koruma ürünlerinin tavsiye edilen

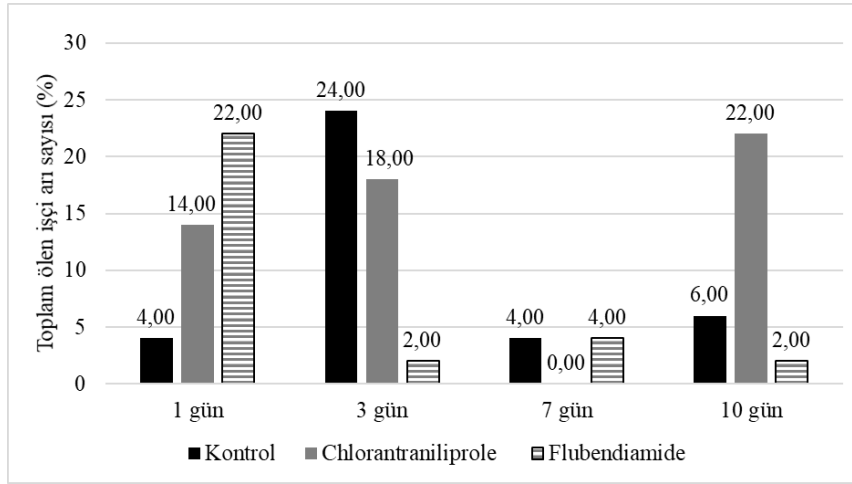
maksimum dozlarının farklı yaşlardaki *B. terrestris* işçi arıları için zehirsiz olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3. Uygulamadan sonraki yedinci günde ölen kümülatif işçi arı sayıları (Ortalama±S.H.)

Table 3. Cumulative numbers of dead workers on the seventh day after application (Mean±S.E.)

İşçi arı yaş grubu	Deneme grupları		
	Kontrol	Chlorantraniliprole	Flubendiamide
1 gün	0.400 ± 0.245 b, B	1.400 ± 0.400 a, AB	2.200 ± 1.200 a, A
3 gün	2.400 ± 0.400 a, A	1.800 ± 0.374 a, A	0.200 ± 0.200 b, B
7 gün	0.400 ± 0.245 b	0.6000 ± 0.000 b	0.400 ± 0.400 b
10 gün	0.600 ± 0.245 b, B	2.200 ± 0.374 a, A	0.200 ± 0.200 b, B

a, b: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki farklılık önemlidir (P< 0.05); A, B: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki farklılık önemlidir (P< 0.05).



Şekil 1. Çalışma sonunda toplam ölen işçi arı sayısı (%)

Figure 1. Total numbers of dead workers end of the experiment (%)

*T. absoluta* bitkilerin kök bölgesi hariç diğer tüm aksamalarında ve dönemlerinde zarar verme potansiyeli olan bir zararlıdır (Manay & Yanık, 2012). Zarar verme potansiyelinin olduğu her dönem aynı zamanda bombus arılarının kullanıldığı dönemleri de kapsamaktadır. Örtü altı domates yetiştiriciliğinde tozlaşma amacıyla kullanılan *B. terrestris* kolonilerindeki farklı yaşlardaki işçi arılar *T. absoluta* ile mücadele edilirken uygulanan bitki koruma ürünlerine dolaylı ya da doğrudan maruz kalabilmektedirler. Larson vd. (2013) bir başka bombus arısı türü olan *B. impatiens* kolonilerini Chlorantraniliprole uygulanmış ak üçgüllerin bulunduğu bir alana koymuşlar ve 6 gün sonra bu alandan uzaklaştırarak ölen ergin birey (işçi arı ve erkek arı) sayılarını kaydetmişlerdir. Elde edilen verilerden koloni başına düşen ölen ergin birey oranını %17,4 olduğunu bildirmişlerdir. Gradish vd. (2009) örtü altı sebze üretiminde kullanım için düşük riskli pestisitlerin *B. impatiens* (Hymenoptera: Apidae) üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında Imidacloprid, Abamectin, Metaflumizone ve Chlorantraniliprole'in 3 farklı dozunu (1 g/L, 0.1 g/L ve 0.01 g/L) denemiş ve bunlardan Chlorantraniliprole'un bombus arıları için zararsız olduğunu belirlemişlerdir. Bir başka çalışmada ise, Chlorantraniliprole hem bal arısı hem de bombus arısı üzerinde denenmiş ve 1 litrede çözünebilen maksimum dozda (1 mg/L) bile hayatsal ve davranışsal faaliyetlerin olumsuz etkilenmediği belirlenmiştir (Dinter vd., 2009). Gradish vd. (2012) çalışmalarında bombus işçi arılarının

tarlacılık faaliyeti esnasında Flubendiamid'in tavsiye edilen dozunun 4 katını vücutlarına alsalar bile hiçbir şekilde etkilenmeyeceklerini bildirmişlerdir. Kirubhadharsini vd. (2019) Flubendiamide 20 WG'nin hedef dışı organizmalara karşı güvenliğini değerlendirdikleri çalışmada Flubendiamide'nin tavsiye edilen dozunun *Apis* türleri için güvenli olduğunu bildirmişlerdir. Daha önceki literatür bildirişlerine ek olarak, sunulan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar farklı yaşlardaki *B. terrestris* işçi arılarının da Chlorantraniliprole ve Flubendiamide'nin tavsiye edilen dozlarından etkilenmediğini ortaya koymuştur.

#### 4. Sonuç

Doğada tozlayıcı olarak görev alan böceklerin popülasyonlarının azalmasında en önemli faktörlerden birisinin tarım ilaçları olduğu tüm dünyada kabul görmektedir. Pestisitlerin farklı arılar üzerine lethal ve sublethal etkilerinin bilinmesi arı popülasyonlarının devamlılığı açısından da kritik öneme sahiptir. Hızla artan insan nüfusunun ihtiyaçlarının karşılanması ve edinilmiş beslenme alışkanlıklarının devamı için bitkisel üretimde doğa dostu ve hedef canlı odaklı bitki koruma ürünlerinin önemi tüm dünyada artmaktadır. Sunulan bu çalışmada örtü altı domates yetiştiriciliğinin önemli zararlısı olan *T. absoluta*'ya karşı mücadelede kullanılan Chlorantraniliprole ve Flubendiamide etken maddeli bitki koruma ürünleri farklı yaşlardaki bombus işçi arıları

üzerinde uygulanarak ölüm sayıları belirlenmiş ve tüm deneme gruplarında toplam işçi arı ölüm oranı %25 altında kaldığı bulunmuştur. Elde edilen verilere göre *T. absoluta* ile mücadele kapsamında kullanılan Chlorantraniliprole ve Flubendiamide etken maddeli bitki koruma ürünlerinin tavsiye edilen dozlarında *Bombus terrestris* arılarına karşı öldürücü düzeyde zehirli olmadığı sonucuna varılmıştır.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makalenin hazırlanmasında eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

### 5. Kaynaklar

- Abbes, K., Harbi, A., & Chermiti, B. (2012). The tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) in Tunisia: current status and management strategies. *EPPO Bulletin*, 42(2), 226-233. <https://www.doi.org/10.1111/epp.2559>
- Aguiar, A. P., Deans, A. R., Engel, M. S., Forshage, M., Huber, J. T., Jennings, J. T., Johnson, N. F., Lelej A. S., Longino J. T., Lohrmann, V., Miko, I., Ohl M., Rasmussen, C., Taeger A., & Yu, D. S. K. (2013). Order Hymenoptera. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) *Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness* (Addenda 2013). *Zootaxa*, 3703(1), 51-62.
- Ahmad, M., Bodlah, I., Mehmood, K., Sheikh, U. A. A., & Aziz, M. A. (2015). Pollination and foraging potential of European bumblebee, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) on tomato crop under greenhouse system. *Pakistan Journal of Zoology*, 47(5), 1279-1285.
- Brittain, C., & Potts, S. G. (2011). The potential impacts of insecticides on the life-history traits of bees and the consequences for pollination. *Basic and Applied Ecology*, 12(4), 321-331. <https://www.doi.org/10.1016/j.baae.2010.12.004>.
- Canbay, A., Alaserhat, İ., & Tohma, Ö. (2014). Erzincan ve Iğdır illeri domates alanlarında zararlı *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) ve predatörlerinin popülasyon takibi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 45(2), 79-97.
- Dinter A., Brugger K. E., Frost N. M., & Woodward MD (2009) Chlorantraniliprole (Rynaxypyr): a novel DuPont insecticide with low toxicity and low risk for honey bees (*Apis mellifera*) and bumblebees (*Bombus terrestris*) providing excellent tools for uses in integrated pest management. *Julius-KuhnArchiv*, 423, 84-96.
- Erlar, F., Can, M., Erdogan, M., Ates, A. O., & Pradier, T. (2010). New record of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) on greenhouse-grown tomato in southwestern Turkey (Antalya). *Journal of Entomological Science*, 45(4), 392-393. <https://www.doi.org/10.18474/0749-8004-45.4.392>.
- Gill, R. J., & Raine, N. E. (2014). Chronic impairment of bumblebee natural foraging behaviour induced by sublethal pesticide exposure. *Functional Ecology*, 28(6), 1459-1471. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12292>
- Gösterit, A., & Gürel, F. (2010). Bombus arıları ve bitkisel üretim açısından önemleri. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 4, 9-12.
- Gösterit, A., & Gürel, F. (2018). The role of commercially produced bumblebees in good agricultural practices. *Scientific Papers, Series D., Animal Science*, 5, 201-204.
- Gradish, A. E., Scott-Dupree, C. D., Shipp, L., Harris, C. R., & Ferguson, G. (2009). Effect of reduced risk pesticides for use in greenhouse vegetable production on *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae). *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 66(2), 142-146. <https://www.doi.org/10.1002/ps.1846>.
- Gradish, A. E., Scott-Dupree, C. D., Frewin, A. J., & Cutler, G. C. (2012). Lethal and sublethal effects of some insecticides recommended for wild blueberry on the pollinator *Bombus impatiens*. *The Canadian Entomologist*, 144(3), 478-486.
- Gradish, A. E., Van Der Steen, J., Scott-Dupree, C. D., Cabrera, A. R., Cutler, G. C., Goulson, D., Klein O., Lehmann D. M., Lückmann J., O'Neill B., Raine N. E., Sharma B., & Thompson, H. (2019). Comparison of pesticide exposure in honey bees (Hymenoptera: Apidae) and bumble bees (Hymenoptera: Apidae): implications for risk assessments. *Environmental Entomology*, 48(1), 12-21.
- Kılıç, T. (2010). First record of *Tuta absoluta* in Turkey. *Phytoparasitica*, 38(3), 243-244. <https://www.doi.org/10.1007/s12600-010-0095-7>.
- Kirubhadharsini, B. L., Gunasekaran, K., & Krishnamoorthy, S. V. (2019). Assessment of safety of flubendiamide 20 WG against non-target organisms. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2019; 7(6), 612-616.
- Klinger, E. G., Camp, A. A., Strange, J. P., Cox-Foster, D., & Lehmann, D. M. (2019). *Bombus* (Hymenoptera: Apidae) microcolonies as a tool for biological understanding and pesticide risk assessment. *Environmental Entomology*, 48(6), 1249-1259. <https://www.doi.org/10.1093/ee/nvz117>.
- Kwon, Y. J., & Saeed, S. (2003). Effect of temperature on the foraging activity of *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) on greenhouse hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Applied Entomology and Zoology*, 38(3), 275-280.
- Lahm, G. P., Selby, T. P., Freudenberger, J. H., Stevenson, T. M., Myers, B. J., Seburyamo, G., Smith, B. K., Flexner, L., Clark C. E., & Cordova, D. (2005). Insecticidal anthranilic diamides: a new class of potent ryanodine receptor activators. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 15(22), 4898-4906. <https://www.doi.org/10.1016/j.bmcl.2005.08.034>.
- Larson, J. L., Redmond, C. T., Potter, D. A. (2013). Assessing insecticide hazard to bumble bees foraging on flowering weeds in treated lawns. *PLoS One*, 8(6), e66375. <https://www.doi.org/10.1371/journal.pone.0066375>.
- Mamay, M. & Yanik, E. (2012). Şanlıurfa'da domates alanlarında Domates Güvesi [*Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)]'nin ergin popülasyon gelişiminin belirlenmesi. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 2(3), 189-198.
- Mommaerts, V. & Smaghe, G. (2011). Side-effects of pesticides on the pollinator *Bombus*: an overview. *In-Tech.*, 507-552
- Portakaldalı, M., Öztemiz, S., Kütük, H., Büyüköztürk, H., & Ateş, A. (2013). Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)'nın yayılış durumu. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 3(3), 133-139.
- Roditakis, E., Skarmoutsou, C., & Staurakaki, M. (2013). Toxicity of insecticides to populations of tomato borer *Tuta absoluta* (Meyrick) from Greece. *Pest Management Science*, 69(7), 834-840. <https://www.doi.org/10.1002/ps.3442>.
- Roditakis, E., Vasakis, E., Grispou, M., Stavarakaki, M., Nauen, R., Gravouil, M., & Bassi, A. (2015). First report of *Tuta absoluta* resistance to diamide insecticides. *Journal of Pest Science*, 88(1), 9-16. <https://www.doi.org/10.1007/s10340-015-0643-5>.
- Sterk, G., Heuts, F., Merck, N., & Bock, J. (2002). Sensitivity of non-target arthropods and beneficial fungal species to chemical and biological plant protection products: results of laboratory and semi-field trials. *1st international symposium on biological control of arthropods*, 306-313.
- Tobback, J., Mommaerts, V., Vandersmissen, H. P., Smaghe, G., & Huybrechts, R. (2011). Age- and task-dependent foraging gene expression in the bumblebee *Bombus terrestris*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 76(1), 30-42. <https://www.doi.org/10.1002/arch.20401>.
- Ünlü, L. (2011). Domates güvesi, *Tuta absoluta* (Meyrick)'nın Konya ilinde örtüaltında yetiştirilen domateslerdeki varlığı ve popülasyon değişimi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(4), 27-29.
- Velthuis, H. H. & van Doorn, A. (2006). A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie*, 37(4), 421-451. <https://www.doi.org/10.1051/apido:2006019>.
- Williams, P. H. (1998). An annotated checklist of bumble bees with an analysis of patterns of description (Hymenoptera: Apidae, Bombini). *Bulletin-Natural History Museum Entomology Series*, 67, 79-152.
- Whitehorn, P. R., O'Connor, S., Wackers, F. L., & Goulson, D. (2012). Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. *Science*, 336(6079), 351-352. <https://www.doi.org/10.1126/science.1215025>.



## Doğrusal Kombinasyon Tekniğiyle Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitü Topraklarının Kalite İndeksinin Belirlenmesi

Hüseyin ŞENOL<sup>1\*</sup>, Fatih KIZILASLAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta-Türkiye

<sup>2</sup>Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Eskişehir, Türkiye

\*Sorumlu yazar: huseyinsenol@isparta.edu.tr

### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 02/08/2021

Kabul tarihi: 07/09/2021

**Anahtar Kelimeler:** Toprak kalitesi, analitik hiyerarşik proses, toprak özellikleri

### ÖZET

Toprak dünya üzerinde canlılığı barındıran biyosferin en önemli bileşenidir. Gıda güvenliğinin sürdürülebilirliği açısından toprak kalitesinin değerlendirilmesi önem arz eder. Bu çalışmada Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü merkez yerleşkesi topraklarının kalite indeksinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, çalışma alanı 100m X 100 m olacak şekilde gridlere ayrılmış ve 242 adet toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinde tekstür, HA, TK, SN, AS, OM, EC, pH, kireç, P, K, Ca, Mg, Na, Mn, Zn, Fe ve Mn olmak üzere 20 farklı özellik analiz edilmiş ve belirlenen kriterler analitik hiyerarşik süreci kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. Elde edilen verilerden toprak kalite indeksi hesaplanmış, konumsal dağılım haritası Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (TMAE) yöntemi kullanılarak üretilmiştir. Hafif alkaline reaksiyonlu olan topraklarda tuzluluk problemi bulunmamaktadır. Toprakların %19.01'inde kireç içerikleri fazla kireçli olarak sınıflandırılırken, %70.25'lik kısmında organik madde içeriği az olarak belirlenmiştir. Topraklar genellikle ince bünyeli olup %69.84'ü killi tekstür sınıfında belirlenmiştir. Toprakların hacim ağırlığı değerleri 1.07 g/cm<sup>3</sup> ile 1.59 gr/cm<sup>3</sup> arasında iken tarla kapasitesi ve solma noktası sırasıyla %14.85-46.17, %9.53-%37.18 aralıklarında değişim göstermiştir. Agregat stabilitesi artan kil içeriğine bağlı olarak yüksek seviyelerde belirlenmiştir. Çalışma sonucunda çalışma alanının %6.6'sı çok düşük, %68.6'sı düşük, %24.8'i iyi toprak kalite sınıfına girdiği belirlenmiştir.

## Determination of Quality Index of Eskişehir Transition Zone Agricultural Research Institute Soils using Linear Combination Technique

### ARTICLE INFO

Received: 02/08/2021

Accepted: 07/09/2021

**Keywords:** Soil quality, analytical hierarchy process, soil properties

### ABSTRACT

Soil is the most important component of the biosphere that hosts life on earth. Evaluation of soil quality is important for the sustainability of food security. In this study, it was aimed to determine the soil quality index of the soils in the central campus of the Eskişehir Transition Zone Agricultural Research Institute. In the study, the study area was divided into grids of 100 m X 100 m and 242 soil samples were taken. Twenty different properties including texture, HA, TK, SN, AS, OM, EC, pH, lime, P, K, Ca, Mg, Na, Mn, Zn, Fe and Mn were analyzed in soil samples. The determined criteria were weighted using the analytical hierarchy process. Soil quality index was calculated from the obtained data, and the spatial distribution map was obtained using the Inverse Distance Weighted Interpolation (IDW) method. There is no salinity problem in soils with slightly alkaline reaction. While the lime content of 19.01% of the soils was classified as too calcareous, the organic matter content was determined to be low in 70.25% of the soil. Soils are generally fine-textured and 69.84% of them are determined in clay texture class. While the bulk density values of the soils were between 1.07 g/cm<sup>3</sup> and 1.59 g/cm<sup>3</sup>, the field capacity and wilting point varied between 14.85-46.17%, 9.53%-37.18%, respectively. As a result of the study, it was determined that 6.6% of the study area is very low, 68.6% is low, 24.8% is in the good soil quality class.

### 1. Giriş

Toprak tarımsal üretimin en temel ögesidir. Birim alan verimi ve kalitesi, toprak verimlilik düzeyiyle doğru orantılıdır. Yeterli miktarda besin elementlerinin toprakta bulunması ve muhafaza edilmesi, toprak fiziksel özelliklerinin optimum durumda bulunması; toprak verimliliğinin de yüksek olması anlamına gelmektedir. Bu nedenle toprak verimliliği birçok faktöre ve tarımsal uygulamayla doğrudan ilişkilidir (Başar, 2001). Birim alandan yapılan üretimin artırılması ve yüksek gelir elde edilebilmesinde en önemli etkenlerden birisi de toprak

verimliliğidir. Toprak verimliliğinin yüksek veya düşük olması birçok farklı etmenin etkileşimine bağlıdır (Dengiz & Başkan, 2004). Bir toprağın verimliliği toprak kalitesinin de bir göstergesidir ve verimin azalmadan devam ettirilebilmesi yönünden toprak kalitesinin önemi büyüktür. Toprak kalitesinin en basit tanımı işleyiş kapasitesidir. Diğer bir ifade ile “doğal ya da yönetilen ekosistem sınırları dahilinde, bitki ve hayvan verimliliğini sürdürmek için uygun olması, su ve hava kalitesini sürdürme veya artırma ve insan sağlığını ve yaşam alanını destekleme özelliğine sahip belirli bir toprak türünün

kapasitesi” olarak tanımlanmaktadır (Karlen & Stott, 1994; Dengiz & Özcan, 2006).

Toprak dünya sağlığında, ekonomilerde ve çevresel sürdürülebilirlikte önemli bir rol oynadığı için korunmalı ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmalıdır (Acton vd., 1995). Son yıllarda gerek yanlış kullanımlar gerekse çevresel faktörler nedeniyle tarım toprakları tükenmekte, kalitesi bozulmaktadır. Üründe ve ürün kalitesindeki azalma, üretim girdilerinin artması toprak kalitesinin azaldığının bir işaretidir. Toprak kalitesi direk olarak ölçülememekte, ancak sürdürülebilir tarım ve çevresel sistemler için önemli olan ve ölçülen bir kısım fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerle göstergelerin sayılaşdırılması şeklinde değerlendirilebilmektedir (Karlen vd., 1997).

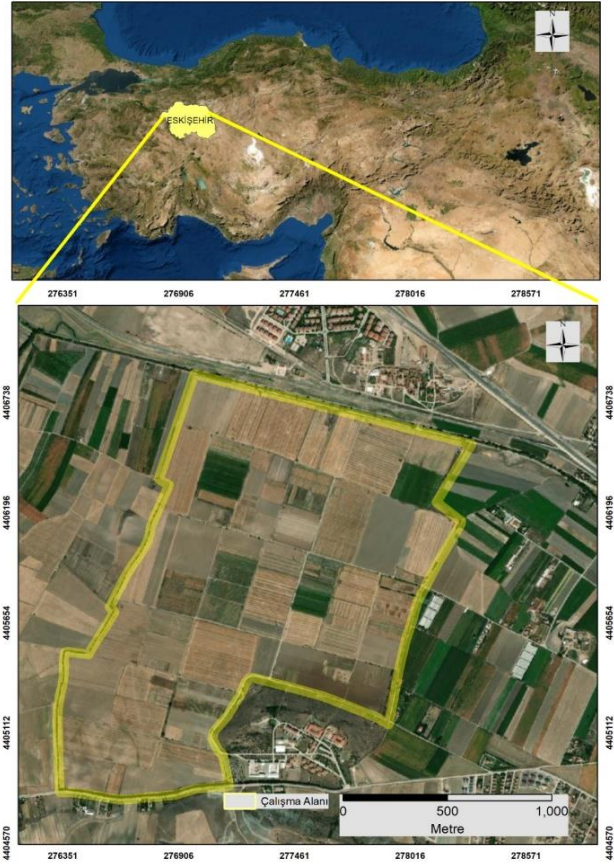
Toprak kalitesi ile ilgili yapılan çalışmaların noktasal bazlı olarak değerlendirilmesinde konumsal dağılım sonuçlarının elde edilmesi, karar vericiler veya üretici adına oldukça önemlidir. Bu amaçla, noktasal bazlı verilerin mekansal dağılımlarının değerlendirildiği jeostatistiksel yaklaşımlar arazilerin değerlendirilmesinde ve sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Aydın & Dengiz 2019). Koca vd. (2019) standart skorlama fonksiyonları ve analitik hiyerarşi süreci ile ağırlık verilerek Çukurova bölgesinde toprak kalitesini belirledikleri çalışmada; alanın %68.3’ünü orta kaliteli olarak bildirmişlerdir. Toprak oldukça dinamik bir özellikte olup, çevresel birçok faktörün etkisi altındadır. Bu yüzden bir toprağın bir özelliği incelenirken, birçok kriterin birlikte ele alınması gerekmektedir. Ayrıca, etkileyen kriterlerin aynı önem derecelerinde bulunmaması nedeniyle ağırlıklarının ve alt kriterlerin puanlarının belirlenmesi istenen özelliğin tahmininde çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan analitik hiyerarşik süreç’in kullanılması çalışmalarda konu edinilmiştir (Turan & Dengiz, 2017; Dedeoğlu & Dengiz, 2018).

Bu çalışmanın amacı; Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü’nün merkez yerleşkesine ait araştırma ve üretme parsellerinde toprak kalitesinin analitik hiyerarşik süreç ve standart skorlama fonksiyonu yarımıyla belirlenmesi ve dağılım haritasının oluşturulmasıdır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Çalışma alanı

Araştırma, Eskişehir merkeze 6 km. mesafede bulunan Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Sultan önu yerleşkesi arazilerinde yürütülmüştür. Çalışma alanında buğday ve arpa (kuru), şekerpancarı baklagil gibi tek yıllık bitkiler (sulu) olarak yetiştirilmektedir. Deneme yeri 39° 46’ kuzey enlemi, 30° 36’ doğu boylamında olup denizden yüksekliği 780 m’dir. Eskişehir iklimi Batı Anadolu ve İç Anadolu iklimleri arasında geçiş iklimi gösterse de genellikle sert karasal iklim görülmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarı 272.9 mm, ortalama sıcaklık ise 11.3 °C’dir. Çalışma alanı Şekil 1.’de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı

Figure 1. Study area

### 2.2. Toprak örnekleme ve analizleri

Çalışmada grid yöntemi kullanılmış ve 100x100 m şeklinde oluşturulan grid sisteminden yüzey (0-30 cm) derinlikten 242 adet bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örnekleri daha sonra 2 mm’lik elekten elenerek ve analize hazır hale getirilerek aşağıdaki analizler yapılmıştır. Toprak örneklerinde tekstür (Bouyoucous, 1951), hacim ağırlığı (HA) (Richards 1954), agregat stabilitesi (AS) (Tüzüner 1990), kireç (Tüzüner 1990), pH ve EC Saturasyon çamurunda (Tüzüner 1990), organik madde (OM) (Tüzüner 1990), makro (K, Ca, Mg ve Na) (Tüzüner 1990) ve mikro besin elementler (Fe, Mn, Cu ve Zn) (Lindsay & Norvell, 1978), yarıyışlı fosfor (Olsen, 1954), tarla kapasitesi (TK) ve solma noktası (SN) (Tüzüner 1990) analizleri yapılmıştır.

### 2.3. Toprak kalite indeksi

Toprak kalite indikatörlerinin etki düzeylerini belirlemek amacıyla Saaty (1980) tarafından geliştirilen analitik hiyerarşik süreç (AHS) ile göstergeler ağırlıklandırılmıştır. İlk aşamada, toprak kalite göstergeleri, standart skorlama fonksiyonları kullanılarak birbiri ile kıyaslanabilir olması için 0.1 ile 1.0 arasında birimsiz skorlara dönüştürülmüştür (Andrews vd., 2002). Genel olarak “daha fazla daha iyidir (more is better)”, “daha az daha iyidir (less is better)” ve “orta nokta optimumdur” olmak üzere 3 farklı skorlama fonksiyonu (SSF) kullanılmıştır (Masto vd., 2008). Standart skorlama fonksiyonları ve toprak özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Standart skorumla fonksiyonları ve toprak özellikleri

Table 1. Standard scoring functions and soil properties

Özellikler	Fonksiyon	SSF denklemleri		
Kum	LB	$f(x) = \begin{cases} 0.1 & x \geq L \\ 1 - 0.9 \times \frac{x-L}{U-L} & L \leq x \leq U \\ 1 & x \leq L \end{cases}$		
Silt	LB			
EC	LB			
CaCO <sub>3</sub>	LB			
Hacim Ağırlığı	LB			
pH	LB			
Na	LB			
Solma Noktası	LB			
Organik madde	MB			
P, K, Ca, Mg	MB			
Fe, Cu, Zn, Mn	MB	$f(x) = \begin{cases} 0.1 & x \geq L \\ 0.9 \times \frac{x-L}{U-L} + 0.1 & L \leq x \leq U \\ 1 & x \leq U \end{cases}$		
Tarla kapasitesi	MB			
Agregat stabilitesi	MB			
Kil	OR		$f(x) = \begin{cases} 0.1 & x \geq L1 \text{ or } x \leq U \\ 0.9 \times \frac{x-L1}{L2-L1} + 0.1 & L \leq x \leq L2 \\ 1 & \end{cases}$	
				$f(x) = \begin{cases} 0.1 & L2 \leq x \leq U1 \\ 1 - 0.9 \times \frac{x-U1}{U2-U1} & U1 \leq x \leq U2 \\ 1 & \end{cases}$

SSF:standard skorumla fonksiyonu, LB: en az eniyidir, MB:en fazla en iyidir, OR:optimum nokta, L: en düşük değer, U: en yüksek değer, x: toprak örneğinin değeri

Analitik hiyerarşik süreç yöntemi ile hem nitel hem de nicel faktörlerin ikili karşılaştırmalarının yapılması, ağırlıklarının ve önceliklerinin belirlenmesi mümkün olabilmektedir (Saaty, 2008). Saaty (1977) 1'den 9'a kadar değişen önem derecesini değerlendiren bir karşılaştırma

önermiştir. Uzman görüşleri ve değerlendirmelere göre kriterler ve alt kriterlere ikili karşılaştırma uygulanır. Saaty ölçeğine göre birbirlerine göre nispi önemini belirten sayısal değerler Çizelge 2.verilmiştir.

Çizelge 2. Saaty ölçeği

Table 2. Saaty scale

Önem Düzeyi	Açıklama	Tanımlama
1	Eşit derecede önemli	İki öge eşit derecede öneme sahiptir
3	Biri diğerinden zayıf derecede önemli	1 ölçüt 2 ölçüte göre biraz daha önemli
5	Gerekli veya güçlü önemli	1 ölçüt 2 ölçüte göre fazla önemli
7	Kuvvetli derecede önemli	1 ölçüt 2 ölçüte göre çok fazla önemli, pratikte baskın veya kanıtlanabilen durumlar
9	Kesinlikle önemli	1 ölçüt 2 ölçüte göre en kuvvetli (aşırı) önemli, en yüksek doğruluğa sahip
2, 4, 6, 8	Ara değerler	Birbirine yakın iki değerlendirme arasındaki kararsız kaldığında ve iki değer arasında uzlaşma gerektiği zamanlarda kullanılır

Kriterlerin önemi göz önünde bulundurularak kriterler arasında karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Karşılaştırma matris çizelgesi oluşturulduktan sonra matrisin normalizasyon işlemi yapılmıştır. Karşılaştırmalardaki tutarlılığın ölçülebilmesi için öz vektör yöntemi kullanılmış Tutarlılık İndeksi (Tİ) elde edilmiştir. Tutarlılık oranı (TO) değeri; Tutarlılık

indeksinin (Tİ) Rastal indeks (RI) (Çizelge 3) değerine bölünmesi suretiyle elde edilmiştir. TO değerinin 0.10'dan küçük olması karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu, CR değerinin 0.10'dan büyük olması karşılaştırmaların tutarsız olduğunu veya hesaplama hatası olduğunu işaret etmektedir. Bu durumda, karşılaştırmalar tekrar gözden geçirilmelidir (Saaty, 1980).

Çizelge 3. Kriter sayısına bağlı olarak rastal indeks değerleri (RI)

Table 3. Random index values (RI) depending on the number of criteria

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

AHS ile ağırlıklandırılan özellikler SSF ile standartlaştırıldıktan sonra doğrusal kombinasyon tekniği yaklaşımı kullanılarak toprak kalite indeks değerleri belirlenmiş (Eşitlik 1), ve Çizelge 4'e göre sınıflandırılmıştır.

$$TKİ = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot X_i) \quad (1)$$

TKİ: Toprak kalite indeksi,  $W_i$ : parametrelerin ağırlıkları,  $X_i$ : parametrelerin skorları

Çizelge 4. Toprak kalite indeksi sınıflaması  
Table 4. Soil quality index classification

Sınıf	Tanımlama	TKİ
I	Çok düşük	<0.40
II	Düşük	0.40-0.50
III	İyi	0.50-0.65
IV	Yüksek	0.65-0.85
V	Çok yüksek	>0.85

#### 2.4. Konumsal dağılım haritalarının oluşturulması

Çalışma alanı içerisinde dağılım gösteren topraklara ait kalite sınıfı özelliklerine ait konumsal dağılım haritaları oluşturmak amacıyla Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW) kullanılmıştır. Bu model, belirlenen noktalardan değeri bilinmeyen noktayı tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Bu değerlerin hesaplanmasında ise uzaklıkların ters mesafe fonksiyonlarından yararlanmaktadır. Bu yaklaşımda değeri bilinen noktadan hedeflenen noktaya olan uzaklık arttıkça benzerliklerin azaldığı varsayılmakta (Li & Heap, 2008) literatürlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Şenol vd., 2020a; Alaboz vd., 2020). IDW yönteminde enterpolasyon fonksiyonu aşağıdaki gösterilen eşitlik kullanılarak belirlenmiştir (Eşitlik 2).

$$\lambda_i = \frac{1/d_i^p}{\sum 1/d_i^p} \quad (2)$$

Eşitlikte  $d_i$ ;  $x_0$  ve  $x_i$  noktaları arasındaki mesafeyi,  $p$ ; üssel parametre ve  $n$  örnek sayısıdır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Toprak özellikleri ve tanımlayıcı istatistikleri

Çalışma alanına ait 242 adet toprak örneği alınarak analiz edilmiş ve tanımlayıcı istatistikler Çizelge 5'te verilmiştir. Toprak örneklerinin tekstür analizi sonuçları incelendiğinde %69.83'ü C (killi), %13.64'ü CL (killi tın), %13.22'si SCL (kumlu killi tın), %2.89'u SL (kumlu tın) ve %0.41'i de SC (kumlu kil) sınıfına girmiştir. Çalışma alanı toprakları %11.82-68.64 arasında değişen kil içeriğine sahiptir. Topraklarının pH değerleri 7.62-8.39 arasında dağılım gösterirken sulanmayan alanlarda pH değerlerinin 7.15 ile 8.13 arasında, sulanan alanlarda ise 7.62 ile 8.39 arasında tespit edilmiştir. EC değerleri 0.298 ile 1.679 dS/m arasında dağılım göstermiş olup sulanmayan alanlarda EC, 0.323 dS/m ile 0.792 dS/m arasında, sulanan alanlarda ise 0.298 dS/m ile 1.679 dS/m aralığında bulunmuştur. Kireç değerlerinin %0.98 ile %32.67 arasında dağılım gösterdiği, organik madde içeriklerinin %0.64-2 arasında olduğu belirlenmiştir. Kalsiyum, magnezyum, potasyum ve Na değerleri 3277 -

8111.5 mg/kg, 140.35 - 3337.5 mg/kg, 170.85 - 1503 mg/kg, 5.33-263.3 mg/kg arasında dağılım göstermektedir.

Toprakların fosfor içeriği bakımından Taşova & Akın (2013)'e göre %4.55'i çok az sınıfına girerken %22.31'i az %25.21'i yeterli %22.31'i fazla ve %25.62'si çok fazla sınıfına girmiştir. Sulanmayan alanlarda fosfor değerlerinin 3.58 mg/kg ile 21.89 mg/kg arasında, sulanan alanlarda ise 3.4 mg/kg ile 80.71 mg/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Toprak örneklerinin demir, bakır, çinko ve mangan içerikleri ise 0.16-35.07 mg/kg, 0.38 - 9.78 mg/kg, 0.11 mg/kg ile 1.51 mg/kg, 1.09 - 49,57 mg/kg aralıklarında değişim sergilemiştir.

Çalışma alanı topraklarının agregat stabilitesi sonuçları %50.16-74.65 arasında değişmiştir. Toprakların agregat stabilitesi sınıflandırmalarında %30'ü üzeri değerler yüksek dayanıklılığın bir göstergesi olup çalışma alanı içerisindeki toprakların tamamının agregat stabilitesi değerleri yüksek olarak belirlenmiştir. Çalışmada bölgenin tarla kapasitesi değerleri %14.85-46.17 arasında değişen nem içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Arazinin eğimli olan ve sulanmayan güney bölgelerinde daha çok kumlu hafif bünyeli alanlar bulunduğu için tarla kapasitesi değerleri de düşüktür. Kuzey ve doğu yönüne gidildikçe toprak ağırlaşmaya başlayıp kil oranları arttığından dolayı bu bölgelerde tarla kapasitesi değerlerinin bünyeye bağlı olarak arttığı görülmektedir. Sulanmayan alanlarda tarla kapasitesi değerlerinin %17.18-40.24 arasında, sulanan alanlarda %14.85-46.17 arasında nem içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Topraklar %9.53-37.18 arasında değişen solma noktası nem içeriğine sahiptir. Arazinin güney kısımlarında kil içeriğinin düşük kum içeriğinin yüksek olmasından dolayı bu bölgelerde solma noktasında toprakta düşük nem seviyeleri karşımıza çıkmaktadır. Kuzey ve doğu kesimlerde ise tam tersi bir durum söz konusudur, kil miktarının artışına bağlı olarak solma noktasında toprakta tutulan su miktarının arttığını görmekteyiz. Sulanmayan alanlarda solma noktası değerlerinin %10.41 ile 32.89 arasında, sulanan alanlarda ise %9.53 ile %37.18 arasında nem içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının hacim ağırlığı değerleri 1.07-1.59 gr/cm<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Hacim ağırlığının yüksek bulunmasındaki sebep bu bölgenin tarla trafiği ve araçların geçişine müsait olmasına bağlı olarak toprak sıkışmasının meydana gelmesidir. Sulanmayan alanlarda hacim ağırlığı değerlerinin 1.15 gr/cm<sup>3</sup> ile 1.5 gr/cm<sup>3</sup> arasında, sulanan alanlarda ise 1.07 gr/cm<sup>3</sup> ile 1.59 gr/cm<sup>3</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir.

Tanımlayıcı istatistiksel veriler arasında yer alan varyasyon katsayısı (VK) topraklardaki değişkenliğin en belirgin ölçüsüdür. Camberdella vd. (1994) varyasyon katsayısını toprak değişkenliği açısından 3'e ayırmışlardır. Yapılan sınıflandırmaya göre varyasyon katsayısı <%15 az değişken, %16< varyasyon katsayısı <%30 orta derecede değişken ve varyasyon katsayısı > %31 olanlar yüksek derecede değişken olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada incelenen alan kireç, potasyum, magnezyum, sodyum, bakır, demir, mangan, çinko, fosfor açısından yüksek derecede değişken (VK>%31) olduğu saptanmıştır. Çalışma alanı pH, kalsiyum, hacim ağırlığı ve toprak kalite indeksi (SQI) açısından düşük değişkenlik (VK <%15)

göstermektedir. Çalışma alanında en düşük değişkenlik %2 ile pH, en yüksek değişkenlik ise 1.09 ile alınabilir demir analizinden elde edilmiştir. Normal dağılım simetri göstermektedir. Basıklık simetrik dağılımın sivri olması veya normalden daha basık olması anlamına gelmektedir. Normal dağılımda basıklık katsayı 0 kabul edilir. Pozitif değerler sivrilik, negatif değerler ise basıklığı gösterir. Analiz edilen veri setinde normal dağılımda önemli farklılıklar yok ise basıklığın -1 ile +1 arasında değişmesi beklenmektedir. Simetrik dağılımın sağa veya sola yönelmesi çarpıklık olarak ifade edilmektedir. Basıklığa benzer şekilde normal dağılımda çarpıklık 0 dır. Negatif

değerler sağa, pozitif değerler ise sola çarpıklığı gösterir. Çizelge 2 incelendiğinde EC, kireç, potasyum, sodyum, bakır, demir, mangan, çinko, fosfor ve hacim ağırlığı normal dağılımdan ciddi şekilde ayrılarak sivri bir yapı göstermektedir (Basıklık >1). Çalışmada en yüksek basıklık değeri 28.88 ile demirden en düşük basıklık değeri ise -0.15 ile organik maddeden elde edilmiştir. Verilerin çarpıklığı incelendiği zaman EC, sodyum, bakır, demir, mangan, çinko, fosfor ve kum parametrelerinin sola çarpık olduğu belirlenmiştir. En yüksek çarpıklık değeri 4.49 ile demirden elde edilirken en düşük çarpıklık değeri -0.81 ile tarla kapasitesinden elde edilmiştir.

Çizelge 5. Toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri  
Table 5. Descriptive statistics of soil properties

Toprak Özellikleri	En Düşük	Ortalama	En Yüksek	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı	Çarpıklık	Basıklık
pH	7.62	7.99	8.39	0.14	0.02	-0.31	0.36
EC	0.30	0.64	1.68	0.18	0.28	1.84	7.25
Kireç	0.98	12.59	32.67	4.08	0.32	0.02	3.18
OM	0.64	1.20	2.10	0.30	0.25	0.41	-0.15
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3.40	16.80	80.71	9.58	0.57	1.97	8.40
K <sub>2</sub> O	170.85	607.82	1503.00	192.90	0.32	0.94	2.77
Ca	3277.00	5722.81	8111.50	821.70	0.14	-0.01	0.06
Mg	140.35	1300.38	3337.50	591.12	0.45	0.24	-0.07
Na	5.33	45.51	263.30	30.43	0.67	2.65	12.16
Cu	0.38	1.83	9.78	1.64	0.89	3.06	9.23
Fe	0.16	3.35	35.07	3.65	1.09	4.49	28.88
Mn	1.09	10.90	49.57	9.76	0.89	1.58	2.29
Zn	0.08	0.44	3.49	0.43	0.96	4.06	22.42
Kum	14.06	31.40	72.40	13.35	0.43	1.00	0.11
Silt	5.85	22.99	33.69	4.29	0.19	-0.13	0.29
Kil	11.82	45.62	68.64	13.02	0.29	-0.62	-0.51
TK	14.85	35.88	46.17	6.21	0.17	-0.81	0.23
SN	9.53	26.55	37.18	5.56	0.21	-0.70	0.39
AS	50.16	59.11	74.65	4.97	0.08	0.61	0.27
HA	1.07	1.23	1.59	0.07	0.06	1.05	2.98
SQI	0.31	0.47	0.61	0.05	0.10	0.00	0.22

### 3.2. Analitik Hiyerarşik Süreç

Seçilen kalite indikatörlerinin analitik hiyerarşik süreç ile elde edilen ağırlıkları Çizelge 6'da sunulmuştur. Fiziksel, kimyasal ve besin elementi indikatörlerinin ana etkilerinin ağırlıkları sırasıyla 0.52458, 0.33377, 0.14156 olarak belirlenmiştir. En yüksek değer fiziksel parametreler için belirlenirken, en düşük değer besin elementi özellikleri için bulunmuştur. Ayrıca, kalite indikatör grupları içerisinde en yüksek katkı sağlayan özellikler sırasıyla kil yüzdesi (0.320764), OM (0.389137) ve P (0.269755) olarak belirlenmiştir. Toprak tekstürünün su ve besin elementi tutma özelliği üzerinde oldukça etkili bir parametre olması toprak kalitesine katkı oranının yüksek oluşunun bir

göstergesidir (Şenol vd., 2020b). Ayrıca toprak kalitesi ve yönetimi açısından kimyasal içerik yönünden optimum düzeyde olan bir toprağın fiziksel yapısının ideal koşullarda olmaması verimliliği ve bitki gelişimini önemli seviyede etkilemektedir. Bu yüzden fiziksel kalite indikatörlerinin en yüksek katkı oranına sahip olması beklenen bir durumdur. Yine, Dengiz (2020) kalite kriterlerinde toprak tekstürünün temel özellikler içerisinde olduğunu bildirmişlerdir. Toprak sıkışmasının göstergelerinden biri olan hacim ağırlığı tarla kapasitesindeki nem seviyesi ve bitkinin yararlanabileceği su seviyesi üzerinde önemli etkilere sahiptir (HaghighiFashi vd., 2017).

Çizelge 6. Toprak kalite göstergelerinin AHS ile ağırlıkları  
Table 6. Weights of soil quality indicators with AHS

Özellikler	İndikatör ağırlıkları			Ağırlık
	Fiziksel	Kimyasal	Besin Elementi	
	0.52468	0.33377	0.14156	
Kil	0.320764			0.1683
Silt	0.179902			0.0944
Kum	0.151351			0.0794
Hacim ağırlığı	0.121683			0.0638
Tarla kapasitesi	0.072426			0.0380
Solma noktası	0.072426			0.0380
Agregat stabilitesi	0.081448			0.0427
Organik Madde		0.389137		0.1299
EC		0.232887		0.0777
pH		0.267609		0.0893
Kireç		0.110367		0.0368
P			0.269755	0.0382
K			0.202221	0.0286
Ca			0.143684	0.0203
Mg			0.11261	0.0159
Na			0.084271	0.0119
Mn			0.058751	0.0083
Fe			0.044254	0.0063
Cu			0.04418	0.0063
Zn			0.040274	0.0057
Toplam	1	1	1	1

### 3.3. Toprak Kalite İndeksi

Arazinin verimlilik sınıflarını görebilmek için 242 noktadan alınan toprak örneklerinin her birinden yapılan 20 analiz sonucu elde edilen veriler kullanılarak toprak verimlilik indeksi değerleri oluşturulmuştur. AHP ile ağırlıklandırılan toprak özellikleri standart skorlama yöntemi ile normalize edilmiş ve doğrusal kombinasyon tekniğiyle toprak kalitesi değerleri belirlenmiştir. Toprak kalite indeksi değerleri 0.3131 ile 0.6057 arasında değişkenlik göstermiştir. Alanın toprak verimlilik indeksi dağılımları Çizelge 7’de verilmiştir. Çalışma alanı toprak örneklerinin %6.6’sı I. Sınıf (çok düşük), %68.6’sı II. Sınıf (düşük), %24.8’i III. Sınıf (iyi) olarak dağılım göstermiştir (Şekil 2).

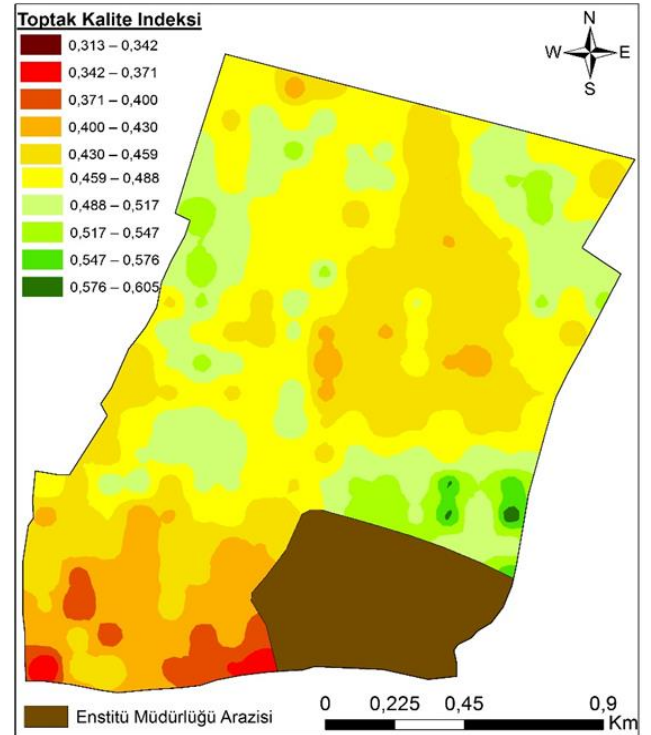
Çizelge 7. Toprak verimlilik indeksi dağılımı  
Tablo 7. Soil fertility index distribution

Sınıf	Örnek sayısı	%
I	16	6.6
II	166	68.6
III	60	24.8

### 4. Sonuç

Bu çalışmada; Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü’nün merkez yerleşkesine ait araştırma ve üretme alanlarının toprak kalitesi ve mekânsal dağılımları incelenmiştir. Toprak özelliklerinin değerlendirilmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan analitik hiyerarşik süreç (AHS) ve standart skorlama fonksiyonları kullanılmış doğrusal

kombinasyon tekniğiyle toprak kalitesi indeksi (TKİ) belirlenmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanı toprak kalite indeksi dağılım haritası  
Figure 2. Study area soil quality index map

Yapılan çalışma sonucunda Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne ait tarım topraklarının %75’i düşük ve çok düşük olarak sınıflandırılmıştır.



Çalışma alanı topraklarının kalitesinin düşük olması, yoğun bitkisel üretim ile benzer ürün desenlerinin yetiştirilmesi olarak düşünülmektedir. Toprağın organik madde içeriğinin artırılması ile toprağın kalitesi artırılabilir. Bu amaçla yeşil gübreleme, hayvansal atıklar ile bitkisel kökenli kompost uygulamalarının toprağın organik maddesini ve dolayısıyla da toprak kalitesini artırmada kullanılabileceği önerilmektedir. Ayrıca bu çalışma, günümüz kalite değerlendirme yaklaşımlarına CBS alt yapısı ve toprak etüd haritalama ve arazi değerlendirme yöntemlerine alternatif bir metot olarak pratik ve bölgede uygulanabilir olarak değerlendirilmiştir.

## 5. Kaynaklar

- Acton, D.F., & Gregorich, L.J. (1995). *The Health of Our Soils: Toward Sustainable Agriculture in Canada*. Centre for Land and Biological Resources Research, Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada.
- Alaboz, P., Demir, S., & Dengiz, O. (2020). Farklı Enterpolasyon Yöntemleri Kullanılarak Toprakların Nem Sabitelerine Ait Konumsal Dağılımların Belirlenmesi, Isparta Atabey Ovası Örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(3), 432-444. <https://doi.org/10.33462/jotaf.710411>
- Andrews, S.S., Karlen, D.L., & Mitchell, J.P. (2002). A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in northern California. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 90(1), 25-45. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00174-8)
- Aydın, A., & Dengiz, O. (2019) Yarı-Humid Ekolojik Koşullar Altında Oluşmuş Toprakların Bazı Fiziko-Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi, Haritalanması ve Sınıflandırması. *Toprak Su Dergisi*, 8(2), 68-80. <https://doi.org/10.21657/topraksu.519915>
- Başar, H. (2001). Bursa ili topraklarının verimlilik durumlarının toprak analizleri ile incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2), 69-83.
- Bouyoucos, G. A. (1951). Determination of Particle size in soils. *Agronomy journal*, 42, 438-443. <https://doi.org/10.2134/agronj1951.00021962004300090005x>
- Camberdella, C. A., Moorman, T. B., Novak, J. M., Parkin, T.B., Karlen, D. L., Turco R. F., & Konopka, A.E. (1994). Field Scale Variability Soil Properties In Central Iowa. *Soil Science Society of America Journal*. 58, 1501-1511.
- Dedeoğlu, M., & Dengiz, O. (2018) Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Entegre Edilen Çok Kriterli Karar Destek Analiz Yaklaşımı Kullanılarak Arazi Uygunluk Sınıflarının Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 13(2), 60-72
- Dengiz, O., & Başkan, O. (2004). Eşmekaya Organik Topraklarının Fiziksel, Kimyasal, Morfolojik Özellikleri ve Sınıflandırılması. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2), 111-118.
- Dengiz, O., & Özcan, H. (2006). Samsun-Bafra ovası topraklarının cbs yardımıyla verimlilik indekslerinin (pı) belirlenmesi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 20(38), 136-142.
- Dengiz, O. (2020). Soil quality index for paddy fields based on Standard scoring functions and weight allocation method, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66(3), 301-315. <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1610880>
- Haghighi, F., Gorji, M., & Sharifi, F. (2017) Least limiting water range for different soil management practices in dryland farming in Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science* 63(13), 1814-1822. <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1308688>
- Koca, Y.K., Acar, M., & Turgut, Y.Ş. (2019). Tarım topraklarının jeostatistiksel modelleme ile kalitesinin değerlendirilmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 23(4), 489-499. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.556103>
- Karlen, D. L., & Stott, D.E. (1994). A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. *Defining soil quality for a sustainable environment* 35: 53-72. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub35.c4>
- Li, J., & Heap, A.D. (2008). A Review of spatial interpolation methods for environmental scientists. *Geoscience Australia, Record* 23, 137 - 145
- Lindsay, W. L., & Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421-428. <https://doi.org/10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x>
- Masto, R.E., Chhonkar, P.K., Purakayastha, T.J., Patra, A.K., & Singh, D. (2008). Soil quality indices for evaluation of long-term land use and soil management practices in semi-arid sub-tropical India. *Land Degradation & Development*, 19(5), 516-529. <https://doi.org/10.1002/ldr.857>
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanable, F.S., & Dean, L.A. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*. USDA Circular 939. U.S Government Printing Office, Washington D.C.
- Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*, Williams & Wilkins 1954. All Rights Reserved.
- Saaty, T.L. (1977). A scalling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology* 15(3), 234-281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- Saaty, T.L. (1980). *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill, (This book has been translated into Chinese by S. Xu et al.; information is available from them at the Inst. Of Systems Engineering, Tianjing Univ., Tianjin, China.), A Translation into russian by R. Vachnadze is currently underway. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Saaty, T.L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process, *International Journal Services Sciences* 1(1), 83-98.
- Şenol, H., Alaboz, P., & Dengiz, O. (2020a) Farklı ana materyal üzerinde oluşmuş toprakların fiziko-kimyasal ve besin elementi içeriklerinin enterpolasyon yöntemiyle değerlendirilmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(3), 505-516. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.753302>
- Şenol, H., Alaboz, P., Demir, S., & Dengiz, O. (2020b). Computational intelligence applied to soil quality index using GIS and geostatistical approaches in semiarid ecosystem. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(23), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06214-9>
- Taşova, H., & Akın, A. (2013). Marmara bölgesi topraklarının bitki besin maddesi kapsamının belirlenmesi, veri tabanının oluşturulması ve haritalanması. *Toprak Su Dergisi*, 2(2), 83-95.
- Tüzüner, A. (1990). *Toprak ve su analiz laboratuvarları el kitabı*. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizm. Genel Müd. Ankara.
- Turan, İ. D., & Dengiz, O. (2017). Erosion risk prediction using multi-criteria assessment in Ankara Güvenç Basin. *J Agric\_Sci* 23(3), 285-297. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.447600>



## Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

### Balcalı (Adana)'da Farklı Ekosistemlerdeki Epigeal Hexapoda Türlerinin Biyolojik Çeşitlik Parametrelerinin Karşılaştırılması

Gülbarış OĞUZ<sup>1</sup>, Gökhan AYDIN<sup>2\*</sup>, Mehmet Rifat ULUSOY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Adana -Türkiye

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Isparta -Türkiye

\*Sorumlu yazar: gokhanaydin@isparta.edu.tr

#### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 19/08/2021

Kabul tarihi: 27/09/2021

**Anahtar Kelimeler:** *Hexapoda*, *Biyolojik çeşitlilik*, *Çukur tuzak*, *Adana*

#### ÖZET

Bu çalışma farklı ekosistemlerde yaşamını toprak yüzeyinde sürdüren Hexapoda türlerinin biyolojik çeşitlilik parametrelerini karşılaştırmak amacıyla Ekim 2017-Eylül 2018 yıllarında Adana ili Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsü'nde farklı ekosistemlerde yapılmıştır. Arazi çalışmaları tarım faaliyetlerinin devam ettiği beş agro-ekosistem (Sebze, Turunçgil, Zeytin, Nar, Bağ), tarım faaliyetlerinin günümüzde yapılmadığı iki mera ve *Pinus brutia* ile ağaçlandırılmış alan olmak üzere toplamda 8 farklı habitatta çukur tuzak örnekleme yöntemi kullanılarak yürütülmüştür.

Shannon-Wiener (H') ve Simpson Çeşitlilik (D) indeks sonuçlarına göre en çeşitli habitatın 2.011 ve 0.8244 değerleri ile Mr1 olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu çeşitlik indeks değerleri en düşük hesaplanan habitat ise sıraya göre; 0.7675 ve 0.3285 ile NA örnek alanı olmuştur. Simpson değerleri, biyolojik çeşitlilik parametre sonuçlarına bağlı olarak en yüksek 0.6715 değeri ile NA habitatında, en düşük 0.1756 değeri ile Mr1 habitatında hesaplanmıştır. Shannon ve Simpson Evenness türler arası popülasyon yoğunluk değerleri 0.9629 ve 0.8909 ile AAl habitatında tespit edilmiştir. Sörenson Benzerlik indeksine göre agro-ekosistemler birbiri ile benzer bulunmuştur. Buna göre; Turunçgil ve Zeytin agro-ekosistemleri 0.636; Turunçgil ve Bağ ekosistemi arasında 0.632 benzerlik değeri tespit edilmiştir.

Çalışma, tarım ile yıpranmış ekosistemlerin doğal haline bırakıldıktan uzun yıllar sonra doğal dengenin tekrar yenilenerek böcek biyolojik çeşitliliğine olumlu etkisini ortaya koymuştur.

### Comparison of the Biological Diversity Parameters of Hexapoda Species Living on the Soil Surface in Different Ecosystems in Balcalı (Adana)

#### ARTICLE INFO

Received: 19/08/2021

Accepted: 27/09/2021

**Keywords:** *Hexapoda*, *Biological diversity*, *Pitfall trap*, *Adana*

#### ABSTRACT

This study was carried out in different ecosystems in Adana province Çukurova University Balcalı Campus between October 2017 and September 2018 to compare the biodiversity parameters of Hexapoda species that live on the soil surface in different ecosystems. Field studies were carried out by using the pitfall trap sampling method in a total of 8 different habitats: five agroecosystems (Vegetable, Citrus, Olive, Pomegranate, Vineyard) where agricultural activities are continuing, two pasturelands where agricultural activities are not carried out today and afforestation Area with *Pinus brutia*.

According to Shannon-Wiener (H') and Simpson Diversity (D) index results, the most diverse habitat was found to be Mr1 with values of 2.011 and 0.8244. The habitat with the lowest calculated diversity index values was the NA sample area, respectively, with 0.7675 and 0.3285. The Simpson values were calculated in the NA habitat with the highest value of 0.6715 depending on the biodiversity parameter results and in the Mr1 habitat with the lowest value of 0.1756. Shannon and Simpson Evenness interspecies population density values were determined in the AAl habitat with 0.9629 and 0.8909. According to Sörenson Similarity index, agroecosystems were found similar to each other. According to this; among citrus and olive agroecosystems, 0.636; among Citrus and Vineyard ecosystems, 0.632; similarity values were determined. The study showed that the natural areas were effective in regaining insect diversity.

#### 1. Giriş

Biyolojik çeşitlilik, belirli bir bölgede yaşayan tüm türleri tanımlamak için kullanılabilir. Bu alanı en büyük ölçekte tanımlayacak olursak, biyolojik çeşitlilik "Dünyadaki Yaşam" olarak özetlenebilir. Biyolojik çeşitlilik "genlerden ekosistemlere kadar tüm seviyelerde yeryüzündeki yaşam çeşitliliği ve onu sürdüren ekolojik ve evrimsel süreçler" olarak tanımlanırken, birbirinden farklı çevresel ortam ve türleri ilgilendiren oldukça geniş kapsamlı bir tanım ortaya çıkmaktadır (Wilson, 1997; Allaby, 1998; Kocataş, 1999; Wilson, 1999; Çepel, 2003).

Yeryüzünde diğer canlı türleri ile paylaştığımız alanlar arasındaki sınırların neredeyse ortadan kalkması neticesinde birbirinden farklı yaşam alanlarının iç içe geçmesi, insanların canlı ve cansız faktörler ile etkileşiminin artmasının sonucu olarak doğal ekosistemler zarar görmekte ve doğallıklarını kaybetmektedirler (Allaby, 1998; Aydın vd., 2005). Doğal ekosistemlerde insan elinin etkisiyle zarar gören ve doğallığını yitiren habitatlarda; çok yönlü ve karmaşık ilişkiler ve etkiler ağına sahip olan ekosistemlerin hassas dengesinin bozulması veya tamamen ortadan kalkması söz konusu

olmaktadır (Allaby, 1998; Çepel, 2003; Demir & Aydın, 2020).

Habitatlardaki biyolojik çeşitliliğin korunması ve bu amaçla yapılacak çalışmalarda çeşitlilik değerlerinin hesaplanması, besin zincirinin işleyişi ve habitatın dışarıdan gelecek etkilere gösterdiği dayanıklılığı anlamak adına biyolojik çeşitlilik tanımı genetik çeşitlilik, tür çeşitliliği, popülasyon çeşitliliği ve ekolojik olaylar ve işlevler çeşitliliği olarak incelenebilir.

Tür çeşitliliği küresel biyolojik çeşitliliği koruma çalışmalarında en çok yer verilen ölçme birimidir ve belirli bir alandaki farklı türlerin sayısını ifade eden çeşitliliktir. Bir ekosistemde yaşayan farklı türlerin dengeli dağılımları o ekosistemin dışarıdan gelebilecek olumsuz ekolojik faktörlere karşı toleransını arttıran bir özelliktir. Tür çeşitliliği üç farklı yöntem ile hesaplanır:

-*Alfa Çeşitliliği*: Alan içi çeşitliliği ifade eden en küçük ölçekte elde edilen bir değerdir ve örnek alanı temsil etmektedir. Türler bir habitat içerisinde değerlendirilir.

-*Beta Çeşitliliği*: Toplumların kendine özel bireylerinden elde edilen bir değerdir. Popülasyonlar birden fazla habitatta değerlendirilir.

-*Gama Çeşitliliği*: Bir bölgedeki farklı ekosistemler için genel çeşitliliğin bir ölçüsüdür.

İnsan aktivitelerinin, dünyadaki toplam türlerin %70'ini oluşturan ve karasal ve sucul ekosistemlerin baskın grubu olan böcekler ve doğa üzerine olumsuz etkileri yapılan çalışmalarla açıkça ortaya konmuştur (Wilson, 1999; Petit vd, 2001; Frutiger & Buergisser, 2002; Sánchez, 2004, Aydın, 2006). Çeşitliliğin korunması, çeşitliliğin kaynağı olan doğayı incelemek ile sağlanabilir. Bu konuda böceklerin ekolojik faktörlere karşı olan duyarlılıklarından faydalanarak onları biyolojik gösterge olarak tanımlayıcı çalışmalar yapılabilir (Cranston, 2000; Raposa vd. 2003; Aydın, 2017). Bu sayede böceklerin gözlemlenmesi ile biyolojik gösterge olduğu tespit edilen böceklerin tür zenginliği ve tür sayısındaki artış ve azalışlara göre habitatların sürdürülebilirliği sağlanabilmektedir (Aydın, 2006; Aydın, 2011; Aydın, 2018; Aydın & Kazak, 2007; 2010).

Çalışmada böceklerin tür zenginliği ve popülasyon yoğunluklarını alan sürdürülebilirliğinde kullanma amacı ile Balcalı Kampüsü'nde insan aktivitesine maruz kalmış Sebze, Turunçgil, Zeytin, Nar ve Bağ agro-ekosistemleri ile insan aktivitesinin olmadığı ikisi mera ve biri *Pinus brutia* ile ağaçlandırılmış alan olmak üzere toplamda 8 habitat seçilmiştir. İnsan aktivitesinin olduğu ve olmadığı bu alanlarda yaşamlarını toprak üzerinde sürdüren Hexapoda türlerinin biyolojik çeşitlilik parametrelerinin hesaplanarak karşılaştırılması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışma, Ekim 2017 ve Eylül 2018 tarihleri arasında Çukurova Üniversitesi, Balcalı Yerleşkesinde farklı habitatlarda yürütülmüştür.

## 2.1. Arazi Çalışmaları

Çalışmanın yürütüldüğü Çukurova Üniversitesi, Balcalı yerleşkesi (Sarıçam/Adana) 22 bin dekar araziye sahip olup bu alanın yaklaşık 8 bin dekarı 50 yılı aşkın bir süredir yapay doğal ekosisteme ayrılmıştır. Diğer 14 bin dekarlık alanın 6 bin dekarı tarım arazisi, geri kalan 8 bin dekar ise yıldan yıla bina ve yollara tahsis edilmiştir.

Balcalı (Adana)'da farklı ekosistemlerde yaşamını toprak yüzeyinde sürdüren Hexapoda türlerinin biyo-çeşitliliğini karşılaştırmak amacıyla, Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsü (Adana)'nda farklı lokasyonlarda bulunan ve tarım faaliyetlerinin yürütüldüğü beş agro-ekosistem (Sebze, Turunçgil, Zeytin, Nar, Bağ), tarım faaliyetlerinin günümüzde yapılmadığı iki meralık alan ve *Pinus brutia* ile ağaçlandırılmış Alan olmak üzere toplamda 8 farklı habitat çalışma alanı olarak seçilmiştir. Seçilen habitatlar ve koordinatlar Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Çalışma alanı olarak seçilen habitatlar ve koordinatları

Table 1. Habitats selected as study area and their coordinates

Habitat	Koordinat
Sebze (Seb)	37°02'46"N 35°21'37"E
Turunçgil (Trn)	37°01'47"N 35°21'38"E
Zeytin (Zyt)	37°01'48"N 35°21'39"E
Nar (Nar)	37°01'48"N 35°21'42"E
Bağ (Bağ)	37°01'45"N 35°21'50"E
Mera 1 (Mr1)	37°01'45"N 35°21'51"E
Mera 2 (Mr2)	37°02'38"N 35°21'53"E
Ağaçlandırılmış Alan (Aal)	37°02'45"N 35°21'11"E

Arazi çalışmaları; 8 habitatta, toprak üzerinde yaşamlarını sürdüren Hexapoda sınıfına bağlı türlerin biyolojik çeşitliliklerinin hesaplanması çukur tuzak örnekleme yöntemi (New, 1998) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, belirtilen her bir örnek alanı içerisine 10'ar adet, 20x15 cm ebatlarındaki plastik kaplardan (Şekil 1) olmak üzere toplam da 80 adet tuzak araziye yerleştirilmiştir. Çukur tuzaklar aralarında yaklaşık 2 metre olacak şekilde; örnek alanın merkezinden başlayarak kuzey, doğu, güney ve batı yönlerinde 5 adet yerleştirildikten sonra kuzey-doğu, güney-doğu, kuzey-batı ve güney-batı yönlerinde 4 adet ve son olarak yine kuzey yönünde 1 adet olmak üzere yerleştirilmiştir. 06.10.2017 tarihinde başlanan örnek toplama çalışmaları 25.09.2018 tarihine kadar devam etmiştir. Örneklerin toplanması için iki haftalık periyotlarla arazi çıkışı planlanmış, örnek toplamaya elverişli olmayan (iklimsel nedenler) tarihlerde arazi çıkışı bir sonraki haftadan başlamak üzere yeniden düzenlenmiş ve çalışma 24 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

İki haftalık periyotlar halinde yürütülen arazi çalışmalarında; yerleştirilen çukur tuzakların içerisine düşen Hexapoda türleri öldürme şişesi yardımı ile öldürülerek her habitat için ayrı ayrı hazırlanan cam kavanozlara alınmış ve iğneleme, etiketleme, sayım işlemleri ve teşhisleri yapılmak üzere Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü "Entomoloji Laboratuvarı"na getirilerek familya ve tür bazında ayrımları yapılmıştır. Laboratuvarında böcekler teşhis işlemlerinin

kolaylaştırılması amacıyla numaralandırılmış ve koleksiyonları yapılmıştır. Toplanan böceklerin sayım ve teşhis işlemlerinin kolaylaştırılması amacıyla Aydın (2006) protokolü takip edilmiş ve takson isimleri yerine böcek türlerine numaralar verilmiştir. Bu şekilde hazırlanan model böcek çekmecelerinde, bulunmayan her böcek türüne birden başlayarak sırası ile numaralandırma yapılmış ve aynı türden yaklaşık 10'ar adet olanlar çekmecede verilen numara ile etiketlenerek içlenmiştir. Yeterli sayıda toplanan böcekler ise petri kaplarına kurutma kâğıdı kullanılarak ve sıra numarası model çekmecesi ile aynı olacak şekilde üzerine yazılarak teşhis işlemleri yapılmak üzere saklanmışlardır. Koleksiyonları yapılan örneklerin etiket bilgileri ayrıca bilgisayar ortamında dosyalararak saklanmıştır.



Şekil 1. Arazide çukur tuzakların yerleştirilmesi.  
Figure 1. Placement of pitfall traps in the field

## 2.2. Biyolojik Çeşitlilik Hesaplamaları ( $\alpha$ )

Habitatların biyolojik çeşitlilik temel parametreleri EvenDiv 1.1 programı kullanılarak elde edilmiş (Heimann, 2004), kullanılan parametreler ve hesaplanma şekilleri aşağıda verilmiştir.

### 2.2.1. Tür çeşitliliği hesaplamaları

Tür çeşitliliğinin belirlenmesinde Shannon-Wiener ve Simpson çeşitlilik indeksleri kullanılmıştır.

#### Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi;

$$H' = -\sum p_i \ln(p_i) \quad (1)$$

$p_i$ :  $i$ 'nci türün birey sayısının toplam birey sayısına oranı

$\ln$ : Doğal logaritma tabanını vermektedir (Magurran, 1988; Magurran, 2004).

#### Simpson çeşitlilik indeksi;

$$S = 1 - \sum n_i(n_i - 1)/N(N - 1) \quad (2)$$

$i$ : tür sayısı

$n_i$ : bir türe ait birey sayısı

$N$ : Bir bölgedeki türlerin birey sayılarının toplamını göstermektedir (Magurran, 1988, Magurran, 2004).

### 2.2.2. Dominantlık hesaplamaları

Dominantlığın belirlenmesinde Simpson dominantlık indeksi kullanılmıştır.

- Simpson dominantlık ( $S_d$ )

$$S_d = \sum n_i(n_i - 1)/N(N - 1) \quad (3)$$

$i$ : Tür sayısı

$n_i$ : Bir türe ait birey sayısı

$N$ : Bir bölgedeki türlerin birey sayılarının toplamını göstermektedir (Magurran, 1988, Magurran, 2004).

### 2.2.2. Populasyon yoğunluk ilişkisi hesaplamaları

Türlerin populasyon yoğunluk ilişkilerinin belirlenmesinde Shannon Evenness ve Simpson indeksleri kullanılmıştır.

- Shannon Evenness ( $E_sH$ )

$$E_sH = H' / \ln(N) \quad (4)$$

$H'$ : Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi

$\ln$ : Doğal logaritmik

$N$ : Bir bölgedeki türlerin birey sayılarının toplamını göstermektedir. (Magurran, 1988, Magurran, 2004)

-Simpson Evenness ( $E_{sm}$ )

$$E_{sm} = (1/D) / S \quad (5)$$

$1/D$ : Simpson çeşitlilik indeksi

$S$ : Toplam tür sayısını göstermektedir (Magurran, 1988, Magurran, 2004).

### 2.2.3. Benzerlik indeksleri

Benzerlik ilişkilerinin belirlenmesinde Sørensen ve yüzde benzerlik indeksleri kullanılmıştır.

Sørensen benzerlik ( $B_s$ )

$$B_s = 2C / A + B \quad (6)$$

$A$ : A habitatındaki tür sayısı

$B$ : B habitatındaki tür sayısı

$C$ : A ve B habitatlarından elde edilen ortak tür sayısını ifade etmektedir (Southwood, 1971; Magurran, 1988; Krebs, 1999; Magurran, 2004).

Yüzde benzerlik ( $S$ )

$$S = \sum \min(a, b, \dots, x) \quad (7)$$

$\sum \min$ : Habitat içerisinde yüzde oranları hesaplanan en küçük değerlerin, benzerliği hesaplanan diğer habitatteki en küçük değerlerle toplamını ifade etmektedir (Krebs, 1999).

Seçilen habitatların sınıflandırılmasında Multi Variate Statistical Package (MVSP) 3.11c programı kullanılmıştır (Kovach, 1999). Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde

ise sınıflandırma metodu olarak aritmetik grup ortalamaları (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean - UPGMA) seçilmiştir. Benzerlik ya da farklılıklar arası mesafe Sörensen katsayısı ile gösterilmiştir. Sörensen benzerlik değerinin yorumlanmasında kolaylık sağlayacağı düşünüülerek, habitatların yüzde benzerlik değerleri de aritmetik grup ortalamaları seçilerek hesaplanmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

8 farklı habitatta çukur tuzak örnekleme yöntemi yapılan çalışmada 4 takıma ait, 16 familya altında 556 bireyden oluşan toplam 35 böcek türü örneklenmiştir (Çizelge 2).

Örneklenen böceklerin familya düzeyinde teşhisleri Borror vd., (1981)'na göre yapılırken 12 böcek "morpho-species" düzeyinde, 23 böcek ise tür düzeyinde teşhisleri yapılmıştır (Lodge & Cantrell, 1995; Ryder vd., 2005; Borgelt & New, 2006; Dudgeon, 2006; Yanoviak vd., 2007; Grimbacher & Stork, 2007; Deichmann vd., 2021). (Ek 1).

Çalışmada yakalanan böcek türlerinin %58.81'i Carabidae (13 tür), %22.61'i Tenebrionidae (5 tür), %10.25'i Scarabaedidae (4 tür) familyasına ait bireyler oluşturmaktadır. Diğer türlerin yüzde değeri ise 8.27 olmuştur (13 tür).

Çalışmada 556 adet böcek ve 35 farklı tür tespit edilmiş olup; Mr2 15 tür sayısı ile en çok tür sayısına sahip alan olarak bulunurken diğer alanlar sırasıyla; 13 tür sayısı ile ZA, 12 tür sayısı ile Mr1, 10 tür sayısı ile BA, 9 tür sayısı ile TA, 7 tür sayısı ile SA, 6 tür sayısı ile NA ve 5 tür sayısı ile en düşük tür zenginliği AAl tespit edilmiştir. AAl aynı zamanda en az birey sayısına (7 adet) sahip örnek alan olarak bulunmuştur (Çizelge 2)

Aslan vd. (2008) meşe, otsu bitkiler ve dere yatağı habitatlarında Carabidae ve Tenebrionidae türlerinin

çeşitlilik parametrelerinin karşılaştırılması çalışmalarında en fazla tür sayısının otsu bitki habitatında olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durumu otsu bitki habitatının diğer iki habitata göre birçok böcek grubunun tercih ettiği mikrohabitatlara ve uygun besin kaynaklarına sahip olması şeklinde açıklamışlardır. Aslan vd. (2008)'nın, meşe, otsu bitkiler ve dere yatağı habitatlarında Carabidae ve Tenebrionidae türleri ile biyolojik çeşitliliğini karşılaştırdıkları çalışmalarında en yüksek tür çeşitliliğini otsu bitki habitatında tespit etmeleri çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçla örtüşmektedir. Her iki çalışma; çeşitliliği etkileyen faktörün otsu bitkilerin böcekler için besin kaynağı ve tercih edilen mikro habitatlar barındırmasının sonucu olduğunu desteklemektedir. Aydın & Karaca'nın (2009) Çukurova Üniversitesi yerleşkesi içerisinde yer alan iki doğal (vadi ve orman) ve ikisi agro-ekosistem (buğday ve yonca tarlası) olarak seçilen habitatlarda yaşayan böceklerin çeşitlilik parametrelerini karşılaştırdıkları çalışmalarında ise; *Pinus* sp. ormanlık alanının en az tür ve birey sayısına sahip alan olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmamızda da *Pinus brutia* ile Ağaçlandırılmış Alan olarak seçilen habitatın tür zenginliği ve yakalanan birey sayılarının diğer tüm habitatlara oranla en düşük olduğu saptanmıştır.

Balcalı (Adana)'da farklı habitatlardan elde edilen veriler ile hesaplanan Shannon-Wiener ( $H'$ ) ve Simpson Çeşitlilik (S) indeks sonuçlarına göre en çeşitli habitatların 2.011 ve 0.8244 değerleri ile Mr 1 olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu çeşitlilik indeks değerleri en düşük hesaplanan habitat ise sıraya göre; 0.7675 ve 0.3285 ile Nar örnek alanı olmuştur. Çeşitlilik ile zıt ilişki içerisinde olan Simpson dominantlık değerleri, biyolojik çeşitlilik parametre sonuçlarına bağlı olarak en yüksek 0.6715 değeri ile Nar habitatında, en düşük 0.1756 değeri ile Mr 1 habitatında hesaplanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Çukur tuzak örnekleme yöntemi ile tespit edilen böceklerin biyolojik çeşitlilik değerleri  
Table 2. The biological diversity values of insects determined by pitfall trap sampling method

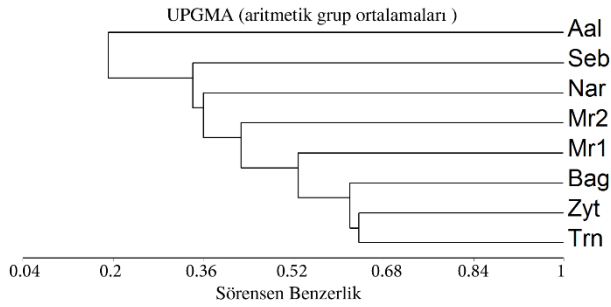
Parameter	Trn	Zyt	Nar	Seb	Bağ	Mr1	Mr2	Aal
No. of Species	9	13	6	7	10	12	15	5
No. of Individuals	85	159	54	32	64	60	95	7
Diversity indices								
Shannon-Wiener[H]	1.779	1.7755	0.7675	1.5458	1.5064	<b>2.011</b>	1.6413	1.5498
Simpson Index[D]	0.1967	0.2517	<b>0.6715</b>	0.2695	0.353	0.1756	0.3534	0.2245
Simpson Diversity[1-D]	0.8033	0.7483	0.3285	0.7305	0.647	<b>0.8244</b>	0.6466	0.7755
Evenness indices								
Shannon-Evenness[EH]	0.8097	0.6922	0.4283	0.7944	0.6542	0.8093	0.6061	<b>0.9629</b>
Simpson-Evenness [E1/D]	0.5649	0.3056	0.2482	0.5301	0.2833	0.4746	0.1886	<b>0.8909</b>

Benton vd. (2002) yaptıkları böcek çeşitliliği araştırmasında tarım uygulamalarının yoğun olduğu alanlarda arthropoda ve buna bağlı olarak kuş popülasyonu ile çeşitliliğinin azaldığını bildirmişlerdir. Aslan vd. (2008) Shannon ve Simpson indekslerini kullanarak meşe, otsu bitkiler ve dere yatağı habitatlarında Carabidae ve Tenebrionidae türleri ile biyolojik çeşitliliğini tespit etmişler ve her iki indeks sonucuna göre otsu bitki habitatı Simpson indeksi 0.811, Shannon değeri de 1.862 ile en

yüksek değer olarak bulunmuştur. Reddy ve Giraddi (2019); böcek çeşitliliğini değerlendirdikleri organik tarım alanlarında Simpson çeşitlilik indeksini 0.444 Shannon Wiener indeksini 0.422, geleneksel tarım alanlarında ise sırasıyla 0.335 ve 0.627 olarak tespit etmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda arazi kullanım şekli, sulama ve kimyasal girdilerin gelişigüzel kullanımının böcek topluluklarının çeşitliliğinin ve yoğunluğunun azalmasına neden olduğunu belirtmişlerdir.

Hesaplanan Shannon ve Simpson Evenness türler arası populasyon yoğunluk değerleri 0.9629 ve 0.8909 ile Aal habitatı tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Seçilen habitatlardan çukur tuzak örnekleme yöntemi ile elde edilen böceklerin tür farklılıklarına göre hesaplanan Sörensen Benzerlik indeksine göre agro-ekosistemler birbiri ile benzer bulunmuştur. Buna göre; Trn ve Zyt agro-ekosistemleri 0.636; Trn ve Bağ ekosistemi 0.632 indeks değerleri tespit edilmiştir. Demirezer & Kornoşor'un (2006) Lepidoptera türlerinin iki agro-ekosistem ve üç doğal ekosistemde çeşitlilik parametrelerini karşılaştırmıştır. Çalışmada iki agro- ekosistemin kendi aralarında gruplaşarak %77.55 oranında yüksek bir benzerlik gösterdiklerini tespit etmişlerdir. Aynı şekilde Aydın'ın (2011) tarım alanları, doğal ve yarı doğal habitatlarda böcek biyoçeşitlilik parametrelerini karşılaştırdığı çalışmasında elma ve kiraz bahçelerini en benzer (%58.7) agro-ekosistemler olarak tespit etmiştir. Aynı indekse göre Mr 2 ve Aal birbirleri ile 0.1 değeri ile en farklı habitatlar olduğu görülmüştür (Şekil 2)



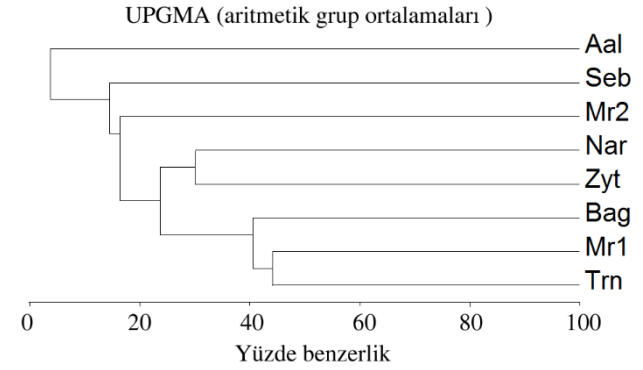
Şekil 2. Çalışılan habitatların çukur tuzak örnekleme yöntemi ile tespit edilen böcek türlerine göre hesaplanan sınıflandırma analizi (Sörensen)

Figure 2. Cluster analysis of the studied habitats calculated according to insect species sampled by pitfall traps sampling method (Sörensen)

Yüzde benzerlik hesaplamasında ise Mr 1 ile Trn agro-ekosisteminin %44.138 oranında benzer habitatlar olduğu belirlenmiştir. Bağ ise Mr1 ile Trn agro-ekosisteminin oluşturduğu gruba %40 oranında benzemektedir. Nar ve Zyt agro-ekosistemleri grubu kendi aralarında %30.47 oranında benzerlik gösterirken Bağ-Mr1-Trn grubuna yaklaşık %35'lik benzerlik oranı göstermiştir. Aal ise diğer tüm habitatlar ile en az benzerlik gösteren örnek alan olduğu belirlenmiştir (Şekil 3)

Ekolojik bozulmanın endişe verici seviyelere yol açtığı ve daha az arazi kullanımının bölgesel tür çeşitliliğini zenginleştirdiği Duelli (1997) tarafından yapılan çalışma ile gösterilmiştir. Tarımsal alanlarda sıklıkla tercih edilen pestisit uygulamasının olumsuz sonuçları Aydın & Karaca (2018)'nin toprak yüzeyinde yaşamını sürdüren Carabidae (Coleoptera) familyasına ait türlerin biyolojik çeşitliliğini; pestisit kullanılmadan organik tarım yapılan bahçelerde, pestisit kullanılarak geleneksel yöntemlerin uygulandığı bahçelerden daha yüksek tespit etmişlerdir. Benzer bir çalışma Dinç vd. (2015) tarafından yapılmış, organik ve konvansiyonel yağ gülü yetiştirilen alanların böcek biyolojik çeşitlilik parametreleri karşılaştırılmıştır. Buna göre organik yağ gülü yetiştirilen alanlardaki böcek

biyolojik çeşitliliğinin klasik yöntemle yetiştirilen agro-ekosisteme karşı daha zengin olduğu saptanmıştır. Tarım alanlarının geleneksel yöntemler yerine organik tarım uygulamasının biyolojik çeşitliliğe olumlu etkisi bu bağlamda görmezden gelinemeyecek düzeydedir.



Şekil 3. Çalışılan habitatların çukur tuzak örnekleme yöntemi ile tespit edilen böcek türlerine göre hesaplanan sınıflandırma analizi (Yüzde benzerlik)

Figure 3. Cluster analysis of the studied habitats calculated according to insect species sampled by pitfall traps sampling method (Percent similarity)

#### 4. Sonuç

Tuck vd. (2014)'nin arazi kullanım yoğunluğu ve organik tarımın biyoçeşitlilikte tür zenginliği açısından hiyerarşik bir meta analizini yaptıkları çalışmalarında; organik tarım uygulamasının tür zenginliğini ortalama olarak %30 arttırdığını tespit etmişlerdir. Veličković vd. (2016) organik tarım ile biyolojik çeşitlilik ilişkisini inceledikleri çalışmalarında buna ilaveten; mevcut biyoçeşitliliğin korunması, zenginleşmesi ve nadir türlerin korunması için çok sayıda yasal düzenleme yapılması gerektiği ve organik tarımın sadece yerel değil küresel olarak biyolojik çeşitliliği koruduğunu belirtmişlerdir. Tarımsal alanlardaki tür zenginliğinin artırılmasında doğal ve yarı doğal alanların korunmasının da önemli olduğu Duelli & Obrist (2003)'in İsviçre'de yaptıkları çalışma ile gösterilmiş olsa da çalışmanın sonucunda "Doğa Dostu Tarım" programlarının biyolojik çeşitliliğin kaynaklarının korunması açısından daha şanslı bir uygulama olacağını bildirmişlerdir.

Çalışmada otsu bitkilerin hakim olduğu farklı lokasyonlarda yer alan meralık alanda (Mr1 ve Mr2) tür sayısı bakımından diğer habitatların birçoğundan daha zengin bir değer tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra tarım agro-ekosistemlerinde (Trn, Zyt, Nar, Seb, Bağ) ölçülen biyolojik çeşitlilik parametre değerleri tarım yapılmayan ve insan aktivitesinin olmadığı Mr1 habitatına göre oldukça düşük hesaplanmıştır. Çeşitliliğe ters orantılı dominantlık değerleri en yüksek yine tarım ekosistemlerinde saptanmıştır. Mr1'in hem çeşitlilik yönünden diğer habitatlara oranla yüksek bir değere sahip olması hem de dominantlık değerinin diğer tüm habitatlara göre en düşük olmasının nedeninin habitatın uzun yıllar önce doğal haline bırakılması ve üzerinde insan kaynaklı hiçbir işlem yapılmaması olduğu düşünülmektedir. Mr1'e çok benzeyen ancak insan aktivitesinin olduğu Mr2

habitatında ise sebze agro-ekosistemlerine yakın değerlerde bir sonuç ortaya çıkmış ve çeşitlilik değeri Mr1'e göre oldukça düşük hesaplanmıştır.

Yapılan çalışmanın sonucunda belli bir dönem tarımsal üretim için kullanılmış, ancak uzun yıllardır kendi haline bırakılmış alanların yeterli süre sonrasında böcek çeşitliliğini olumlu yönde etkileyebileceği ve zaman içerisinde doğal bir yapı kazanabileceği kanısına varılmıştır.

## 5. Teşekkür

624324 no'lu proje ile çalışmayı maddi olarak destekleyen Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne teşekkür ederiz.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

## 6. Kaynaklar

Allaby, M. (1998). *Dictionary of Ecology*. Oxford University Press, England.

Aslan, B., Aslan, E. G., Karaca, I., & Kaya, M. (2008). Kasnak meşesi tabiatı koruma alanında (Isparta) farklı habitatlarda çukur tuzak yöntemi ile yakalanan Carabidae ve Tenebrionidae (coleoptera) türleri ile biyolojik çeşitlilik parametrelerinin karşılaştırılması. *Süleyman Demirel University Journal of Science*, 3(2), 122-132.

Aydın, G. (2006). *Çukurova Deltası'nda Böceklerin Sürdürülebilir Alan Kullanımında Biyolojik Gösterge Olarak Değerlendirilme Olanakları*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi.

Aydın, G. (2011). Biyolojik Çeşitlilikte Bitki-Böcek Etkileşimi: Tarım Alanları, Doğal ve Yarı Doğal Habitatlar. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(3), 178-185

Aydın, G. (2017) Farklı Ekosistemlerde Böcek Biyolojik Çeşitlilik Parametrelerinin Karşılaştırılması. *4.Ulusal Meslek Yüksekokulları Sosyal ve Teknik Bilimler Kongresi*, 662-671

Aydın, G. (2018). Determination of Indicator Species in Coastal Successions in Tentsmuir National Nature Reserves (NNR), Scotland. *Fresenius Environmental Bulletin*. 27(7), 5037-5044. -

Aydın, G., & Karaca, İ. (2009). Balcılı-Adana'da Farklı Habitatlarda Çukur Tuzak Örnekleme Yöntemi Kullanılarak Hesaplanan Biyolojik çeşitlilik Parametrelerinin Karşılaştırılması. *5.Ulusal Meslek Yüksekokulları Sempozyumu*, 163-177.

Aydın, G., & Karaca, İ. (2018). The Effects of Pesticide Application on Biological Diversity of Ground Beetle (Coleoptera: Carabidae). *Fresenius Environmental Bulletin*. 27(12A), 9112-9118 -

Aydın, G., & Kazak, C. (2007). Çukurova Deltası (Adana) biyotoplarında böceklerin farklı insan aktivitelerine biyolojik gösterge olarak kullanıma olanakları. *Türkiye Entomoloji Dergisi*. 31(2), 111-128.

Aydın, G., & Kazak, C. (2010). Selecting Indicator Species Habitat Description and Sustainable Land Utilization: A Case Study in a Mediterranean Delta. *International Journal of Agriculture & Biology* 12(6), 931-934.

Aydın, G., Sekeroğlu E., & Arndt, E. (2005). Tiger Beetles as Bioindicators of Habitat Degradation in the Çukurova Delta, Southern Turkey (Coleoptera: Cicindelidae). *Zoology in the Middle East* 36(3), 51-58.

Benton, T. G., Bryant, D. M., Cole, L., & Crick, H. Q. (2002). Linking agricultural practice to insect and bird populations: a historical study over three decades. *Journal of Applied Ecology*, 39(4), 673-687.

Borgelt, A., & New, T. R. (2006). Pitfall trapping for ants (Hymenoptera, Formicidae) in mesic Australia: what is the best trapping period? *Journal of Insect Conservation*, 10(1), 75-77.

Borror, D. J., DeLong, M. D., & Triplehorn, C. A. (1981). *An Introduction to the Study of Insects*. Saunders College Publishing, Philadelphia, 827.

Cranston, P. S. (2000). Monsoonal tropical Tanytarsus van der Wulp (Diptera: Chironomidae) reviewed: New species, life histories and significance as aquatic environmental indicators. *Australian Journal of Entomology*, 39(3), 138-159.

Çepel, N. (2003). *Ekolojik Sorunlar ve Çözümleri*. Tübitak Popüler Bilim Kitapları, Aydoğdu Matbaası, Ankara, 183 pp.

Deichmann, J.L., Gatty, C.A., Navarro, J.M.A., Alanso, A., Linores-Palmino, R., & Longcore, T. (2021). Reducing the blue spectrum of artificial light at night minimises insect attraction in a tropical lowland forest. *Insect Conservation and Diversity*, 14(2), 247-259. <https://doi.org/10.1111/icad.12479>

Demir, Ü., & Aydın, G. (2020). Antalya Kuşunlu Şelalesi Tabiat Parkında insan aktivitesinin böcek biyolojik çeşitliliğine etkisinin araştırılması. *Turkish Journal of Forestry*, 21(4), 349-354. <https://doi.org/10.18182/tjf.672974>

Demirezer, P., & Komoşor, S. (2006). Balcılı (Adana)'da Farklı Habitatlardaki Gece Aktif Lepidoptera Türleri ve Biyolojik Çeşitliliği Üzerinde Araştırmalar. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Diñç Ortaç, Ö., Yaşar, B., & Aydın, G. (2015). Organik ve Konvansiyonel Yağ Güllü Rosa damascena Miller (Rosales: Rosaceae) Yetiştirilen Alanlarda Böcek Biyolojik Çeşitlilik Değerlerinin Karşılaştırılması: Isparta Örneği. *Journal of Natural & Applied Sciences*, 19(2), 161-173.

Dudgeon, D. (2006). The impacts of human disturbance on stream benthic invertebrates and their drift in North Sulawesi, Indonesia. *Freshwater biology*, 51(9), 1710-1729.

Duelli, P. (1997). Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: an approach at two different scales. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 62(2-3), 81-91.

Duelli, P., & Obrist, M. K. (2003). Regional biodiversity in an agricultural landscape: the contribution of seminatural habitat islands. *Basic and applied ecology*, 4(2), 129-138.

Frutiger, A., & Buerger, G. M. (2002). Life history variability of a grazing stream insect (Liponeura cinerascens minor; Diptera: Blephariceridae). *Freshwater Biology*, 47(9), 1618-1632.

Grimbacher, P. S., & Stork, N. E. (2007). Vertical stratification of feeding guilds and body size in beetle assemblages from an Australian tropical rainforest. *Austral Ecology*, 32(1), 77-85.

Heimann, D. (2004). *EvenDiv 1.1*. Based on a DBase Program Code Supplied by Jörg Perner and Martin Schnitter. Institute of Ecology, University of Jena.

Kocataş, A. (1999). *Ekolojive Çevre biyolojisi ders kitabı*, Ege Üniversitesi Basımevi, 564 pp.

Kovach, W. L. (1999). MVSP-A MultiVariate Statistical Package for Windows, ver. 3.1 *Kovach Computing Services. Pentraeth, Wales, Great Britain*.

Krebs, C. J. (1999). *Ecological Methodology*. An Imprint of Addison Wesley Longman. Inc. Menlo Park, 620.

Lodge, D. J., & Cantrell, S. (1995). Diversity of litter agarics at Cuyabeno, Ecuador: calibrating sampling efforts in tropical rainforest. *Mycologist*, 9(4), 149-151.

Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton university press., 179 pp.

Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Science Ltd., 256 pp.

New, T.R. (1988). *Invertebrate Surveys for Conservations*. Oxford University Press. 240 pp.

Petit, S., Firbank, L., Wyatt, B., & Howard, D. (2001). MIRABEL: models for integrated review and assessment of biodiversity in European landscapes. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 30(2), 81-88.

Raposa, K. B., Roman, C. T., & Heltshe, J. F. (2003). *Monitoring nekton as a bioindicator in shallow estuarine habitats*. In Coastal Monitoring through Partnerships, Springer, Dordrecht, 239-255.

Reddy, B. T., & Giraddi, R. S. (2019). Diversity studies on insect communities in organic, conservation and conventional farming systems under rain-fed conditions.

Ryder, C., Moran, J., Mc Donnell, R., & Gormally, M. (2005). Conservation implications of grazing practices on the plant and dipteran communities of a turlough in Co. Mayo, Ireland. *Biodiversity & Conservation*, 14(1), 187-204.

- Sánchez, H. Á. (2004). La agricultura en las ciudades y su periferia: un enfoque desde la Geografía. *Investigaciones Geográficas*, 53, 98-121.
- Southwood, T. R. (1971). *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations*. Chapman and Hall., 391 pp.
- Tuck, S. L., Winqvist, C., Mota, F., Ahnström, J., Turnbull, L. A., & Bengtsson, J. (2014). Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *Journal of applied ecology*, 51(3), 746-755.
- Veličković, M., Golijan, J., & Popović, A. (2016). Biodiversity and organic agriculture. *Acta Agriculturae Serbica*, 21(42), 123-134.
- Wilson, E. O. (1997). *Biodiversity II*. ML Reaka-Kudla, DE Wilson & EO Wilson,(Editors). Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources, 1-3 pp.
- Wilson, E. O. (1999). *Biological diversity: The oldest human heritage (No. 34)*. New York State Museum, 72 pp.
- Yanoviak, S. P., Nadkarni, N. M., & Solano J, R. (2007). Arthropod assemblages in epiphyte mats of Costa Rican cloud forests. *Biotropica*, 39(2), 202-210.



Ek 1. Örnek alanlarından toplanan türlerin listesi

Add. 1. List of the species collected sampling sites

No	Takım*	FAMİLYA	TÜRLER	Trn	Zyt	Nar	Seb	Bag	Mr1	Mr2	Aal
1	Col	Brachyceridae	<i>Brachycerus aegyptiacus</i> (Olivier, 1807)	1	1	-	2	1	2	-	-
2	Col	Buprestidae	<i>Buprestidae</i>	-	7	-	-	1	-	1	-
3	Col	Carabidae	<i>Amara aenea</i> (De Geer, 1774)	-	21	-	-	-	-	-	-
4	Col	Carabidae	<i>Brachinus bodemeyeri</i> (Apfelbeck, 1904)	-	-	3	-	-	5	-	-
5	Col	Carabidae	<i>Brachinus sp.</i>	-	70	2	-	-	-	-	-
6	Col	Carabidae	<i>Calathus sp.</i>	23	27	44	2	6	5	1	-
7	Col	Carabidae	<i>Carterus angustus</i> (Menetries, 1832)	-	1	-	-	-	-	-	-
8	Col	Carabidae	<i>Carabus mulsantianus nurdagensis</i> (Blu., 1967)	17	10	2	4	9	1	14	1
9	Col	Carabidae	<i>Chlaenius (Dinodes) viridis</i> (Ménétriés, 1832)	-	-	-	-	-	-	1	-
10	Col	Carabidae	<i>Harpalus smaragdinus</i> (Duftschmit, 1812)	2	9	1	-	-	5	-	-
11	Col	Carabidae	<i>Notiobia sp</i>	12	-	-	13	-	-	3	-
12	Col	Carabidae	<i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer, 1774)	-	-	-	9	-	-	-	-
13	Col	Carabidae	<i>Scarites (Distichus) planus</i> (Bonelli, 1813)	-	-	-	1	-	-	-	-
14	Col	Carabidae	<i>Siagona europaea</i> (Dejean, 1826)	-	-	-	-	-	-	2	-
15	Col	Carabidae	<i>Syntomus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	1
16	Col	Coccinellidae	<i>Coccinella septempunctata</i> (L. 1758)	-	-	-	-	2	-	-	-
17	Col	Curculionidae	<i>Coniocleonus nigrosuturatus</i> (Goeze, 1777)	-	-	-	-	3	-	2	-
18	Col	Elateridae	<i>Lacon sp.</i>	-	-	-	-	-	1	-	-
19	Col	Meloidae	<i>Lydus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	1
20	Col	Scarabaediae	<i>Scarabaediae</i>	-	-	-	-	-	1	-	-
21	Col	Scarabaediae	<i>Anoxia sp</i>	-	-	-	-	-	1	-	-
22	Col	Scarabaediae	<i>Aphodius sp</i>	-	-	-	-	1	-	-	-
23	Col	Scarabaediae	<i>Gymnopleurus mopsus</i> (Pallas, 1781)	-	-	-	-	-	-	54	-
24	Col	Silphidae	<i>Silpha sp</i>	2	-	-	-	-	-	4	-
25	Col	Staphylinidae	<i>Ocypus sp.</i> (Leach, 1819)	1	1	-	-	1	-	-	2
26	Col	Tenebrionidae	<i>Blaps criprosa</i> (Solier, 1848)	-	7	-	-	-	6	-	-
27	Col	Tenebrionidae	<i>Dailognatha crenata</i> (Reiche & Saulcy, 1857)	20	3	-	-	4	16	1	-
28	Col	Tenebrionidae	<i>Opatroides punctulatus</i> (Brullé, 1832)	-	-	-	-	-	-	3	-
29	Col	Tenebrionidae	<i>Pimelia bajula solieri</i> (Muls.&Wach., 1853)	-	-	-	-	-	-	1	-
30	Col	Tenebrionidae	<i>Zophosis dilatata</i> (Deyrolle, 1867)	7	1	-	-	36	16	5	-
31	Blat	Ectobiidae	<i>Blatella germanica</i> (L. 1767)	-	1	-	-	-	-	-	-
32	Ort	Gryllotalpidae	<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i> (L. 1758)	-	-	-	1	-	-	-	-
33	Hem	Pentatomidae	<i>Mustha vicina</i> (Hoberlandt, 1997)	-	-	-	-	-	-	-	2
34	Hem	Pyrrhocoridae	<i>Pyrrhocoris apterus</i> (L. 1758)	-	-	2	-	-	-	2	-
35	Hem	Scutelleridae	<i>Eurygaster sp.</i>	-	-	-	-	-	1	1	0
<b>Örneklenen Birey Sayısı</b>				<b>32</b>	<b>85</b>	<b>159</b>	<b>54</b>	<b>64</b>	<b>60</b>	<b>95</b>	<b>7</b>

\* Blat: Blattodea; Col: Coleoptera; Hem: Hemiptera; Ort: Orthoptera



## Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

### İki ve Altı sıralı Arpa (*Hordeum vulgare* L) Genotiplerinde Tane Verimi ve Stabilite Analizi

Turan KARAHAHAN<sup>1</sup> , İlknur AKGÜN<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Elazığ İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Elazığ, Türkiye

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta-Türkiye

\*Sorumlu yazar: ilknurakgun@isparta.edu.tr

#### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 21/06/2021

Kabul tarihi: 23/10/2021

**Anahtar Kelimeler:** Arpa, Çevre, Verim, Stabilite Parametreleri

#### ÖZET

Bu çalışmada, 12 arpa genotipinin (5 adet iki sıralı ve 5 adet altı sıralı başak yapısına sahip ileri kademede arpa hatları, Altıkat (altı sıralı) ve Şahin-91 çeşitleri) tane verimi yönünden farklı çevre koşullarına uyum yeteneklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma tesadüf blokları deneme deseninde 2013-15 yılları arasında iki lokasyonda (Diyarbakır ve Adıyaman) yürütülmüştür. Ekimle birlikte dekara 6'şar kg fosfor ( $P_2O_5$ ) ve azot (N) uygulanmış, azotun geri kalan kısmı (6 kg/da) kardeşlenme döneminde verilmiştir. Stabilite parametreleri olarak genotiplerin ortalama tane verimleri, regresyon katsayısı (bi), regresyondan sapma ( $S^2d$ ), belirleme katsayısı ( $R^2$ ), varyasyon katsayısı (CV) ve regresyon sabitesi (a) kullanılmıştır. Genotiplerin iki yıllık ortalama sonuçlarına göre; başakta tane sayısı 29.6-59.8 adet, başakta tane ağırlığı 1.13-2.06 g, tane verimi 415.3-653.5 kg/da arasında değişmiştir. Ayrıca tane verimi ile yapılan stabilite analizinde 4 nolu genotipin tüm çevre koşullarına iyi uyum, 3, 7, 8 ve 12 nolu genotiplerin ise tüm çevre koşullarına orta uyum, Altıkat ve 1 nolu genotipler ise iyi çevre koşullarına iyi uyum sağladıkları tespit edilmiştir. Sonuç olarak, çevre koşullarının arpa genotiplerinde tane verimi ve verim unsurlarını önemli seviyede etkilediği belirlenmiştir. Ayrıca tane verimi yönünden farklı çevre koşullarına tavsiye edilebilecek üstün hatlar tespit edilmiştir.

### Grain Yield and Stability Analysis in Two- and Six-Row Barley (*Hordeum vulgare* L) Genotypes

#### ARTICLE INFO

Received: 21/06/2021

Accepted: 23/10/2021

**Keywords:** Barley, Environment, Yield, Stability Parameters

#### ABSTRACT

The objective of this study was to determine the stability of 12 barley genotypes (5 two-row barley and 5 six-row barley, advanced barley lines, Altıkat and Şahin-91 varieties) to adapt to different environmental conditions in terms of seed yield. Experiment was designed as randomized block design in two locations (Diyarbakır and Adıyaman) between 2013-15 years. 6 kg phosphorus ( $P_2O_5$ ) and 6 kg nitrogen (N) were applied to the decare with the sowing and the rest of the nitrogen (6 kg/da) was given in the tillering period. As for stability parameters, the mean values of genotypes, regression coefficient (bi), deviation from regression ( $S^2d$ ), coefficient of determination ( $R^2$ ), coefficient of variation (CV) and regression line intercept (a) were used. According to two-years experiment results of genotypes; grain number per spike 29.6-59.8, grain weight per spike 1.13-2.06 g, grain yield 415.3-653.5 kg/da. Also, it was determined that genotype 4 performed well adaptation to all environmental conditions, genotype 3, 7, 8 and 12 showed moderate adaptation to all environmental conditions, and genotype 1 and Altıkat were well adapted to well environmental conditions according to stability analysis carried out with grain yield. As a result, it was determined that environmental conditions significantly affect yield, yield components, of barley genotypes. Superior genotypes were determined in terms of grain yield and quality.

#### 1. Giriş

Arpa, tahıllar içerisinde ülkemizde buğday üretiminden sonra ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye'de arpanın ekim alanı 2.6 milyon ha, üretim 7 milyon ton, dekara verim ise Dünya ortalamasının (298 kg) altında olup, 268 kg'dır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde iller bazında arpa üretimi yönünden Adıyaman ili %24 ile 2. ve Diyarbakır ili %17 ile 3. sırada yer almaktadır (TÜİK, 2019).

Arpa, hayvansal protein üretimi, un ve çeşitli sanayi kuruluşları ile insan beslenmesinde kullanılan önemli bir hammadde kaynağıdır. Arpa tanesinde %67 karbonhidrat, %10 protein, %2 yağ ve %5 selüloz ve bazı vitaminler (A,

E ve B) bulunmaktadır. Ayrıca kalsiyum, fosfor, potasyum gibi mineraller bakımından da zengindir (Alkan & Kandemir, 2015). Tanede yüksek  $\beta$ -glukan ve sindirilebilir lif oranı içermesinden dolayı, insan beslenmesinde önem kazanmaya başlamış ve bazı ülkelerde buğday ununa katkı maddesi olarak kullanıldığı bildirilmektedir (Sipahi vd., 2010).

Dünyada üretilen arpanın yaklaşık %68'i yem, %21'i sanayi ve %5'i insan beslenmesinde gıda olarak kullanılmaktadır (FAO, 2019). Ülkemizde 2018 yılında 7.4 milyon ton olan üretimin büyük bir çoğunluğu, hayvan

yemi (6.5 milyon ton), 231 bin tonu da endüstriyel olarak kullanılmıştır (Anonim, 2019).

Türkiye’de arpa dış alım miktarı; üretime, kullanım miktarına ve yem sanayinin ham madde ihtiyacına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ülkemizin arpa dış alım miktarı, 2015 yılında 107 bin ton iken, 2017 yılında 208 bin tona ve 2018 yılında ise 863 bin tona yükselmiştir (Anonim, 2019). Arpa üretim miktarının artırılması için yapılacak çalışmaların başında, yüksek verimli, kaliteli ve adaptasyon yeteneği yüksek yeni çeşitlerin elde edilmesi gerekmektedir. İslah çalışmalarında seçilen hatlar, farklı yıl ve lokasyonlarda yetiştirilerek genotiplerin verim ve kalite özellikleri değerlendirilir. Değişik çevrelerde genotiplerin performansını belirleyen farklı stabilite analiz yöntemleri geliştirilmiş ve bu veriler ile genotiplerin stabilite durumları hakkında bilgi sağlanabilmektedir. En aygün olarak kullanılan stabilite tahmin parametresi regresyon katsayısı ve regresyondan sapma kareler ortalamasıdır Regresyon katsayısının 1 ya da 1’den farksız olması ile birlikte regresyondan sapma kareler ortalaması sifıra yakın olan ve verim ortalaması genel ortalamadan yüksek genotipler stabil olarak kabul edilir. Belirtme katsayısı da ( $R^2$ ) üçüncü bir stabilite istatistiği olarak kullanılmaktadır. Belirtme katsayısının 1’e yakınlığı o genotipin stabil olduğunun göstergesidir. Bununla birlikte bir genotipin pozitif regresyon sabitesine (a) sahip olması da istenir (Eberhart & Russell, 1966; Finlay & Wilkinson, 1963). Tüm kültür bitkilerinde olduğu gibi arpa tarımında da ekolojik koşullara ve yetiştirme tekniğine uygun genotip seçimi, verimi belirleyen en önemli unsurlardan birisidir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yağışa dayalı şartların hakim olduğu yerler, ekolojik yönden oldukça farklılık göstermektedir. Bu nedenle son yıllarda geliştirilen hatların Güneydoğu Anadolu Bölgesinde adaptasyon yeteneklerinin belirlenmesi önemlidir.

Bu çalışmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesinin büyük bir bölümüne hitap eden Diyarbakır ve Adıyaman lokasyonlarında, ileri kademe iki ve altı sıralı arpa hatların tane verimi yönünden farklı çevrelere uyum yetenekleri

belirlenmiştir. Seçilecek hatlar ile bölgeye uygun yeni arpa çeşitlerini geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

## 2. Materyal ve Metot

Araştırma, 2 yıl (2013-2014, 2014-2015) yağışa dayalı şartlarda Güneydoğu Anadolu Bölgesini büyük oranda temsil eden iki lokasyonda (Diyarbakır ve Adıyaman) yürütülmüştür. Materyal olarak, Altıkat (altı sıralı) ve Şahin-91 (iki sıralı) kontrol çeşitleri, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü ile GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından ICARDA’nın melez programlarından temin edilmiş 5 adet altı sıralı (2, 3, 9, 11, 12 nolu hatlar), 5 adet iki sıralı (1, 4, 6, 7, 8 nolu hatlar) toplamda 10 adet ileri generasyon arpa hattı kullanılmıştır. Denemede kullanılan genotipler Diyarbakır şartlarında 6 yıl gözlem bahçesi ve verim denemeleri sonucunda ümitvar görülen hatlardan seçilmiş olup, durulmuş materyaldir.

Denemeler, tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak kurulmuş ve metrekarede 450 adet olacak şekilde deneme mibzeri ile ekim yapılmıştır. Parsel büyüklüğü 7.2 m<sup>2</sup>’dir (6 m uzunluk x 1.2 m genişlikte). Ekimle birlikte, bölgede yapılmış araştırmalar (Kılıç vd., 2009) ile belirlenen oranlarda 6’şar kg/da saf fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ve azot (N) uygulanmış, kardeşlenme döneminde de 6 kg/da N ise üst gübre olarak verilmiştir. Hasat döneminde parsellerin her iki tarafından 0.5 m kenar tesiri alınmış ve hasat Hege deneme biçerdöveri ile 6 m<sup>2</sup> üzerinden yapılmıştır.

Araştırmada tane verimi, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı ve bazı stabilite parametreleri incelenmiştir.

Diyarbakır ve Adıyaman lokasyonlarından alınan topraklarının bazı kimyasal özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Diyarbakır lokasyonu topraklarının tuz, kireç, potasyum, çinko ve mikro besin elementi (Cu, Fe ve Mn) içerikleri Adıyaman lokasyonuna göre daha yüksek, organik madde içeriği ise daha düşük bulunmuştur. Yine araştırma yeri topraklarının pH değeri nötre yakındır.

Çizelge 1. Deneme yeri topraklarının özellikleri\*

Table 1. Soil characteristics of the research area

Lokasyon	Tuz (%)	pH	Kireç (CaCO <sub>3</sub> ) (%)	Organ. Mad. (%)	P205 (kg/da)	K <sub>2</sub> O (kg/da)	Zn (kg/da)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Diyarbakır	0.109	7.43	29.6	1.13	4.72	144.7	0.506	1.92	3.47	42.62
Adıyaman	0.081	7.52	29.0	1.24	5.81	90.8	0.386	1.90	3.35	14.76

\*: GAP Toprak-Su Kaynakları ve Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Şanlıurfa

Diyarbakır ve Adıyaman illerinde denemelerin yürütüldüğü yıllar (2013-2014, 2014-2015) ve uzun yıllar (1980–2016) ortalamalarına ait yağış değerleri aylar itibarıyla Çizelge 2 verilmiştir (Anonim, 2017). Denemenin yürütüldüğü yıllarda, her iki lokasyonda da genel olarak ikinci yıl aylık yağış değerleri, ilk yıldan daha yüksek olmuştur. Denemenin ilk yılı (2013–2014) hem Diyarbakır (354.20 mm) hem de Adıyaman (474.9 mm) lokasyonlarında toplam yağış miktarı, uzun yıllar ortalamasının altında kalmıştır. Bu nedenle her iki lokasyonun da arpa yetiştirilme sezonunun daha kurak geçtiği söylenebilir. İkinci yıl ise her iki lokasyonda uzun

yıllar ortalamasının üzerinde yağış almıştır (Diyarbakır toplam yağış miktarı: Uzun yıllar, 478.4 mm, 2. yıl 582.6 mm; Adıyaman toplam yağış miktarı: Uzun yıllar, 697.7 mm, 2. yıl 958.4 mm).

Lokasyonlara göre çalışmanın yürütüldüğü ayların maksimum (Diyarbakır: 1. yıl 1.2-34.1 °C; 2. yıl 7.6-34.1°C, Adıyaman: 1. yıl 9.7-33.7 °C; 2. yıl 9.7- 33.6°C) ve minimum (Diyarbakır: 1. yıl (-7.1) -17.6 °C; 2. yıl (-2.3)- 16.5°C, Adıyaman: 1. yıl 1.5-20 °C; 2. yıl 1.9-19.5°C) sıcaklık değerleri uzun yıllar (Mak. Diyarbakır: 11.3-40.4 °C, Adıyaman: 19.9-41.5 °C, Min. Diyarbakır:

4.4-25.9 °C, Adıyaman: 9.8-28.8 °C) ortalamalarının altında yer almıştır (Anonim, 2017).

Çizelge 2. Diyarbakır ve Adıyaman lokasyonlarında deneme yılları ve uzun yıllar ortalamasına (1980-2016) ait aylık toplam yağış miktarı (mm)

Table 2. Monthly total precipitation for research years and long-term (1980-2016) average in Diyarbakır and Adıyaman locations (mm)

Lokasyon	Yıl	Aylar										Toplam
		Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	
Diyarbakır	2013-2014	0	0	53.8	47.8	43.0	38.6	60.6	39.9	48.8	21.7	354.20
	2014-2015	27.4	34.2	96.4	73.6	64.6	55.2	127.0	48.6	48.2	7.4	582.60
	Uzun yıl.	5.6	37.0	55.5	69.9	63.7	68.2	66.8	59.6	42.0	10.1	478.40
Adıyaman	2013-2014	0.4	8.3	51.8	57.4	134.2	22.9	98.3	60.7	20.2	20.7	474.90
	2014-2015	24.4	132.9	134.0	87.8	161.8	169.2	176.4	46.6	21.6	3.7	958.40
	Uzun yıl.	5.3	46.9	78.1	127.3	133.1	109.8	89.8	59.5	39.3	8.6	697.70

Denemeden elde edilen verilerin varyans analizi tesadüf blokları deneme desenine uygun olarak, JMP 7.0 (Copyright © 2007 SAS Institute Inc.) paket programı kullanılarak yapılmış, ortalamalar asgari önemli fark (AÖF) testi ile karşılaştırılmıştır.

Genotiplerin istatistiksel anlamda çevrelerdeki stabilite durumlarını belirlemek için Finlay & Wilkinson (1963), Baker (1969), Wricke (1962), Francis & Kannenberg (1978) gibi araştırmacılar tarafından geliştirilen stabilite parametreleri kullanılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Başakta tane sayısı

Başakta tane sayısı birim alandan elde edilen tane verimini etkileyen faktörlerden birisidir. Araştırmada 12 adet arpa genotipinin başakta tane sayısına ait ortalamalar Çizelge 3'de verilmiştir. Araştırmada varyasyon kaynaklarından

genotip, yıl ve lokasyon x genotip etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Lokasyonların ortalamasına göre başakta tane sayısı değerleri, Diyarbakır'da (43.9 adet) Adıyaman lokasyonundan (42.9 adet) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak bu farklılık önemli olmamıştır. Araştırmada her iki lokasyonda altı sıralı arpa genotiplerinde başakta tane sayısı daha fazla bulunmuştur. Diyarbakır lokasyonunda başakta tane sayısı değerleri 30.0-62.3 adet, Adıyaman lokasyonunda 28.3-58.5 adet arasında değişmiştir. Diyarbakır lokasyonunda genotiplere göre ortalama başakta tane sayısında en yüksek değer 11 nolu hatta (altı sıralı), en düşük değer ise 6 ve 7 nolu hatlarda (iki sıralı) belirlenmiştir. Adıyaman lokasyonunda ise en yüksek başakta tane sayısı 12 nolu hattan (altı sıralı), en düşük değer ise 1 ve 8 hatlardan (iki sıralı) elde edilmiştir.

Çizelge 3. Farklı lokasyonlarda ve yıllarda yetiştirilen arpa hat/çeşitlerinin başakta tane sayısına (adet) ilişkin ortalamalar Table 3. Means of the number of grains per ear of barley lines/varieties grown in different locations and years

Genotip	Diyarbakır			Adıyaman		
	2013-14	2014-15	Ortalama	2013-14	2014-15	Ortalama
Şahin 91	28.5	33.6	31.0 D <sup>1</sup>	23.1	33.5	<b>28.3 E<sup>1</sup></b>
1	22.9	41.4	32.1 D	24.4	42.1	33.3 E
4	30.5	45.2	37.9 C	28.8	42.9	35.8 C-D
6	22.8	37.3	<b>30.0 D</b>	25.7	35.6	30.6 E
7	23.8	36.2	<b>30.0 D</b>	31.1	47.4	39.2 C
8	25.9	39.9	32.9 C-D	22.2	34.4	<b>28.3 E</b>
Altıkat	51.7	72.5	62.1 A	46.3	68.7	57.5 A
2	46.1	56.5	51.3 B	44.5	56.3	50.4 B
3	48.2	62.5	55.3 B	45.8	58.0	51.9 B
9	42.3	59.1	50.7 B	41.2	58.9	50.0 B
11	53.7	71.0	<b>62.3 A</b>	43.2	58.9	51.0 B
12	45.6	56.6	51.1 B	50.6	66.5	<b>58.5 A</b>
<b>Ortalama</b>	<b>36.8</b>	<b>51.0</b>	<b>43.9</b>	<b>35.6</b>	<b>50.3</b>	<b>42.9</b>

VK (%):13.7; Yıl: 40.8129 \*\*; Genotip: 62.7891 \*\*; Lokasyon x genotip: 3.3215 \*\*

\*\* % 1 seviyesinde istatistiksel olarak önemlidir. <sup>1</sup> Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir.

Genotiplerin yıllara göre ortalama başakta tane sayısı Diyarbakır lokasyonunda 1.yıl 36.8 adet, 2. yıl 51.0 adet; Adıyaman lokasyonunda ise 1. yıl 35.6 adet; 2. yıl 50.3 adet olarak belirlenmiştir. Her iki lokasyonda 2. yıl düşen yağış miktarının fazla olması başakta tane sayısını arttırmıştır (Çizelge 2).

Araştırmada kullanılan iki sıralı arpa genotiplerinde başakta tane sayısı, Diyarbakır lokasyonunda 4 nolu hatta (37.9 adet), Adıyaman'da 7 nolu hatta (39.2 adet) en yüksek değerler elde edilmiş ve Şahin-91 çeşidinden daha fazla bulunmuştur. Altı sıralı arpa genotiplerinde ise başakta tane sayısı Altıkat kontrol çeşidi ile Diyarbakır lokasyonunda 11 nolu ve Adıyaman lokasyonunda 12 nolu hatla aralarında önemli bir farklılık bulunmamıştır. Araştırma sonuçlarına göre, başakta tane sayısı yönünden iki ve altı sıralı genotiplerde varyasyonun bulunduğunu ve altı sıralılarda başakta tane sayısının daha fazla olduğunu ortaya konulmuştur. Başaktaki tane sayısının altı sıralı arpalarda daha yüksek olduğu birçok araştırmacı tarafından belirlenmiştir (Sönmez vd., 1994; Çöken & Akman, 2016).

Araştırmada başakta tane sayısı yıllara göre önemli farklılık göstermiş ve ikinci yılda daha yüksek başakta tane sayısı değeri (50.7 adet) elde edilmiştir (Çizelge 3). Her iki lokasyonda 2014-15 gelişme döneminde kaydedilen yeterli yağış miktarı başakta tane sayısını arttırdığı gözlemlenmiştir. Özellikle Nisan ve Mayıs aylarında hava sıcaklıklarının serin geçmesi ve yeterli yağışın alındığı koşullarda başakta tane sayısı ve tane iriliği artarken, bu dönemin kurak ve sıcak geçmesi döllenmeyi olumsuz etkilemekte ve başakta tane sayısı azalmaktadır (Gülmezoğlu, 2003; Şentürk & Akgün, 2014). Yine kurak koşullar, başaktaki başakçık ve başakçığı çiçek sayısının azalmasına ya da tozlanan çiçeklerin ölümüne neden olabilmektedir (Dencic vd., 1995).

Çalışmada başakta tane sayısı yönünden yıl x genotip etkileşimi istatistiki açıdan önemli bulunmamış ve ortalama değerler Çizelge 4'de verilmiştir. Her iki yılda en yüksek değer Altıkat çeşidinden elde edilmiştir. Bulgularımız, başakta tane sayısı üzerine çevre şartlarının yanın da genetik yapının da etkili olduğunu göstermektedir. Genotiplerin genel ortalaması incelendiğinde iki sıralı hatlarda başakta tane sayısı, Şahin

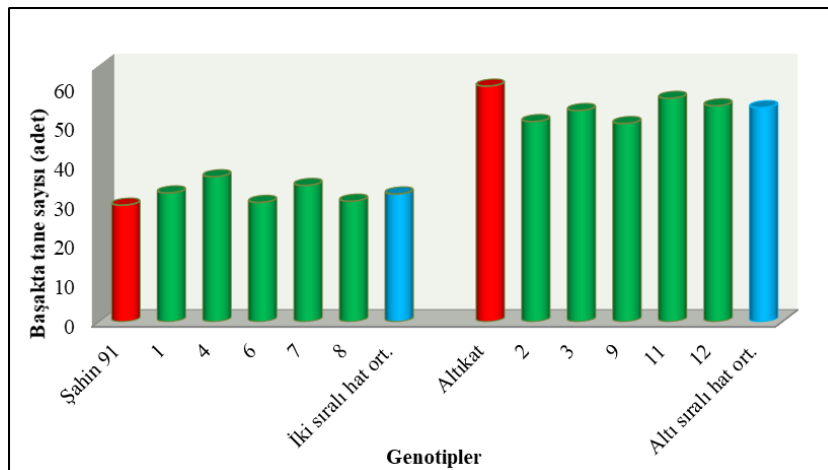
91 kontrol çeşidinden daha fazla bulunmuştur (Şekil 1). Altı sıralı genotiplerde ise Altıkat çeşidinde en yüksek değer elde edilmiş ve 11 nolu hatla kontrol çeşidi arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Farklı araştırmalarda başakta tane sayısının genotiplere göre önemli ölçüde değiştiği belirlenmiştir. Nitekim ortalama başakta tane sayısının Erzurum koşullarında 16 arpa çeşidinde 15.4-37.6 adet (Öztürk vd., 2001) Samsun koşullarında 19 iki sıralı arpa genotipinde 20.3- 27.9 adet (Mut vd., 2014), Akdeniz kuşağında yetiştirilen arpa çeşitlerinde 20.17-71.60 adet (Koca vd., 2015), Isparta koşullarında 13 arpa çeşidinde 22.6 (Bolayır)-67.3 (Altıkat) adet (Çöken & Akman, 2016), Bafra ovasında 12 çeşidin kullanıldığı çalışmada 23.54-28.22 adet (Sirat & Sezer, 2017), M2 generasyonunda 20.36-23.42 adet (Karakoca & Akgün, 2020) arasında değiştiği belirlenmiştir. Diğer taraftan Yüksel vd., (2017) tarafından yapılan çalışmada başakta tane sayısı 19-22 adet arasında değişmiş, yıllara ve genotiplere göre önemli bir farklılık belirlenmemiştir.

Çizelge 4. Farklı arpa genotiplerinin başakta tane sayısına (adet) ilişkin yıl x genotip interaksiyonuna ait ortalamalar Table 4. Means of the year x genotype interaction of the number of grains per ear of different barley genotypes

Çeşitler	2013-2014	2014-2015	Ortalama*
Şahin 91	25.8	33.5	<b>29.6 G</b>
1	23.6	41.8	32.7 E-G
4	29.7	44.0	36.8 E
6	24.2	36.4	30.3 G
7	27.4	41.8	34.6 EF
8	24.0	37.2	30.6 FG
Altıkat	49.0	70.6	<b>59.8 A</b>
2	45.3	56.4	50.8 CD
3	47.0	60.3	53.6 B-D
9	41.7	59.0	50.3 D
11	48.4	64.9	56.7 AB
12	48.1	61.6	54.8 BC
<b>Ortalama</b>	<b>36.2 B</b>	<b>50.7 A</b>	

\*: Aynı sütunda ve satırda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir

Araştırmada kullanılan ileri generasyon arpa hatlarında, başakta tane sayısı altı sıralılarda kontrol çeşidi geçmediği, ancak 2 sıralı arpa hatlarında (Şekil 1) önemli seviyede genetik ilerleme sağlanabildiği belirlenmiştir.



Şekil 1. Başakta tane sayısına ilişkin arpa hat/çeşitlerinin ortalamaları  
Figure 1. Means of grains per ear of barley line/varieties

### 3.2. Başakta Tane Ağırlığı

Araştırmada varyasyon kaynaklarından yıl, lokasyon, yıl x lokasyon, genotip ve lokasyon x genotip interaksyonu istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Genel ortalama olarak başakta tane ağırlığında en yüksek değer Diyarbakır'da (1.49 g), Adıyaman'da (1.62 g) belirlenmiştir. Diyarbakır lokasyonunda başakta tane ağırlığı değerleri 0.96-2.06 g arasında değişmiş ve en yüksek değer 11 nolu hattın (altı sıralı), en düşük değer ise 1 nolu hattın (iki sıralı) elde edilmiştir. Adıyaman lokasyonunda ise başakta tane ağırlığı 1.24-2.17 g arasında değişmiştir. En yüksek değer 12 nolu hattın (altı sıralı), en düşük değer ise Şahin-91 (iki sıralı) çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 5).

Diyarbakır lokasyonunda genotiplerin yıllara göre ortalama başakta tane ağırlığı değeri 1.yıl 1.44 g iken, 2.yıl

1.54 g; Adıyaman lokasyonunda ise 1. yıl 1.24 g, 2. yıl 2.0 g olarak bulunmuştur. Genotiplerin farklı lokasyonlarda ve yıllarda başakta tane ağırlığının değişmiş olması, genetik yapı yanında çevre faktörlerinin de etkili olduğunu göstermektedir. Adıyaman lokasyonunda toplam yağış miktarının fazla olması başakta tane ağırlığının artmasına neden olmuştur (Çizelge 2).

Diyarbakır lokasyonunda başakta tane ağırlığı açısından iki sıralı olarak kullanılan genotiplerde, her iki yetiştirme sezonunda en yüksek değer Şahin-91 kontrol çeşidinden, en düşük değer 1 nolu hattın elde edilmiştir. Altı sıralı genotiplerde her iki yılda en yüksek değer 11 nolu hatta, en düşük değer ise 9 nolu hatta belirlenmiştir. Genel ortalama olarak başakta tane ağırlığında en yüksek değer 11 nolu hatta belirlenmiş olsa da Altıkat çeşidi, 3, 11 ve 12 nolu hatlar arasında önemli bir farklılık belirlenmemiştir.

Çizelge 5. Farklı lokasyonlarda ve yıllarda yetiştirilen arpa genotiplerinin başakta tane ağırlığına (g) ilişkin ortalamalar  
Table 5. Means of grain weight (g) per ear of barley genotypes grown in different locations and years

Genotip	Diyarbakır			Adıyaman		
	2013-14	2014-15	Ortalama	2013-14	2014-15	Ortalama
Şahin 91	1.38	1.52	1.45 CD <sup>1</sup>	0.96	<b>1.52</b>	<b>1.24 F</b>
1	<b>0.91</b>	<b>1.01</b>	<b>0.96 F</b>	0.94	1.69	1.31 EF
4	1.16	1.26	1.21 DE	1.13	1.88	1.51 CD
6	1.04	1.14	1.09 EF	1.07	1.82	1.45 DE
7	1.12	1.22	1.17 EF	1.06	1.81	1.43 DE
8	1.12	1.22	1.17 EF	<b>0.89</b>	1.64	1.27 EF
Altıkat	1.85	1.97	1.91 A	1.42	2.45	1.93 B
2	1.55	1.65	1.60 BC	1.28	2.03	1.65 C
3	1.79	1.89	1.84 AB	1.51	2.26	1.88 B
9	1.43	1.53	1.48 CD	1.56	2.31	1.94 B
11	<b>2.01</b>	<b>2.11</b>	<b>2.06 A</b>	1.31	2.06	1.69 C
12	1.89	1.99	1.94 A	<b>1.80</b>	<b>2.55</b>	<b>2.17 A</b>
<b>Ortalama</b>	1.44 c <sup>1</sup>	1.54 b	1.49 B	1.24 d	2.00 a	1.62 A

VK (%) :15.5; Yıl: 38.4277\*\*; Lokasyon: 14.3954\*\*; Genotip: 28.215\*\*; Yıl x Lokasyon; 87.772\*\*; Lokasyon x Genotip: 4.1188\*\*

\*\* % 1 düzeyinde önemlidir. <sup>1</sup>Aynı sütunda ve satırda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir

Adıyaman lokasyonunda iki sıralı olarak kullanılan genotiplerde, her iki yetiştirme sezonunda en yüksek değer 4 nolu hattın, en düşük değer ise yıllara göre değişmiş ve 8 nolu hat ile Şahin-91 kontrol çeşidinden elde edilmiştir. Altı sıralı genotiplerde ise her iki yetiştirme sezonunda en yüksek değer 12 nolu hatta, en düşük değer 2 nolu hatta belirlenmiştir. Araştırma sonucuna göre başakta tane ağırlığı iki ve altı sıralılarda lokasyonlara göre farklılık göstermiştir (Çizelge 5).

Çalışmada yıl x genotip etkileşimine ait ortalama başakta tane ağırlığı Çizelge 6'da verilmiştir. Başakta tane ağırlığı üzerine genotipin etkisi önemli olmuştur. Genel ortalamaya göre en yüksek değer 12 nolu hatta (2.06 g), en düşük değer ise (1.13 g) 1 nolu hatta (iki sıralı) tespit edilmiştir. Bu konuda yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir. Sirat & Sezer (2013), Samsun ekolojik koşullarında iki ve altı sıralı arpa genotiplerinin verim ve verim unsurlarını belirlemek için yaptıkları çalışmada, başakta tane ağırlığı 0.64-1.97 g arasında değiştiğini bildirmiştir.

Çizelge 6. Farklı arpa genotiplerinin başakta tane ağırlığına (g) ilişkin yıl x çeşit interaksyonuna ait ortalamalar  
Table 6. Averages of year x variety interaction of grain weight per ear (g) of different barley genotypes

Genotip	2013-2014	2014-2015	Ortalama
Şahin 91	1.17	1.52	1.34 E <sup>1</sup>
1	0.92	1.35	<b>1.13 F</b>
4	1.15	1.57	1.36 E
6	1.06	1.48	1.27 EF
7	1.09	1.51	1.30 EF
8	1.00	1.43	1.22 EF
Altıkat	1.64	2.21	1.92 AB
2	1.41	1.84	1.62 D
3	1.65	2.07	1.86 BC
9	1.50	1.92	1.71 CD
11	1.66	2.09	1.87 BC
12	1.84	2.27	<b>2.06 A</b>
<b>Ortalama</b>	<b>1.34 B<sup>1</sup></b>	<b>1.80 A</b>	

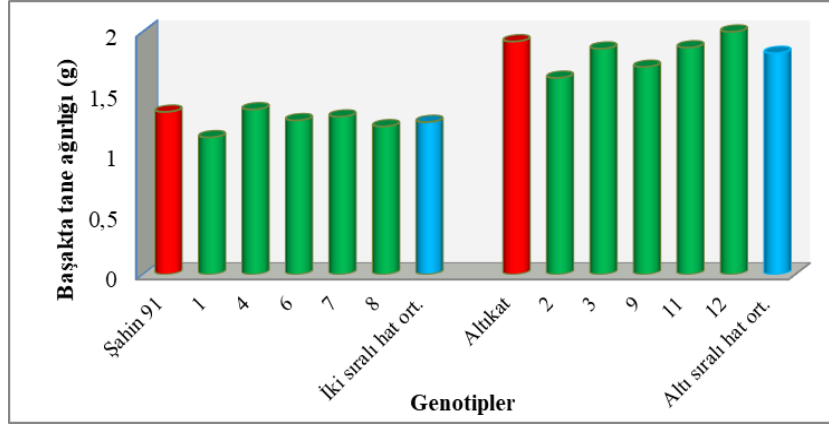
<sup>1</sup>Aynı sütunda ve satırda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir.

Çalışmada başakta tane ağırlığı yıllara göre önemli farklılık göstermiş ve 2. yılda daha yüksek başakta tane

ağırlığı değeri (1.80 g) tespit edilmiştir. Özellikle 2014-15 yetiştirme sezonunun tane dolm döneminde kaydedilen yağışın fazla ve sıcaklık ortalamalarının düşük olması, bu dönemde havanın serin geçmesi, tane doldurma süresinin uzamasına ve başakta tane ağırlığının artmasına neden olmuştur. Benzer şekilde Sırat & Sezer (2017), Bafra ovasında yetiştirilen bazı iki sıralı arpa çeşitlerinde, başakta tane ağırlığının 2. yılda (1.16 g) birinci yıldan (1.07

g) daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar ikinci yılında düşen yağış miktarının fazla olması başakta tane ağırlığının artmasına neden olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Araştırmada kullanılan arpa hatlarında başakta tane ağırlığı kontrol çeşitlere benzer olmuş ve (Şekil 2) geliştirilen hatlarda önemli seviyede genetik ilerleme sağlanamamıştır.



Şekil 2. Başakta tane ağırlığına ilişkin arpa hat/çeşitlerinin ortalamaları  
Figure 2. Average of barley line/varieties of grain weight per spike

Bu araştırmada başakta tane ağırlığı çevre faktörlerine, genotipe ve yıllara bağlı olarak önemli değişiklik göstermiştir. Benzer sonuçlar farklı araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir. Nitekim ortalama başakta tane ağırlığı Sırat & Sezer (2013), 0.64-1.97 g, Koca vd., (2015), 1.10-3.68 g, Sırat & Sezer (2017) 1.17-1.03 g, M2 generasyonunda 1.25-2.46 g (Karakoca & Akgün, 2020) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Diğer taraftan Yüksel vd., (2017) tarafından yapılan çalışmada, başakta tane ağırlığı yıllara ve genotipe bağlı olarak önemli değişiklik göstermemiş ve 0.80 -0.91 g arasında değişmiştir. Nitekim ortalama başakta tane sayısının Erzurum koşullarında 16 arpa çeşidinde 15.4-37.6 adet (Öztürk vd., 2001) Samsun koşullarında 19 iki sıralı arpa genotipinde 20.3- 27.9 adet (Mut vd., 2014), Isparta koşullarında 13 arpa çeşidinde 22.6 (Bolayır)-67.3 (Altıkat) adet (Çöken & Akman, 2016).

### 3.3. Tane Verimi

Farklı arpa genotiplerinin tane verimine ait ortalamalar Çizelge 7'de verilmiş, yıl, lokasyon, genotip, yıl x genotip interaksyonu ve yıl x lokasyon x genotip interaksyonu önemli bulunmuştur. Araştırmada Adıyaman lokasyonunda tane verimi (598.3 kg/da) Diyarbakır lokasyonundan (517.0 kg/da) daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 7). Yine yılların ortalamasına göre 2014-2015 yılında tane verimi değeri (723.8 kg/da), 2013-2014 (391.5 kg/da) yılından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 8).

Adıyaman lokasyonunda iki yıllık ortalama tane verimi 475.9 – 697.8 kg/da arasında değişim göstermiştir. Adıyaman lokasyonunda genotiplere göre ortalama tane verimi en yüksek Altıkat (altı sıralı), en düşük Şahin-91 çeşidinden (iki sıralı) elde edilmiştir. Diyarbakır

lokasyonunda ise iki yıllık ortalamalara göre tane verimi 354.8 (Şahin-91 çeşidi)-618.8 kg/da (4 nolu hat) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 7).

Diyarbakır lokasyonunda iki sıralı olarak kullanılan genotiplerde, en yüksek tane verimi her iki yetiştirme sezonunda da 4 nolu hattın, en düşük tane verimi ise Şahin-91 kontrol çeşidinde belirlenmiştir. Altı sıralı arpa genotiplerinde, her iki yetiştirme sezonunda en yüksek tane verimi Altıkat kontrol çeşidinden, en düşük değer ise 2013-14 ve 2014-15 yıllarında sırasıyla 9 nolu ve 2 nolu hattın elde edilmiştir.

Adıyaman lokasyonunda iki sıralı olarak kullanılan genotiplerde; 2013-14 yıllarında en yüksek tane verimi 6 nolu hattın, 2014-15 yıllarında ise 1 nolu hattın elde edilmiştir. Her iki yetiştirme sezonu içerisinde en düşük değer Şahin-91 kontrol çeşidinden sağlanmıştır. Altı sıralı hatların ortalamalarını incelediğimizde 2013-14 ve 2014-15 yıllarında en yüksek değer sıra ile 3 nolu hattın ve Altıkat kontrol çeşidinden, en düşük değer ise 2013-14 ve 2014-15 yıllarında sırasıyla 11 nolu hattın ve 2 nolu hattın elde edilmiştir (Çizelge 7). Her iki lokasyonda en yüksek tane veriminin elde edildiği hatlar ile hem iki hem de altı sıralılarla aynı istatistiksel gruba giren hatlar belirlenmiştir. İki sıralı genotiplerde başakta tane sayısı daha düşük olmasına rağmen, tane verim değerleri altı sıralılardan daha yüksek ya da farksız bulunmuştur. Bu durum hatların kardeşlenme yeteneğinin, tane büyüklüğünün ve tane ağırlığının daha fazla olması ile açıklanabilir. Yine genotiplerin kuraklıktan/yağıştan etkilenme durumuna göre tane verimleri değişmiştir. Kalaycı vd., (1991) arpada tane verimini etkileyen faktörler arasında vejetasyon döneminde düşen yağış miktarı, bu yağışların yıl içindeki dağılımı ve sıcaklık olarak bildirilmiştir.

Çizelge 7. Farklı lokasyonlarda ve yıllarda yetiştirilen genotiplerin tane verimine (kg/da) ilişkin ortalama değerleri  
Table 7. Mean values of grain yield (kg/da) of genotypes grown in different locations and years

Genotip	Diyarbakır			Adıyaman		
	2013-14	2014-15	Ortalama	2013-14	2014-15	Ortalama
Şahin 91	299.5 ef <sup>1</sup>	410.0 f <sup>1</sup>	<b>354.8</b>	347.8 bc <sup>1</sup>	604.0 d <sup>1</sup>	<b>475.9</b>
1	367.5 be	764.3 ab	565.9	429.9 ac	865.8 ab	647.8
4	461.7 a	775.9 ab	<b>618.8</b>	473.2 a	819.6 ac	646.4
6	428.8 ab	739.9 a-c	584.3	514.7 a	757.0 b-d	635.9
7	417.1 a-c	682.0 be	549.6	429.5 a-c	829.9 ac	629.7
8	406.6 a-c	707.0 b-d	556.8	457.1 a	758.2 b-d	607.6
Altıkata	386.0 a-d	832.5 a	609.2	422.0 a-c	973.6 a	<b>697.8</b>
2	346.7 c-f	568.8 e	457.7	410.9 a-c	700.9 cd	555.9
3	315.0 d-f	620.2 de	467.6	438.5 ab	739.6 b-d	589.1
9	270.5 f	629.5 ce	450.0	348.8 bc	783.1 bc	566.0
11	317.0 d-f	687.0 b-d	502.0	329.2 c	716.4 b-d	522.8
12	368.9 b-e	605.7 de	487.3	410.0 ac	800.4 bc	605.2
<b>Ort.</b>	<b>365.4</b>	<b>668.6</b>	<b>517.0 B</b>	<b>417.6</b>	<b>779.0</b>	<b>598.3 A</b>

VK (%) :15.17; Yıl: 170.64\*\*; Lokasyon: 44.325\*\*; Genotip: 10.13\*\*; Yıl x Genotip: 3.77\*\*;  
Yıl x Lokasyon x Genotip: 0.6512\*

\*% 5 düzeyinde önemli, \*\* % 1 düzeyinde önemli; <sup>1</sup>Aynı sütunda ve satırda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir.

Farklı yıllarda ve çevrelerde tane verimi yönünden belirlenen farklılıklar, çevre koşullarındaki (yağış, nem, sıcaklık, toprak) kaynaklanmaktadır. Özellikle 2014-15 yılında gelişme döneminde kaydedilen yağışın fazla ve sıcaklık ortalamalarının düşük olması, morfolojik ve fizyolojik olarak bazı özelliklerin etkilemesine (bitki boyu, başak verimi, hektolitre ve bin tane ağırlığı gibi) bağlı olarak tane veriminin artmasına katkı sağlamıştır. Ayrıca, Diyarbakır lokasyonu ile Adıyaman lokasyonu arasında hem toprak hem de iklim özellikleri yönünden de fark bulunmaktadır. Genotiplerin farklı çevrelere tepkileri benzer olmadığından yıl x lokasyon x genotip etkileşimi önemli bulunmuştur. Tane verimi, genotipik bir özellik olsa da çevre faktörlerinden de etkilenebilmektedir. Bu konuda benzer ekolojik koşullarda yapılan bazı çalışmalarda, tane veriminin yıla ve lokasyona göre değiştiği bildirilmiştir (Kendal, 2013; Kılıç, 2014).

2013-2014 ve 2014-2015 yetiştirme sezonunda yıllara ait tane verimi yönünden ortalama değerler Çizelge 8'de verilmiştir. Genel ortalamaya göre en yüksek tane verimi, Altıkata çeşidinde (653.5 kg/da), en düşük değer ise (415.3 kg/da) Şahin-91 çeşidinde (iki sıralı) tespit edilmiştir. İki sıralı hatların ortalaması kontrol çeşidinden fazla, Altı sıralılarda ise kontrol çeşidini geçen hat olmamıştır (Şekil 3). Araştırmada 1, 4, 6 ve 7 nolu iki sıralı genotiplerin verimleri Altıkata çeşidinden istatistiksel olarak farklı olmamıştır. Diğer taraftan altı sıralı hatların tane veriminde birbirine yakın değerler elde edilmiştir. Özellikle Adıyaman lokasyonunda (2014-2015 yılında) 9, 11 ve 12 nolu hatların tane verimi benzer bulunmuştur. Benzer şekilde tane verimi üzerine değişik çevre koşullarının etkili olduğu farklı çalışmalarda belirlenmiştir (Öztürk vd., 1997; Kendal & Dogan, 2015; Karahan & Akgün, 2020).

Araştırmada kullanılan 2 sıralı arpa hatlarında önemli seviyede genetik ilerleme sağlanabilmiştir (Şekil 3).

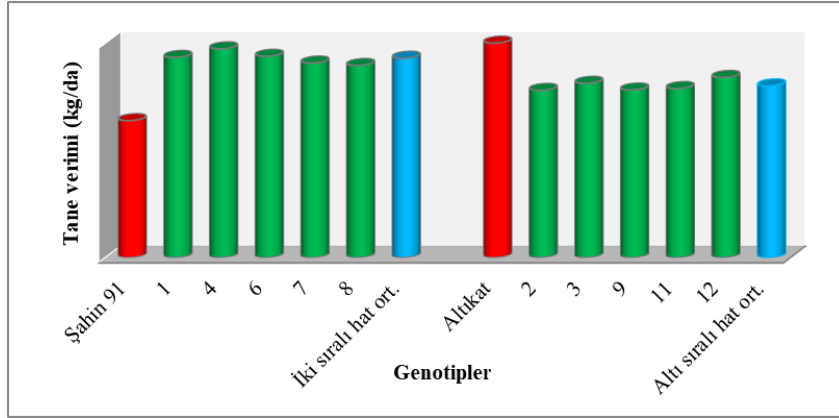
Çizelge 8. Farklı arpa genotiplerinin tane verimine (kg/da) ilişkin yıl x çeşit etkileşimlerine ait ortalamalar  
Table 8. Means of grain yield (kg/da) year x variety interaction of different barley genotypes

Genotip	2013-2014	2014-2015	Ortalama
Şahin 91	323.6 de*	507.0 e*	<b>415.3 F*</b>
1	398.7 bc	815.0 ab	606.8 A-C
4	467.4 ab	797.8 ab	632.6 AB
6	471.8 a	748.5 b-d	610.1 A-C
7	423.3 a-c	756.0 b-d	589.6 A-D
8	431.8 a-c	732.6 b-d	582.2 B-D
Altıkata	404.0 a-c	903.0 a	<b>653.5 A</b>
2	378.8 c-e	634.8 d	506.8 E
3	376.8 c-e	679.9 cd	528.3 DE
9	309.6 e	706.3 b-d	508.0 E
11	323.1 de	701.7 b-d	512.4 E
12	389.4 cd	703.0 b-d	546.2 CE
<b>Ortalama</b>	<b>391.5 B</b>	<b>723.8 A</b>	

\* Aynı sütunda ve satırda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir.

Yıl x çeşit etkileşiminde, en yüksek tane verimi birinci yıl 6 nolu hattın (iki sıralı), 2. yıl 903 kg/da ile Altıkata çeşidinden, en düşük tane verimi ise her iki yılda Şahin-91 kontrol çeşidinden (iki sıralı) elde edilmiştir. Çalışmada diğer özelliklerde olduğu gibi, tane verimi de 2. yıl daha fazla (723.8 kg/da) olmuştur. Diyarbakır ve Adıyaman kuru koşullarında 10 adet arpa hattı ile Şahin 91 (iki sıralı) ve Vamıkhoça 98 (6 sıralı) çeşitleri kullanılarak yapılan çalışmada tane veriminin genotipe ve lokasyonlara göre değiştiği (373.9-578.3 kg/da) belirlenmiştir (Kendal vd., 2010). Samsun ekolojik koşullarında bazı iki ve altı sıralı arpa genotiplerinin kullanıldığı çalışmada ise, tane veriminin 188.84-620.28 kg/da arasında değiştiği bildirilmiştir (Sirat & Sezer, 2013). Yine farklı arpa genotiplerinde tane verimi kıraç koşullarda 158-458 kg/da, sulu koşullarda ise 2.82-6.34 kg/da arasında değişmiştir (Sönmez & Yüksel, 2019).





Şekil 3. Tane verimine ilişkin arpa hat/çeşitlerinin ortalamaları  
Figure 3. Grain yield means of barley lines/varieties

Çalışmada materyal olarak kullanılan arpa çeşitlerinin tane verimi özelliği için incelenen stabilite parametre değerleri Çizelge 9’da verilmiştir. Her bir genotipin ortalaması ve genel ortalamaya (557.73 kg/da) ‘t testi’ ile karşılaştırıldığında, 1 (606.80 kg/da), 4 (632.69 kg/da), 6 (610.13 kg/da) 7 (589.69 kg/da) ve 9 (508.0 kg/da) numaralı genotiplerin tane verimi ortalaması önemli seviyede genel ortalamadan farklı olduğu bulunmuştur. Araştırmada 1, 4, Altıkat, 6, 7 ve 8 nolu genotipler tane verimi ortalamaları, genel ortalamadan yüksek; 2, 3, 9, Şahin 91, 11 ve 12 nolu genotipler ise tane verimleri, genel ortalamadan düşük genotipler olmuştur. Regresyon

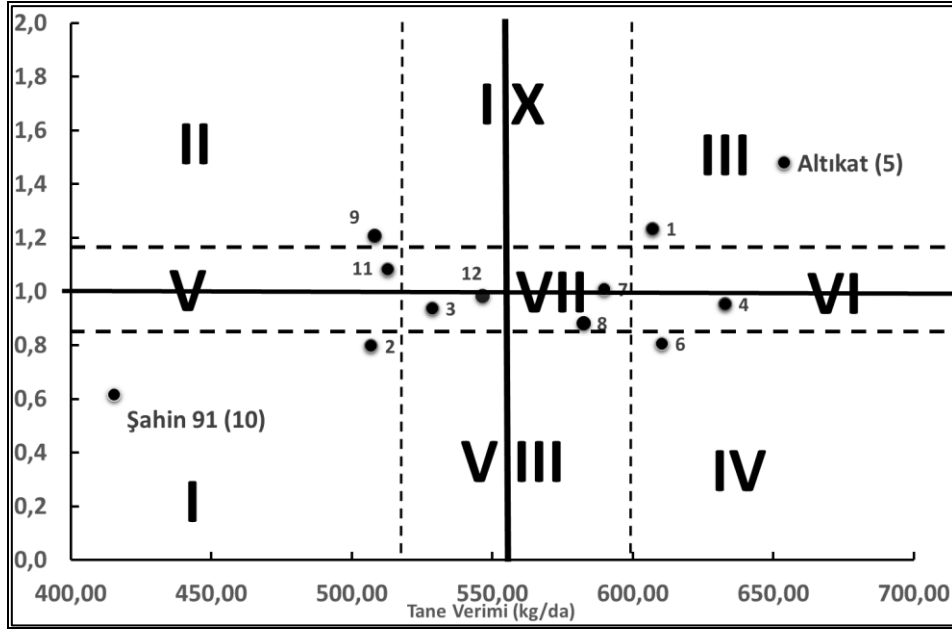
katsayısı (b) bakımından; genotiplere ait regresyon katsayısı 0.618-1.481 arasında değişim göstermiştir. En yüksek regresyon katsayısı Altıkat (b=1.481) genotipte, en düşük değer ise Şahin 91 (b=0.618) genotipte saptanmıştır. Genotiplere ait regresyon katsayıları ile regresyon ortalamaya katsayısı (b=1) karşılaştırıldığında, Altıkat, Şahin 91, 1, 2, 6 ve 9 nolu genotiplerin regresyon katsayıları önemli seviyede ortalamaya regresyon katsayısından (b=1) istatistiki olarak farklı, 3, 4, 7, 8, 11 ve 12 nolu genotipler ise istatistiki olarak regresyon ortalamaya katsayısından (b=1) farksız genotipler yani stabil genotip olarak tespit edilmiştir (Çizelge 9).

Çizelge 9. Farklı çevrelerde arpa genotiplerinin tane verimine ilişkin stabilite parametreleri  
Table 9. Stability parameters of grain yield of barley genotypes in different environments

Genotipler	X ortalaması	SH	bi	S <sup>2</sup> d	VK (%)	'a	R <sup>2</sup>
Şahin 91	415.31	0.3	0.618**	4278.01**	32.1	70.42	0.84
1	606.80**	4.9	1.235*	321.50	40.4	-81.84	1.00
4	632.69**	1.6	0.954	1410.19	30.2	100.48	0.97
6	610.13**	9.6	0.807*	1818.27	26.8	160.01	0.95
7	589.69*	4.3	1.010	737.57	34.1	26.42	0.99
8	582.21	2.9	0.883	567.39	30.2	89.82	0.99
Altıkat	653.53	9.0	1.481**	574.99	45.0	-172.34	1.00
2	506.88	3.0	0.798*	659.15	31.4	61.82	0.98
3	528.34	7.3	0.938	1492.18	35.6	5.32	0.97
9	508.00*	6.7	1.208*	173.38	47.1	-165.39	1.00
11	512.46	6.3	1.084	2720.36*	42.7	-91.99	0.96
12	546.21	5.7	0.984	1963.07	36.3	-2.73	0.97
<b>Ortalama</b>	<b>557.73±38.14</b>		<b>1±0.13</b>		<b>35.99</b>		<b>0.97</b>

Genotiplerin adaptasyon durumları ve genotip ortalamalarının çevre ortalamalarına göre tepkilerinin ortalamaya regresyon doğrusuna göre durumları, Şekil 4’de verilmiştir. Tane verimine ait regresyon katsayısı (bi) ve çevre indeksleri (Xi) incelendiğinde; Şahin- 91 ve 2 nolu genotipler, *kötü çevre koşullarında kötü uyum* (I nolu bölge: bi<1 ve Xi<Xort); 9 nolu genotip *iyi çevre koşullarında kötü uyum* (II nolu bölge: bi>1 ve Xi<Xort); Altıkat ve 1 nolu genotip *iyi çevre koşullarında iyi uyum* (III nolu bölge: bi>1 ve Xi>Xort); 6 nolu genotip *kötü*

*çevre koşullarında iyi uyum* (IV nolu bölge: bi<1 ve Xi>Xort); 11 nolu genotip *tüm çevre koşullarında kötü uyum* (V nolu bölge: bi=1 ve Xi<Xort); 4 nolu genotip *tüm çevre koşullarında iyi uyum* (VI nolu bölge: bi=1 ve Xi>Xort); 3, 7, 8 ve 12 nolu genotipler ise *tüm çevre koşullarında orta uyum* (VII nolu bölge: bi=1 ve Xi=Xort) gösterdiği saptanmıştır (Şekil 4). Bu durum, 1 ve 6 nolu genotipler ortalamadan çok daha yüksek tane verimi elde edilmesine rağmen, çevresel değişikliklere karşı duyarlı olduğunu göstermektedir.



Şekil 4. Tane verimi için ortalama ve regresyon katsayısına göre arpa genotiplerinin uyum yetenekleri  
Figure 4. Adaptability of barley genotypes according to mean and regression coefficient for grain yield

Regresyondan ayrılış kareler ortalaması (S2d) değerinin sıfıra yaklaştıkça, genotipin aynı özelliği tekrar gösterme olasılığının o kadar yükseldiğini ve genotipin kararlılığını ifade etmektedir (Finlay & Wilkinson, 1963; Eberhart & Russell, 1966). Şahin 91 ve 11 nolu genotiplerin regresyondan sapma kareler ortalamaları (S2d) değerleri sıfırdan (S2d = 0) farklı olduğu, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 12 nolu genotiplerinin regresyondan sapma kareler ortalaması (S2d) değerleri, sıfırdan (S2d=0) farksız olduğu saptanmıştır (Çizelge 9). Bu durum, Şahin 91 ve 11 nolu genotipleri hariç diğer tüm genotiplerin regresyondan sapma kareler ortalaması bakımından stabil olduğunu göstermektedir. Regresyon doğrularının başlangıç noktalarını ifade eden regresyon denklemi sabit katsayısı (a) bakımından genotipler önemli farklılıklar göstermiştir. Regresyon denklemi sabit katsayısı (a) göre Altıkat, 9, 11, 1 ve 12 nolu genotipler negatif (-) değer elde edilirken, Şahin 91, 2, 3, 4, 6, 7 ve 8 nolu genotipler ise pozitif değerler elde edilmiştir (Çizelge 9). Bu durum, Şahin 91, 2, 3, 4, 6, 7 ve 8 nolu genotiplerin, kötü çevre koşullarında yüksek/iyi performans gösterdiğini işaret etmektedir (Finlay & Wilkinson, 1963).

Genotiplerin çevreler üzerine olan varyasyonun katsayısı (VK) düşük olması, genotipin stabil olduğunu göstermektedir. Varyasyon katsayısı (VK) değeri bakımından genotiplerde saptanan değerler %26.8 ile %47.10 arasında değişim göstermekte iken, ortalama VK değerinin, ise %35.99 olduğu görülmektedir. Altıkat, 1, 9, 11 ve 12 nolu genotiplere ait VK değerlerin, ortalama VK değerinden (%35.99) yüksek, Şahin 91, 2, 3, 4, 6, 7 ve 8 nolu genotiplerde ise ortalama VK değerinden düşük bulunmuştur (Çizelge 9). Bu durum, CV parametresi yönünden Şahin 91, 2, 3, 4, 6, 7 ve 8 nolu genotiplerin, diğer genotiplere nazaran daha stabil genotipler olduğunu göstermektedir.

Genotiplerin çevre değişimlerinin incelenen özelliğe yansıtma oranını belirtisi olan determinasyon katsayısı

(R<sup>2</sup>) değerinin, yüksek olması istenilir (Pinthus, 1973). Arpa genotiplerinin tane verimi determinasyon katsayısı (R<sup>2</sup>) değerleri 0.84-1.00 arasında değişim göstermiştir. Araştırmada 1, 2, 3, 4, Altıkat, 7, 8, 9 ve 12 nolu genotiplerin R<sup>2</sup> değerlerinin, ortalama R<sup>2</sup> değerine (0.97), eşit veya büyük olduğu görülmektedir. Bu durum, 1, 2, 3, 4, Altıkat, 7, 8, 9 ve 12 nolu genotiplerin, diğer genotiplere nispeten daha stabil genotip olduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 8).

Bir stabilite parametresi yönünden stabil genotip olarak belirlenen genotip, başka bir stabilite parametresine göre stabil genotip olarak saptanmayabilir. Bu araştırmada elde edilen sonuçlar, farklı araştırmacıların sonuçları ile benzerlik göstermektedir (Doğan & Ayçiçeği, 2001; Akçura vd. 2005; Kendal vd. 2009; Akgün & Altındal, 2011).

#### 4. Sonuç

Güneydoğu Anadolu bölgesinde yürütülen bu çalışmada, en yüksek tane verimi Altıkat arpa çeşidinde ve 1, 4, 6 ve 7 nolu iki sıralı arpa hatlarında belirlenmiştir. Toplam dört çevreden elde edilen tane verimi ile yapılan stabilite analizinde, 4 nolu genotipin tüm çevre koşullarına iyi uyum, 3, 7, 8 ve 12 nolu genotiplerin ise tüm çevre koşullarına orta uyum ve Altıkat ve 1 nolu genotipler ise iyi çevre koşullarında iyi uyum sağladıkları belirlenmiştir.

#### 5. Teşekkür

3886-D2-14 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimine teşekkür ederim.

Not: Bu çalışma Turan KARAHAN'ın doktora tezinden türetilmiştir.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makalenin hazırlanmasında eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

## 6. Kaynaklar

- Akçura, M., Kaya, Y., & Taner, S. (2005). Genotype-Environment Interaction and Phenotypic Stability Analysis For Grain Yield of Durum Wheat in the Central Anatolian Region. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29(5), 369-375.
- Akgün İ., & Altındal D. (2011). Bazı Triticale Genotiplerinde Tane Verimi ve Stabilitate Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 6(1): 7-14.
- Alkan, F. R., & Kandemir, N. (2015). Tokak Yerel Arpa Çeşidi İçinden Seçilen Saf hatların Bazı Gıda, Yem ve Tarımsal Özellikler Bakımından Varyasyonları. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 24(2), 124-139. <https://doi.org/10.21566/tbmaed.88712>
- Anonim (2017) Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Türkiye Meteoroloji Arşiv Sistemi. <http://tumas.mgm.gov.tr/wps/portal/>. (Son erişim tarihi: 03.12.2017).
- Anonim (2019). Tarım Ürünleri Piyasası Arpa. (Son erişim tarihi: 9.12.2019). <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/teppe/Belgeler/PDF%20Tarim%20Ürünleri%20Piyasaları/2018Ocak%20Tarim%20Ürünleri%20Raporu/2018-Ocak%20Arpa.pdf>.
- Baker, R.J. (1969). Genotype-Environment Interactions in Yield of Wheat. *Canadian Journal of Plant Science*. 49, 743-791. <https://doi.org/10.4141/cjps69-127>
- Çöken, İ., & Akman, Z. (2016). Isparta Ekolojik Koşullarında Bazı Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Çeşitlerinin Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20, 91-97. <https://doi.org/10.19113/sdufbed.23066>
- Dencic, S., Kastori, R., Kobiljski, B., & Petrovic, M. (1995). Influence of Drought on Morphologic and Agronomic Traits. *Institut za ratarstvo i povrtarstvo*, 23, 203-211.
- Doğan R., & Ayçiçeği M. (2001). Bazı Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Bursa Koşullarındaki Adaptasyon ve Stabilitate Yeteneklerinin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma. *Uludağ Üniv. Zir. Fak. Derg.* 15: 59-67.
- Eberhart, S.A., & Russell, W.A. (1966). Stability Parameters for Comparing Varieties. *Crop Science*, 1, 36-40.
- FAO (2019). Food and Agriculture Organization of the United Nations <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Son erişim tarihi:03/12/2019)
- Finlay, K.M., & Wilkinson, G.N. (1963). The analysis of adaptation a plant-breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14, 742-754. <https://doi.org/10.1071/AR9630742>
- Francis, T.R., & Kannenberg, L.W. (1978). Yield stability in studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*, 58, 1029-1034.
- Gülmezoğlu, N. (2003). *Eskişehir Kuru Koşullarında Değişik Azotlu Gübrelerin Kışlık Triticale'nin Çıktı Başaklanma Çiçeklenme ve Olum Süreleri ile Verim Verim Ögeleri ve Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri*. Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Eskişehir, 140 s.
- Kalaycı, M., Siirt, S., Aydın, M., & Özbek, K. (1991). Yıllık Çalışma Raporu. *Geçit Kuşluğu Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Eskişehir*.
- Karahan, T., & Akgün, İ. (2020). Selection of Barley (*Hordeum vulgare*) Genotypes By Gyt (Genotype × Yield × Trait) Biplot Technique and its Comparison With Gt (Genotype × Trait). *Applied Ecology and Environmental Research* 18(1):1347-1359. [http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1801\\_13471359](http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1801_13471359)
- Karakoca T. A., & Akgün İ. (2020). Arpada Farklı Gama Radyasyon Dozu Uygulamalarının M2 Generasyonunda Bazı Tarımsal Özellikler Üzerine Mutagenik Etkilerinin Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 24(1), 96-104. <https://doi.org/10.19113/sdufbed.580095>

- Kendal, E., & Dogan, Y. (2015): Stability of a Candidate and Cultivars (*Hordeum vulgare* L.) by GGE Biplot Analysis of Multi-Environment Yield Trials in Spring Barley. *Agriculture and Forestry*, 61(4): 307-318 <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.61.4.37>
- Kendal, E. (2013). İleri Kademe Bazı Yazlık Arpa Genotiplerinin Farklı Çevre Şartlarında Verim ve Kalite Parametrelerinin İncelenmesi. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 25(1), 7-18.
- Kendal, E., Doğan, Y., & Oral, E. (2016). Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Arpa Yetiştiriciliğinin Sorunları ve Çözüm Önerileri. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 5(2), 36-42.
- Kendal, E., Kılıç H., & Karahan, T. (2009). Diyarbakır ve Ceylanpınar Kuru Şartlarına Uygun Arpa Çeşitlerinin Belirlenmesi. *Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi, Ekim 19-22, Hatay*, 474-478.
- Kendal, E., Kılıç, H., Tekdal, S., & Altıkat, A. (2010). Bazı Arpa Genotiplerinin Diyarbakır ve Adıyaman Kuru Koşullarında Verim ve Verim Unsurlarının İncelenmesi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(2), 47-56.
- Kılıç, H. (2014). Arpa Genotiplerinde Çevreler Üzerinden Tane Verimlerinin Etkemeli Ana Etkiler ve Çarpımsal İnteraksiyonlar Analizi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20, 337-344.
- Kılıç, H., Erdemci, İ., Gürsoy, S., Karahan, T., Aktaş, H. & Kendal, E. (2009). Diyarbakır İli Yağışa Dayalı Şartlarında Sarıcanak-98 Makamalık Buğday Çeşidinin Azotlu Gübre İsteğinin Belirlenmesi. *Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi, Ekim, 19-22, Hatay*, 458-461.
- Koca Y.O., Ereku, O. Sabancı, S., Zeybek A., & Yiğit, A. (2015). Akdeniz kuşağında yetiştirilen arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinde verim unsurları ve tane kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1): 9-15.
- Mut, Z., Sırat A., & Sezer, İ. (2014). Samsun Koşullarında Bazı İki Sıralı Arpa (*Hordeum vulgare conv. distichon*) Genotiplerinde Tane Verimi İle Başlıca Tarımsal Özelliklerin Belirlenmesi ve Stabilitate Analizi. *YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(1), 60-69.
- Öztürk, A., Çağlar, Ö., & Akten, Ş. (1997). Erzurum yöresinde maltlık olarak yetiştirilecek arpa genotiplerinin belirlenmesi. *Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi, Eylül 22-25, Samsun*, 37-41.
- Öztürk, A., Çağlar, Ö., & Tufan, A. (2001). Bazı Arpa Çeşitlerinin Erzurum Koşullarına Adaptasyonu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(2), 109-115.
- Pinthus, M.J. (1973). Estimates of Genotypic Value a Proposed Method. *Euphytica*, 22(1), 121-123.
- Sırat, A., & Sezer, İ. (2017). Baflra Ovasında Yetiştirilen Bazı İki Sıralı Arpa (*Hordeum vulgare conv. distichon*) Çeşitlerinin Verim, Verim Ögeleri ile Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(01), 77-87.
- Sipahi, H., Sayım, İ., Ergün, N., & Çetin, G. (2010). Maltlık Kalitesi Yüksek Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Çeşitlerinin Geliştirilmesi. (Biyoteknoloji iş paketi: İkiye katlanmış haploid bitkilerin üretimi). *Tübitak Projeleri, Maltlık Arpa Geliştirme Projesi (TÜBİTAK1007-KAMAG 105 G 083) 2006-2010*.
- Sırat, A., & Sezer, İ. (2013). Samsun Ekolojik Koşullarında Bazı İki ve Altı Sıralı Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Genotiplerinin Verim ve Verim Unsurları ile Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi*, 23(1), 10-17.
- Sönmez A.C., & Yüksel, S. (2019). İleri Kademe Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Genotiplerinin Verim ve Bazı Fizyolojik Özelliklerinin Eskişehir Koşullarında Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.* 22(Ek Sayı 1), 60-68.
- Sönmez, F., Ülker, M., Yılmaz, N., & Ege, H. (1994). Farklı ekim sıklıklarının bazı kışlık arpa çeşitlerinde verim ve verim ögelerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1), 133-146. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.530281>
- Şentürk, Ş., & Akgün, İ. (2014). Bazı Triticale Genotiplerinin Batı Geçit Bölgesinde Verim ve Verim Unsurlarının Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1), 16-26.
- TÜİK (2019). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. (Erişim Tarihi: 26.02.2020)
- Wricke, G. (1962). Über eine methode zur erfassung der ökologischen streubreite in feldversuchen. *Z. Pflanzenzüchtg*, 47, 92-96.
- Yüksel S., İkincikarakaya Ünver, S., Sönmez, A.C., Belen, S., & Yıldırım, Y. (2017). Eskişehir Ekolojik Koşullarında Bazı Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Hat ve Çeşitlerinin Verim ve Verim Ögeleri Üzerine Bir Araştırma. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 20(Özel Sayı), 252-257. <https://doi.org/10.18016/ksudobil.349240>



## Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

### Burdur Koşullarına Uygun Tane Mısır Çeşit Performanslarının Değerlendirilmesi

Mutlu ŞAHİN<sup>1</sup>, Burhan KARA<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Devlet Su İşleri, 15240, Burdur, Türkiye

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta-Türkiye

\*Sorumlu yazar: burhankara@isparta.edu.tr

#### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 02/06/2021

Kabul tarihi: 27/10/2021

**Anahtar Kelimeler:** *At dişi mısır, Burdur, Performans, Tane verimi*

#### ÖZET

Türkiye’de modern hayvancılığın geliştiği illerden biri olan Burdur’da, iyi bir hayvan yemi olan tane mısır üzerine daha önce bilimsel bir çalışma yapılmamıştır. Araştırma; on adet tane tip at dişi hibrit mısır çeşidinin Burdur koşullarında ana ürün olarak tane verimi ve verimle ilişkili karakterleri araştırmak amacıyla 2019 ve 2020 üretim sezonunda yürütülmüştür. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her iki yılda da incelenen özellikler bakımından çeşitler arasındaki farklar istatistiksel ( $P \leq 0.05$  ve  $P \leq 0.01$ ) olarak önemli olmuş, en yüksek ve en düşük değerler çeşitlere ve yıllara göre değişmiştir. Mısır çeşitlerinin tane verimleri birinci yıl 862.4-1180.3 kg/da, ikinci yıl 846.3-1203.3 kg/da arasında değişmiştir. Her iki yılda da en yüksek tane verimi Gladius ve RX9292 çeşitlerinde ve en düşük Lila ve OSSK596 çeşitlerinde belirlenmiştir. Sonuç olarak, Burdur ekolojik koşullarında tane tip at dişi mısır olarak daha yüksek tane veriminden dolayı Gladius ve RX9292 çeşitleri önerilmektedir.

### Evaluating of the Grain Corn Cultivars Performances Suitable for Burdur Conditions

#### ARTICLE INFO

Received: 02/06/2021

Accepted: 27/10/2021

**Keywords:** *Dent corn, Burdur, Performance, Grain yield*

#### ABSTRACT

Burdur region of Turkey is one of the provinces developed modern animal husbandry, there isn't scientific a research has been conducted on grain corn which is a good animal feed. The research aimed to investigate grain yield and yield component traits of ten grain type hybrid dent corn cultivars as main crop at Burdur conditions in the 2019 and 2020 cropping seasons. The experiment was set up according to the Randomized Complete-Block Design with three replicates. In the study, there were significant differences among the cultivars in terms of the studied characteristics in both years. The highest and the lowest yield values varied depending on cultivars and years. The grain yield of the cultivars varied between 862.4-1180.3 kg/ha in the first year and 846.3-1203.3 kg/ha in the second year. The highest grain yield was determined in Gladius and RX9292 cultivars, while the lowest values were identified in Lila and OSSK596 cultivars in both years. As a result of two consecutive years, two corn cultivars, Gladius and RX9292, are recommended for higher grain production in the Burdur ecological conditions.

#### 1. Giriş

Mısır bitkisi insan gıdası ve endüstri hammaddesi olarak çerezlik, yağ, tatlandırıcı, biyoyakıt-biyoetanol ve kâğıt yapımı vb., hayvan yemi olarak tane, sap ve yaprakları kullanılmaktadır (Özcan, 2009). Mısır Türkiye’de 600 bin hektar olan ekim alanı, 6.5 milyon ton üretim ve 939.2 kg/da ortalama verime sahiptir (TÜİK, 2021). Burdur ilinin toplam 717.500 hektarlık yüzölçümünün 209.828 ha’lık alanı tarım arazisi olup, bunun %44.6’sı sulanmaktadır (Anonim, 2020). Son yıllarda Burdur’da kaliteli hayvan varlığının ırk temelinde ve yerel ırkların yerini kültür ırklarının alması, kaba yem ihtiyacının çok daha hızlı bir şekilde atmasına neden olmaktadır (Anonim, 2020). Kaliteli kaba yem ihtiyacı yüksek yeşil aksam ve tane verimine sahip olan mısır bitkisinin yetiştirilmesi ile karşılanabilir. Bu durum son yıllarda mısır tarımına ilginin artmasına neden olmuştur. Türkiye’nin hemen her bölgesinde mısır yetiştiriciliği yapılmaktadır, ancak değişik ekolojilerde yüksek verim verebilen mısır çeşitlerinin belirlenmesi, düşük verimli eski çeşitlerle yer

değiştirerek birim alandan daha yüksek verim elde edilebilir (Gür & Kara, 2019). Yürütülen araştırmalarda at dişi mısırın tane verimi 552.1-1429.6 kg/da (Kökten & Akçura, 2017), 1232.6-1518.1 kg/da (Kılınç vd., 2018) ve 698.2-1113.3 kg/da (Gür & Kara, 2019) arasında değiştiği bildirilmiştir. Birçok üretici yörede adaptasyon gücü belli olmayan tohumluk firmaları tarafının önerdikleri adaptasyon kabiliyetleri belirlenmemiş mısır çeşitlerini yetiştirmekte ve bazı durumlarda birim alandan daha az ürün olarak verim kaybına uğramaktadırlar. Bu çalışma, Burdur il merkezi koşullarında ana ürün olarak bazı tane tip hibrit at dişi mısır çeşitlerinin verim performanslarını ve koçan özelliklerini araştırmak amacıyla yürütülmüştür.

#### 2. Materyal ve Metot

Bu araştırma, Burdur il merkezi ekolojik koşullarına uygun at dişi tane mısır çeşitlerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada farklı olum gruplarına ait 10 adet tane tip hibrit at dişi mısır çeşidi (Çizelge 1) kullanılmıştır.

Mısır bitkisinin vejetasyon döneminde (2019 ve 2020 yılları Mayıs-Eylül ayları) toplam yağış miktarı 159.3-202.6 mm olup uzun yıl ortalama verilerinden yüksek bulunmuştur. Ortalama sıcaklık 21.1-21.2 °C ve nispi nem oranı %35.8-38.8 olmuştur (Çizelge 2).

Deneme alanı düşük verimli sayılabilecek toprak özelliklerini içermektedir. Her iki yılda da ekimden önce yapılan toprak analizlerinde (0-90 cm), toprak tekstürü killi tınlı, alkali (%8.02-8.09), kireç oranı yüksek (%35.41-31.55) ve organik maddece düşük (1.03-1.23) olduğu tespit edilmiştir.

Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak planlanmış, parsel sıra uzunluğu 5 m ve 4 sıra olarak 07 Mayıs 2019 ve 10 Mayıs 2020 tarihlerinde kurulmuştur.

Çizelge 2. Deneme alanlarına ait iklim verileri\*

Table 2. Climatic data belong to experiment areas

İklim faktörleri	Yıllar	Aylar						Toplam / Ortalama
		Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	
Yağış (mm)	2019	25.2	81.3	9.2	0.8	17.2	25.6	159.3
	2020	102.2	36.2	4.0	22	5.8	32.4	202.6
	Uzun yıllar	44.1	28.8	13.8	9.63	15.0	17.4	128.7
Ortalama sıcaklık (°C)	2019	17.9	21.5	24.2	25.3	20.8	16.4	21.1
	2020	16.7	20.4	26.9	25.4	23.4	14.4	21.2
	Uzun yıllar	16.3	21.05	24.7	24.5	20.2	13.2	20.0
Nispi nem (%)	2019	39.7	45.9	34.1	31.9	38.0	25.1	35.8
	2020	43.8	41.6	30.6	32.4	36.2	48.4	38.8
	Uzun yıllar	55.0	48.6	41	41.74	46.4	47.1	46.6

\* Burdur Meteoroloji İstasyonu İklim Verileri

Önceki yıl buğday ekili alan pullukla sürülerek denemenin kurulduğu Mayıs ayına kadar boş bırakılmış, ekimden önce ikileme ve rotovator ile toprak ekime hazır hale getirilmiştir. Tohumlar 70 cm×20 cm aralığında 5-6 cm derinliğe iki adet tohum ekilmiş ve çıkıştan sonra tekleme yapılmıştır. Ekimden sonra parsellere damla sulama boruları döşenerek tohumlar çıkış yapıcaya kadar ve gelişmenin sonraki dönemlerinde toprak nem düzeyi kontrol edilerek bitki suya ihtiyaç duyduğu zamanlarda damlama sulama yöntemi ile sulanmıştır.

Toprak analiz sonuçlarına göre saf olarak 20 kg/da azot amonyum sülfat formunda ve 8 kg/da fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) uygulanmıştır (Özkan & Ülger, 2011). Ekimle birlikte taban gübresi olarak azotun yarısı fosforun tamamı verilmiş, kalan yarısı boğaz doldurmadan sonra bitki diz boyu (35-40 cm) döneminde üst gübre olarak uygulanmıştır.

Hasat işlemi çeşitlerin olgunlaşma zamanlarına göre 15-25 Ekim 2019 ve 18-29 Ekim 2020 tarihlerinde tam olum döneminde yapılmıştır. Bu amaçla, tane neminin %15 olduğu zaman dikkate alınarak kenarlardaki iki sıra ile parsel başlarından 50 cm'lik kısımlar, kenar tesirleri atılarak atılmış ve kalan bitkilerin koçanları elle kopararak 1 hafta kurutulmuş ve tane nemi %12-13'e kadar indirilmiş ve taneler ayrılmıştır.

Verim ve verimi etkileyen bileşenler her çeşitte ve üç tekerrürlü olarak yapılmıştır. Bunun için 15 mısır koçanın

Çizelge 1. Mısır çeşitleri ve olum grupları

Table 1. Maize cultivars and maturity periods

Çeşitler	FAO olum grubu	Tane tipi
71 MAY 99	650	Tanelik-Silajlık
72 MAY 80	700	Tanelik
RX9292	700	Tanelik-Silajlık
Gladius	700	Tanelik-Silajlık
P1570	700	Tanelik
Kontigos	600	Tanelik
Kalumet	700	Tanelik-Silajlık
Kebeos	700	Tanelik
Lila	650	Tanelik-Silajlık
OSSK596	590	Tanelik

boyu, çapı, ağırlığı koçanda tane sayısı, 1000 tohum ağırlığı ve hektolitre ağırlıkları bilimsel ölçütlere göre yapılmıştır. Verilerin varyans analizleri SAS istatistik paket programından faydalanılarak yapılmış ve ortalamaların önem düzeyleri Duncan testine göre karşılaştırılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Mısır çeşitlerinin tane verimi ve incelenen özellikleri bakımından başak boyu dışında yıllar arasındaki farklar istatistiksel olarak (P≤0.01) önemli bulunmuş ve ikinci yılın ortalama değerleri daha yüksek olmuştur (Çizelge 3, 4). Bu farklılık ikinci yıl deneme alanı toprak veya iklim özelliklerinin farklılığından kaynaklanmış olabilir.

Tane verimi, bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ve incelenen koçan özellikleri bakımından mısır çeşitleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar (P≤0.01) ortaya çıkmış, en yüksek ve en düşük değerler çeşitler ve yıllara göre değişmiştir. Araştırmada 2019 ve 2020 yılları birlikte değerlendirildiğinde, mısır çeşitlerinin, koçan boyları 16.1-21.3 cm ve 16.3-21.0 cm, koçan çapları 43.5-51.6 mm ve 45.6-53.6 mm, koçanda tane sayıları 545.6-672.2 adet/koçan ve 541.3-704.6 adet/koçan, tek koçan ağırlıkları 183.2-277.6 g ve 215.3-329.7 g, bin tane ağırlıkları 223.6-370.3 g ve 298.1-417.0 g, hektolitre ağırlıkları 66.1-76.0 kg/100 L ve 68.6-75.2 kg/100 L ve tane verimleri 862.4-1180.3 kg/da ve 846.3-1203.3 kg/da arasında değişmiştir (Çizelge 3,4). Araştırmada, en yüksek

tane verimleri Gladius ve RX9292 çeşitlerinden, en düşük ise Lila ve OSSK596 çeşitlerinden elde edilmiştir. Tane verimi yüksek olan çeşitlerin koçan özellikleri (koçanda tane sayısı dışında), bin tane ve hektolitre ağırlıklarının yüksek olduğu söylenebilir. Tane verimi düşük olan çeşitlerin (Lila ve OSSK596) özellikle koçanda tane sayılarının en yüksek olduğu ve buna bağlı olarak bin tane ve hektolitre ağırlıklarının en düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Mısırdaki koçan özellikleri tane verimini önemli ölçüde etkilemektedir, fakat koçanın yapısından dolayı uç ve taban kısımlarında bulunan taneler orta kısımdaki tanelere göre daha küçük olmaktadır, bu nedenle özellikle bin tane ve hektolitre ağırlıkları ölçülürken, bu küçük tanelerin oranı değişmektedir. Bu durum verim bileşenleri ile tane verimi arasındaki ilişkilerin farklılık göstermesine neden olmaktadır. Lila ve OSSK596 çeşitleri ile P1570 çeşidinin birinci yılı hariç diğer at dişi mısır çeşitleri Burdur koşullarında 1000 kg/da'ın üzerinde tane verimleri ile Türkiye ortalamasının (939.2 kg/da) üzerinde olduğu tespit edilmiştir (TÜİK, 2021). Mısırdaki yüksek verim kapasitesine sahip hibrit tohumların

kullanımı ve yazlık olarak uygun iklim koşullarında (özellikle sıcaklık) yetiştirilmesinden dolayı Türkiye'nin birçok bölgesinde yüksek verim alınabilmektedir. Türkiye'de önemli mısır yetiştiriciliği yapılan bölgelerde yürütülen çalışmalarda at dişi mısırın tane verimi Harran ovası koşullarında 811.0-1636.0 kg/da (Öktem & Öktem, 2009), Antalya ve Samsun koşullarında sırasıyla, 541.0-978.0 kg/da ve 423.0-608.0 kg/da (Pamukçu vd., 2011), Çukurova koşullarında 848.1-1182.4 kg/da (Öktem & Toprak, 2013), Samsun koşullarında 923.2-1199.1 kg/da (Özata & Kapar, 2013) ve Amik ovası koşullarında 891.1-1312.0 kg/da (Konuskan vd., 2015) arasında değiştiğini bildirilmiştir. Burdur koşullarında at dişi mısır çeşitlerinden birim alandan elde edilen tane verimi, Türkiye'nin önemli mısır üretim bölgelerindeki verim düzeyi aralığında olduğu söylenebilir. Tane verimindeki farklılıklar başta çeşit özelliği olmak üzere ekolojik faktörler ve agronomik işlemlerden kaynaklanabilir (Öz vd., 2008; Pamukçu vd., 2011; Sakin vd., 2016; Öztürk & Büyükgöz, 2021).

Çizelge 3. At dişi mısır çeşitlerinin bazı koçan özelliklerine ait ortalamalar

Table 3. Means belong to some ear characteristics of dent corm cultivars

Çeşitler	Koçan boyu (cm)		Koçan çapı (mm)		Koçanda tane sayısı (adet/koçan)		Tek koçan ağırlığı (g)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
71 MAY 99	18.6 bc	21.0 a	48.0 cd	50.6 bc	584.1 f	566.7 cd	248.0 bc	267.0 bcd
72 MAY 80	19.5 b	19.6 ab	44.3 fg	47.0 de	595.6 ef	592.0 c	277.6 de	272.7 bc
RX9292	21.3 a	19.3 bc	47.3 de	50.1 bc	626.3 dc	580.2 c	258.3 ab	329.7 a
Gladius	18.0 cde	15.6 e	51.6 a	53.6 a	644.1 bc	541.3 d	271.6 a	309.6 ab
P1570	17.0 def	16.3 e	46.3 de	49.3 cd	586.7 f	694.3 ab	198.0 f	240.3 cde
Kontigos	16.6 ef	17.6 d	49.6 bc	50.6 bc	545.6 g	580.7 c	214.7 e	260.7 b-e
Kalumet	17.3 c-f	17.7 d	50.6 ab	52.3 ab	603.3 def	689.0 ab	240.3 dc	276.6 bc
Kebeos	18.1 cde	18.2 cd	49.6 bc	50.3 bc	672.2 a	704.6 a	232.1 d	255.7 cde
Lila	16.1 f	16.6 de	45.7 ef	49.0 cd	653.0 ab	682.0 ab	183.2 g	215.3 e
OSSK596	18.4 bcd	19.3 bc	43.5 g	45.6 e	618.7 de	670.3 b	197.2 fg	222.3 de
Yıllar	18.1 <sup>öd</sup>	18.4	47.7 B**	49.9 A	613.0B**	630.1 A	227.1 B**	264.9 A
F değeri	16.59**	26.38**	34.79**	15.13**	40.88**	70.28**	62.58**	8.56 **
VK (%)	3.63	3.20	2.66	2.08	2.92	3.07	2.77	7.95

\*\* : P<0.01 düzeyinde önemli, öd: Önemli değil

Çizelge 4. At dişi mısır çeşitlerinin bin tane ve hektolitre ağırlıkları ile tane verimi ortalamaları

Table 4. Means of thousand grain, hectoliter weigh and grain yield of dent corm cultivars

Çeşitler	1000 tane ağırlığı (g)		Hektolitre ağırlığı (kg/100 L)		Tane verimi (kg/da)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
71 MAY 99	344.6 c	379.6abc	73.6 ab	74.6 ab	1058.1 b	1055.0 c
72 MAY 80	343.7 c	393.0 ab	69.3 cd	72.6 bc	1001.3 bc	1044.6 cd
RX9292	370.3 a	417.0 a	76.0 a	75.0 a	1144.7 a	1099.7 b
Gladius	357.2 b	413.6 ab	74.0 ab	75.2 a	1180.3 a	1203.3 a
P1570	316.7 e	340.1 cde	72.1 bcd	72.7 bc	887.3 de	1015.3 cd
Kontigos	357.3 b	400.3 ab	69.2 de	70.2 de	947.4 cd	1024.1 cd
Kalumet	331.4 d	370.7 bcd	71.0 bcd	72.0 cd	1037.0 b	1058.6 bc
Kebeos	324.0 de	331.0 de	72.3 bcd	72.3 c	1017.4 bc	1005.4 d
Lila	223.6 g	312.3 e	70.4 cd	69.0 e	862.4 e	846.3 e
OSSK596	284.7 f	298.1 e	66.1 e	68.6 e	887.6 de	872.5 e
Yıllar	329.7 B**	365.6 A	71.3 B**	72.2 A	1000.9B**	1021.5 A
F değeri	124.48**	14.83**	14.85**	17.45**	40.44**	88.39**
VK (%)	3.55	5.24	3.82	2.35	6.93	8.97

\*\* : P<0.01 düzeyinde önemli

#### 4. Sonuç

Burdur ekolojik koşullarında, bazı at dişi mısır çeşitlerinin tane verimleri, bin tane ağırlıkları, hektolitreye ağırlıkları ve koçan özellikleri arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir. Çeşitlerin tane verimleri 846.3 kg/da ile 1203.3 kg/da arasında değişmiştir. Araştırmada, Lila ve OSSK596 çeşitlerinin her iki yılda, P1570 çeşidinin birinci yılı hariç tane verimleri Türkiye ortalamasının altında olmuştur. Bu çeşitler dışındaki diğerlerinin tane verimi Türkiye ortalamasının üstünde tespit edilmiştir. İki yıllık sonuçlara göre, Burdur ekolojik koşullarında Lila ve OSSK596 dışında tüm çeşitlerin yetiştirilebileceği, ancak en yüksek tane verimlerine sahip Gladius ve RX9292 çeşitlerinin önerilebilir olduğu sonucuna varılmıştır.

#### 5. Teşekkür

Çalışmada kullanılan çeşitlerin temin edildikleri firmalardan araştırmanın amacı belirtilerek yapılan yazışmalar sonucu izin alınmıştır. Yazarların çalışılan çeşitlerin temin edildikleri firmalar ile "İstihdam, ortaklık, danışmanlıklar, hisse senedi sahipliği, hizmet karşılığı ödenen ücretler, ücretli bilirkişilik, akrabalık veya yakın kişisel ilişkiler" ve benzeri herhangi bir çıkar ilişkisi yoktur. Araştırmada ticari mısır çeşitlerini kullanım izni veren tohumluk firmalarına teşekkür ederiz.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makalenin hazırlanmasında eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

#### 6. Kaynaklar

Anonim (2020). 2020 yılı genel brifingi. <https://burdur.tarimorman.gov.tr/Link/6/II-Brifingi> Erişim tarihi: 29.10.2020.

Gür, İ., & Kara, B. (2019). Trabzon ekolojik koşullarında at dişi hibrit mısır çeşitlerinin performansları. *Black Sea Journal of Agriculture*, 2(2), 103-108.

Kılınç, S., Karademir, Ç., & Ekin, Z. (2018). Bazı mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinde verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(6), 809-816. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.463813>

Konuşkan, Ö., Atış, İ., & Gözübenli, H. (2015). Yield and yield components of some dent maize genotypes grown as main-crop in Amik plain conditions. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20, 1-6.

Kökten, K., & Akçura, M. (2017). Performances of hybrid dent maize cultivars in Bingöl conditions. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilim Enstitüsü Dergisi* 21(1), 261-265. <https://doi.org/10.19113/sdufbed.10071>

Öz, A., Tezel, M., Kapar, H., & Üstün, A. (2008). Samsun ve Konya Şartlarına Uygun Mısır Çeşitlerinin Geliştirilmesi Üzerine Bir Araştırma. *Ülkesel Tahıl Sempozyumu, Konya*, 37-146.

Öktem, A., & Öktem, A. G. (2009). Bazı at dişi hibrit mısır (*Zea mays* L. *indentata*) genotiplerinin Harran Ovası koşullarında performanslarının belirlenmesi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(2), 49-58.

Öktem, A., & Toprak, A. (2013). Çukurova koşullarında bazı at dişi mısır (*Zea mays* L. *indentata*) genotiplerinin verim ve morfolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(4), 15-24.

Özata, E., & Kapar, H. (2013). Bazı at dişi hibrit mısır (*Zea mays indentata* Sturt) genotiplerinin Samsun koşullarında kalite ve performanslarının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6, 19-26.

Özcan, S. (2009). Modern dünyanın vazgeçilmez bitkisi mısır: Genetiği değiştirilmiş (Transgenik) mısırın tarımsal üretime katkısı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 2(2), 1-34.

Özkan, A., & Ülger, A.C. (2011). Çukurova ekolojik koşullarında değişik azot dozu uygulamalarının iki cin mısır (*Zea mays* L. *everta* Sturt.) çeşidinde tane verimi ve bazı tarımsal özelliklere etkisi. *Yüzyüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(3), 198-208.

Öztürk, A., & Büyükgöz, A. (2021). Trabzon iline ait bazı yerel mısır populasyonlarının agronomik performansları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52 (1), 67-80. <https://doi.org/10.17097/ataunizfd.768620>

Pamukçu, M., Erdal, G., Savur, O., Toros, A., & Özata, E. (2011). Beyaz Hibrit Mısır Aday Çeşitlerinin Antalya ve Samsun Koşullarında Performanslarının Değerlendirilmesi. *Türkiye 9. Tarla Bitkileri Kongresi, Bursa*.

Sakin, M. A., Bozdağ, M., & Çakar, Ş. (2016). Tokat Kazova ve Zile ana ürün koşullarında yetiştirilen melez at dişi mısır (*Zea mays indentata* L.) çeşitlerinin verim ve verim özelliklerinin belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25, 87-93. <https://doi.org/10.21566/tarbitderg.280240>

TÜİK (2021). Bitkisel üretim istatistikleri. Türkiye istatistik kurumu. <https://tuik.gov.tr/>. Erişim tarihi: 02.02.2021.



## Afyonkarahisar İlinde Patates Üreticilerinin Sosyo-Demografik Özellikleri ve Pazarlama Sorunları

Bektaş KADAKOĞLU<sup>1\*</sup>, Bahri KARLI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, Isparta-Türkiye

\*Sorumlu yazar: bektaskadakoğlu@isparta.edu.tr

### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 23/09/2021

Kabul tarihi: 27/10/2021

**Anahtar Kelimeler:** Afyonkarahisar, Patates, Pazarlama sorunları, Sosyo-demografik, Tarımsal pazarlama,

### ÖZET

Bu çalışmada, Afyonkarahisar ili; Sandıklı ve Şuhut ilçelerinde patates üretiminin yoğun olarak yapıldığı yerlerde patates üreten işletmelerin sosyo-demografik yapısı ve pazarlama sorunları ortaya konularak, bu sorunlara yönelik öneriler üzerinde durulmuştur. Çalışmadaki işletmeler tabakalı tesadüfi örnekleme yöntemine göre belirlenmiştir. Ana materyale ait veriler 2019 üretim döneminde patates üretimi yapan 79 adet işletmeden yüz yüze anket yöntemi ile elde edilmiştir. Araştırma bulgularına göre; ortalama işletme genişliği 34.67 dekar, üreticilerin ortalama yaşı 47.65 yıl, ortalama eğitim seviyeleri 8.27 yıl, çiftçilik deneyim süreleri 25.78 yıl, patates üretim deneyim süreleri 19.14 yıl ve işletmelerin ortalama hane genişliği 5.07 kişi olduğu belirlenmiştir. İşletmelerin %83.54'ünün patates pazarlamasında sorun yaşadığı ve bu sorunların temel nedeninin karşılıksız çekler ve paralarının ödenmemesi (%68.18) olduğu belirlenmiştir. Patates üreticilerinin eğitim seviyelerinin ve patates üretim deneyim sürelerinin yüksek olması sebebiyle üreticilere üretim ve pazarlama konusunda eğitimler verilmesi durumunda, üretimden satışa kadar geçen her aşamada daha verimli bir patates üretimi gerçekleştirilebilir. Ayrıca, devlet kurum ve kuruluşlarının uygun zamanlarda patates alımı yapması, bölge halkı için önemli bir geçim kaynağı ürünü olan patatesin pazarlama esnasında ortaya çıkabilecek sorunları azaltacağı düşünülmektedir.

## Socio-Demographic Characteristics and Marketing Problems of Potato Producers in Afyonkarahisar Province

### ARTICLE INFO

Received: 23/09/2021

Accepted: 27/10/2021

**Keywords:** Afyonkarahisar, Potatoes, Marketing problems, Socio-demographic, Agricultural marketing,

### ABSTRACT

In this study, it was emphasized that the socio-demographic structure and marketing problems of potato producing enterprises in Afyonkarahisar province, Sandıklı and Şuhut districts, where potato production is intense, and propose suggestions for these problems. The enterprises were determined according to the stratified random sampling method. The data of the main material were obtained by face-to-face survey method from 79 enterprises producing potatoes in the 2019 production period. According to the research findings, It has been determined that the average farm width, age of producers, education level are 34.67 decares, 47.65 years, and 8.27 years, respectively. The farming and potato production experience period 25.78 years and 19.14 years, respectively. The average household size of the enterprises was 5.07 people. It was determined that 83.54% of the enterprises in potato marketing possessed problems that were primarily bad checks and non-payment of their money (68.18%). Due to the high level of education and potato production experience of potato producers, more efficient potato production is likely to eventuate at every stage from production to sales, provided that the producers are trained on production and marketing. In addition, it is considered that the state institutions and organizations purchasing potatoes at appropriate times will reduce the problems that may arise during the marketing of potatoes, which is a significant source of income for the people living in the region.

### 1. Giriş

Patates bitkisel ürünler içerisinde tarımsal sanayi için temel hammadde kaynağı olarak kullanılan endüstri bitkileri grubunda nişasta ve şeker bitkileri içerisinde değerlendirilmektedir. Endüstri bitkileri; nişasta ve şeker bitkileri, yağlı tohum bitkileri, tıbbi ve aromatik bitkiler, keyif bitkileri ve lif bitkileri şeklinde sınıflandırılmaktadır (Oral & Şengül, 2013). Türkiye’de 2019 yılında 2.07 milyon hektar alanda endüstri bitkileri üretimi yapılmış olup endüstri bitkilerinin toplam tarımsal ekim alanları içerisindeki payı %10.50’dir. Endüstri bitkileri içerisinde ise patates 140 897 hektar alan ve %6.81’lik pay ile

ayçiçeği, pamuk ve şeker pancarından sonra gelmektedir. Afyonkarahisar ili patates ekim alanı bakımından Niğde, üretim miktarı bakımından ise Niğde ve Konya illerinden sonra gelmektedir. Türkiye patates ekim alanlarının %10.36’sı, üretim miktarının ise %10.60’ı Afyonkarahisar ilinde gerçekleşmektedir (TÜİK, 2020a).

Tarımsal pazarlama, ürünlerin üreticiden tüketiciye ulaşıncaya kadar geçen süreçte; arz, talep, fiyat ve masraf faktörlerinin zamansal, yersel ve şekilsel durumlarını incelemekte ve kapsamaktadır. Dolayısıyla tarımsal pazarlama hem üretim faaliyetinin hem ürünlerin satış



organizasyonunun hem de ürün fiyatlarının oluşumunda rol oynamaktadır (Güneş, 1996).

Dünyada ve Türkiye’de patates işletmelerinin sosyo-ekonomik özelliklerinin belirlendiği ve pazarlamasının ele alındığı çalışmalar literatürde bulunmaktadır (Konak & Işıklı, 1985; Pandit vd., 2003; Şahin, 2003; Timpanaro, 2003; Tunçtürk vd., 2007; Çalışkan vd., 2010; Tok & Davran, 2010; Hameed & Sawicka, 2017; Schulte-Geldermann, 2017; Kınıklı vd., 2019; Imani vd., 2021; Jahan vd., 2021).

Ancak, bölgede patates üreten işletmelerin sosyo-demografik özelliklerinin, mevcut pazar yapısının ve pazarlama sorunlarının belirlendiği herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma ile önemli bir patates üretim bölgesi olan Afyonkarahisar ilindeki patates işletmelerinin sosyo-demografik özellikleri irdelenmiş, patates pazarlamasında yaşanan sorunlar ortaya konulmuştur.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Araştırmanın ana materyalini, Afyonkarahisar ili Sandıklı ve Şuhut ilçelerinde üretim yapan 79 patates üreticisinden elde edilen veriler oluşturmaktadır. Araştırmanın verileri yüz yüze anket yöntemiyle elde edilmiştir. Anket görüşmeleri 2020 yılında gerçekleştirilmiş olup veriler 2019 yılı üretim dönemini kapsamaktadır. Araştırmanın ikincil verilerini ise Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB), Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK)’ndan elde edilen veriler ile konu ile ilgili olarak ulusal ve uluslararası alanda önceden yapılmış araştırma, yayın, rapor, belge ve inceleme sonuçları oluşturmaktadır.

### 2.2. Yöntem

Afyonkarahisar ili Sandıklı ve Şuhut ilçe Tarım ve Orman Müdürlüklerinin kayıtlarından elde edilen bilgiler doğrultusunda Afyonkarahisar ili toplam patates ekim alanı (%55.04) ve üretim miktarı (%53.89) bakımından ilk iki sırada yer alan Sandıklı ve Şuhut ilçeleri araştırma bölgesi olarak belirlenmiştir. Anket görüşmesi yapılacak örnek işletme sayısının belirlenmesinde tabakalı örnekleme yöntemlerinden Neyman Yöntemi kullanılmıştır (Yamane, 2001). Ana kitleyi temsil edecek örnek sayısı “1” numaralı eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$n = \frac{(\sum N_h S_h)^2}{N^2 + D^2 + \sum N_h S_h^2} \quad (1)$$

Eşitlikte: n: örnek hacmini, N: Ana kitledeki toplam birim sayısını, N<sub>h</sub>: h. tabakadaki birim sayısını, S<sub>h</sub>: h. tabakanın standart sapmasını, S<sub>h</sub><sup>2</sup>: h. tabakanın varyansını, D<sup>2</sup>: d<sup>2</sup>/z<sup>2</sup>, d<sup>2</sup>: ana kitle ortalamasından izin verilen hata miktarını, (ortalama %10 sapma), z<sup>2</sup>: izin verilen güvenlik sınırının dağılım tablosundaki değerini (%99 güven sınırı öngörülmüştür) göstermektedir. Ana kitleyi temsil eden örnek sayısı 79 olarak hesaplanmıştır.

İşletmeler hesaplanan örnek sayısından hareketle popülasyondan tesadüfi olarak seçilmiştir. İşletmeler

patates ekim alanı genişliklerine göre üç tabakaya ayrılmıştır. İşletmeleri tabakalara dağıtımını “2” numaralı eşitlik yardımıyla yapılmıştır (Çiçek & Erkan, 1996).

$$n_h = \frac{N_h S_h}{\sum N_h S_h} \times n \quad (2)$$

Eşitlikte: N<sub>h</sub>: her tabakaya seçilen örnek sayısı, n: toplam örnek sayısını ifade etmektedir.

Hesaplama sonucuna göre I. tabaka 20 işletme (25.00 dekar ve altı), II. tabakada 13 işletme (25.01-75.00 dekar arası) ve III. tabakada 46 işletme (75.01 dekar ve üzeri) olmak üzere toplamda 79 işletme üç tabakaya ayrılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. İşletmelerin sosyo-demografik özellikleri

İşletmelerde patates üreticilerinin ortalama yaşı 47.65 yıl olarak belirlenmiştir. I. tabakada işletmeci yaşı 53.55 yıl, II. tabakada 45.54 yıl ve III. tabakada 45.67 yıl olarak tespit edilmiştir. İşletmelerde üreticilerin ortalama eğitim düzeyi 8.27 yıl olarak belirlenmiştir. I. tabakada üretici eğitim düzeyi 7.00 yıl, II. tabakada 7.92 yıl ve III. tabakada 8.91 yıl olarak tespit edilmiştir. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı’nın (UNDP, 2020) raporuna göre 2019 yılında Türkiye’de ortalama eğitim seviyesinin 8.10 yıl olduğu bildirilmiştir. Buna göre görüşülen işletmelerdeki patates üreticilerinin eğitim düzeyi Türkiye ortalamasının üzerinden yer almaktadır. İşletme ölçeği arttıkça patates üreticilerinin eğitim seviyesinin arttığı belirlenmiştir. Üreticilerin ortalama çiftçilik deneyim süresi 25.78 yıl, I. tabakada 28.05 yıl, II. tabakada 24.46 yıl ve III. tabakada 25.17 yıl olarak tespit edilmiştir. Üreticilerin patates faaliyet kolunda ortalama deneyim süresi 19.14 yıl, I. tabakada 19.50 yıl, II. tabakada 18.77 yıl ve III. tabakada 19.09 yıl olarak belirlenmiştir (Çizelge 1).

Afyonkarahisar ili Sultandağı ve Çay ilçelerinde, Konya ili Akşehir ve Doğanhisar ilçelerinde yapılan bir çalışmada, vişne üretimi yapan işletmecilerin ortalama yaşını 46.07 yıl, eğitim sürelerini 8.63 yıl, çiftçilik deneyim sürelerini 18.70 yıl ve vişne deneyim sürelerini 18.29 yıl olarak tespit etmiştir (Gül & Öktem, 2017). Üreticilerin yaş ve eğitim durumlarının benzer olduğu bulunmuştur. Çiftçilik deneyim süresi ise diğer çalışmaya göre (Gül & Öktem, 2017) yüksek bulunmuştur.

Çizelge 1. İşletmelerde üreticinin yaşı, eğitim durumu ve deneyimi

Table 1. The age, education and experience of the farmers in enterprises

Tabaka	Yaş	Eğitim	Çiftçilik deneyimi	Patates deneyimi
I	53.55	7.00	28.05	19.50
II	45.54	7.92	24.46	18.77
III	45.67	8.91	25.17	19.09
İÖ	47.65	8.27	25.78	19.14

İşletmelerde ortalama hane halkı büyüklüğü 5.07 kişidir. Ortalama hane halkı büyüklüğü I. tabakadaki işletmelerde 4.00 kişi, II. tabakadaki işletmelerde 5.15 kişi, III. tabakadaki işletmelerde 5.52 kişi olarak tespit edilmiştir.

İşletme ölçeği arttıkça işletmelerde hane halkı büyüklüğünün arttığı belirlenmiştir (Çizelge 2).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2020b) verilerine göre 2019 yılında Türkiye’de ortalama hane halkı büyüklüğü 3.35 kişi, Afyonkarahisar ilinde ise 3.39 kişi olarak bildirilmiştir. Araştırma bulgusuna göre görüşülen işletmelerin hane halkı büyüklüğü Türkiye ve Afyonkarahisar ili ortalamasından yüksek olduğu bulunmuştur. Bunun nedeni ise kırsal alanda hane halkı büyüklüğünün kentlere göre daha yüksek olması ve araştırmanın kırsal alanda yapılmış olmasından kaynaklanmaktadır.

İşletmelerin hane halkı nüfusunun %50.10’unu erkekler, %49.90’ını kadınlar oluşturmaktadır. İşletmeler ortalamasında hane halkı büyüklüğünün %5.52’si 0-6 yaş, %18.15’i 7-14 yaş, %45.96’sı 15-49 yaş, %30.37’si ise 50 yaş ve üzerindedir (Çizelge 2). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2020c) verilerine göre 2019 yılında araştırma bölgesi olan Afyonkarahisar ili Sandıklı ve Şuhut ilçe nüfuslarının %49.87’si 15-49 yaş grubunda, %27.44’ü ise 50 ve üzeri yaş grubunda yer aldığı bildirilmiştir.

Çizelge 2. İşletmelerde yaş gruplarına göre aile nüfusu  
Table 2. Family population by age groups in enterprises

Tabaka	0-6	7-14	15-49	50+	Kadın	Erkek	Toplam
	N (kişi)						
I	0.30	0.35	1.60	1.75	2.20	1.80	4.00
II	0.31	1.00	2.46	1.38	2.46	2.69	5.15
III	0.26	1.15	2.61	1.50	2.70	2.82	5.52
İÖ	0.28	0.92	2.33	1.54	2.53	2.54	5.07
Oran (%)							
I	7.50	8.75	40.00	43.75	55.00	45.00	100.00
II	6.02	19.42	47.77	26.79	47.77	52.23	100.00
III	4.71	20.83	47.28	27.18	48.91	51.09	100.00
İÖ	5.52	18.15	45.96	30.37	49.90	50.10	100.00

İşletmelerde hane halkının %2.30’unun okuma yazma bilmediği, %6.05’inin ise okuma yazma bildiği, fakat herhangi bir eğitim düzeyine sahip olmadığı belirlenmiştir. İşletmelerde hane halkının %36.74’ü ilkokul mezunu, %32.15’i ortaokul mezunu, %19.83’ü lise mezunu, %0.63’ü ön lisans mezunu ve %2.30’u lisans mezunu olduğu tespit edilmiştir. İşletme ölçeği arttıkça işletmelerde hane halkının eğitim seviyesinin arttığı belirlenmiştir (Çizelge 3).

Akçapınar (2007) tarafından yapılan çalışmada, işletme nüfusunun %6.09’unun okuryazar olmadığı, %54.48’inin ilkokul mezunu, %14.21’inin ortaokul mezunu, %13.88’inin lise mezunu, %3.05’inin ise ön lisans ve lisans mezunu olduğunu bildirmiştir.

Karamürsel (2010) tarafından yapılan çalışmada, işletme nüfusunun %2.41’inin okuryazar olmadığı, %58.98’inin ilk ve ortaokul mezunu, %27.61’inin lise mezunu, %10.19’unun ise ön lisans ve lisans mezunu olduğunu bildirmiştir.

Tüm işletmelerin cep telefonuna sahip olduğu tespit edilmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2020d) verilerine göre 2019 yılında Türkiye’de cep telefonu

Araştırma bulgusu ile araştırma bölgesinin TÜİK verileri birbirine yakın bulunmuştur.

Akçapınar (2007) tarafından Afyonkarahisar ili Şuhut ilçesinde yapılan çalışmada, sulu tarım yapan işletmelerin işletme başına nüfusu 5.91 kişi bulunmuştur. Nüfusun %68.70’ini 15-49 yaş aralığındaki genç ve aktif nüfustan oluştuğunu bildirmiştir. Toplam nüfusun %51.44’ü erkek, %48.56’sı kadınlardan oluşmaktadır.

Karamürsel (2010) tarafından Afyonkarahisar ili Sultandağı ve Çay ilçelerinde yapılan çalışmada, erik işletmelerinin işletme başına nüfusu 4.01 kişi bulunmuştur. Nüfusun %55.11’ini 15-49 yaş aralığındaki genç ve aktif nüfustan oluştuğunu bildirmiştir. Toplam nüfusun %51.12’si erkek, %48.88’i kadınlardan oluşmaktadır.

Öktem (2018) tarafından yapılan çalışmada, işletme başına nüfusu 4.16 kişi bulunmuştur. Nüfusun %62.89’unun 15-49 yaş aralığında, %17.60’ının 50 yaş ve üzerinde olduğunu bildirmiştir. Toplam nüfusun %54.70’i kadın, %45.30’u erkeklerden oluşmaktadır.

sahiplik oranı %98.70 olarak bildirilmiştir. İşletmelerde kredi kartına sahiplik oranı %94.94 olarak belirlenmiştir. I. tabakada %95.00, II. tabakada %92.31 ve III. tabakada %95.65 olarak tespit edilmiştir. İşletmelerde otomobil sahiplik oranı %91.14 olarak belirlenmiştir. I. tabakada %100.00, II. tabakada %92.31 ve III. tabakada %86.96 olarak tespit edilmiştir. İşletmelerde bilgisayar sahiplik oranı %45.57 olarak belirlenmiştir. I. tabakada %25.00, II. tabakada %23.08 ve III. tabakada %60.87 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2020d) verilerine göre 2019 yılında Türkiye’de taşınabilir bilgisayar sahiplik oranı %48.70 olarak bildirilmiştir. Bilgisayar sahiplik durumunun araştırma bulguları ile Türkiye ortalaması birbirine yakın bulunmuştur. İşletmelerde internet sahiplik oranı %46.84 olarak belirlenmiştir. I. tabakada %25.00, II. tabakada %23.08 ve III. tabakada %63.04 olarak tespit edilmiştir.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2020d) verilerine göre 2019 yılında Türkiye’de hanelerde internet erişimi %88.30 olarak bildirilmiştir. Araştırma kırsal alanda yapıldığı için işletmelerin internete erişimleri kısıtlıdır. Bu sebeple internet sahiplik oranları düşüktür. Araştırma bulgusuna

göre işletmelerde bilgisayar ve internet sahiplik oranlarının birbirlerine yakın olduğu belirlenmiştir.

İşletmelerin %89.97'sinin sosyal güvencelerinin olduğu, %10.13'ünün ise sosyal güvencelerinin olmadığı tespit

edilmiştir. Sosyal güvence durumu, I. tabakada %90.00, II. tabakada %92.31 ve III. tabakada %89.13 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 3. İşletmelerdeki nüfusun eğitim düzeyi  
Table 3. Education level of the population in enterprises

Tabaka	Okuryazar değil	Okuryazar	İlkokul	Ortaokul	Lise	Ön lisans	Lisans	Toplam
	N (kişi)							
I	0.25	0.25	1.75	0.85	0.55	0.00	0.05	3.70
II	0.15	0.15	2.15	1.62	0.77	0.00	0.00	4.84
III	0.04	0.35	1.65	1.83	1.17	0.04	0.17	5.25
İÖ	0.11	0.29	1.76	1.54	0.95	0.03	0.11	4.79
Oran (%)								
I	6.76	6.76	47.30	22.97	14.86	0.00	1.35	100.00
II	3.10	3.10	44.42	33.47	15.91	0.00	0.00	100.00
III	0.76	6.67	31.43	34.85	22.29	0.76	3.24	100.00
İÖ	2.30	6.05	36.74	32.15	19.83	0.63	2.30	100.00

Çizelge 4. İşletmelerin çeşitli varlıklara sahiplik durumlarının payları

Table 4. The status of ownership of various assets of enterprises

Tabaka	Cep telefonu	Kredi kartı	Otomobil	Bilgisayar	İnternet
	Oran (%)				
I	100.00	95.00	100.00	25.00	25.00
II	100.00	92.31	92.31	23.08	23.08
III	100.00	95.65	86.96	60.87	63.04
İÖ	100.00	94.94	91.14	45.57	46.84

Sosyal Güvenlik Kurumu'nun (SGK, 2021) verilerine göre 2019 yılında Türkiye nüfusunun %85.00'inin sosyal güvencesinin olduğu bildirilmiştir. Ayrıca Türkiye'de 2019 yılında toplam sosyal sigortalıların (aktif sigortalılar, pasif sigortalılar ve bunlara bağımlı olan kişiler) sayısının 70 284 660 kişi, Afyonkarahisar ilinde toplam sigortalıların sayısının 640 678 kişi ve Afyonkarahisar ilinin nüfusunun %87.83'ünün sosyal güvencesi olduğu bildirilmiştir. Araştırma bulguları ile Türkiye ve Afyonkarahisar ili ortalamaları birbirine yakın bulunmuştur.

Çizelge 5. İşletmecilerin sosyal güvence durumu

Table 5. Social security status of the entrepreneurs

Tabaka	Var	Yok	Toplam
	Oran (%)		
I	90.00	10.00	100.00
II	92.31	7.69	100.00
III	89.13	10.87	100.00
İÖ	89.87	10.13	100.00

İşletmelerin %26.58'sinin sosyal güvenlik kapsamında emekli olduğu, %73.42'sinin ise emekli olmadığı tespit edilmiştir. Emeklilik durumu, I. tabakada %50.00, II. tabakada %7.69 ve III. tabakada %21.74 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 6).

Türkiye'de 2019 yılında emekli sayısı 12 977 719 kişidir ve emeklilerin toplam ülke nüfusa oranı %15.61'dir. Afyonkarahisar ilinde ise 2019 yılında emekli sayısı 118 687 kişidir ve emeklilerin toplam il nüfusuna oranı %16.27'dir (SGK, 2021). Araştırma bulgularının Türkiye

ve Afyonkarahisar ili ortalamasının üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Emeklilik durumları tabakalara göre incelendiğinde en yüksek oran I. tabakadaki işletmelerde, en düşük oran II. tabakadaki işletmelerde olduğu belirlenmiştir. Bu durum I. tabakadaki işletmecilerin yaş ortalamalarının yüksek olması ve II. tabakadaki işletmecilerin yaş ortalamasının düşük olmasıyla açıklanabilir.

Çizelge 6. İşletmecilerin emeklilik durumu

Table 6. Retirement status of entrepreneurs

Tabaka	Evet	Hayır	Toplam
	Oran (%)		
I	50.00	50.00	100.00
II	7.69	92.31	100.00
III	21.74	78.26	100.00
İÖ	26.58	73.42	100.00

İşletmelerin %27.85'inin tarım sektörü dışında da iş yaptığı belirlenmiştir. Tarım sektörü dışında iş yapan işletmelerin oranı I. tabakada %45.00, II. tabakada %7.69 ve III. tabakada %26.09 olarak belirlenmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. İşletmelerin tarım dışı iş yapma durumları

Table 7. Non-agricultural business situations of enterprises

Tabaka	Evet	Hayır	Toplam
	Oran (%)		
I	45.00	55.00	100.00
II	7.69	92.31	100.00
III	26.09	73.91	100.00
İÖ	27.85	72.15	100.00

### 3.2. İşletmelerin tarımsal örgütlenme durumu

Tarım ve Orman Bakanlığı'nın verilerine göre Türkiye'de 11 834 adet birim kooperatifi bulunmakta ve bu kooperatiflere üye sayısı 3 616 984 kişidir (Anonim, 2021). Tarım sektöründe yeterli sayıda kooperatifin olduğu görülmektedir.

Türkiye'de tarımsal kooperatiflerin tarımsal ürün ticareti içerisindeki payı yaklaşık %10 olup Avrupa Birliği'nde bu oran %50 seviyelerindedir (Karlı vd., 2018). Türkiye'de tarımsal örgütler sayısal olarak yeterli fakat etkinlik olarak gelişmiş ülkelere göre yetersiz durumdadır. Patates üretiminde de mevcut kooperatifler etkin çalışmamaktadır (Kadakoğlu & Karlı, 2021).

İşletmelerin %63.29'unun kooperatif üyesi olduğu, %36.71'inin ise kooperatif üyesi olmadığı belirlenmiştir. I. tabakadaki işletmelerin %55.00'inin kooperatif üyesi olduğu %45.00'inin kooperatif üyesi olmadığı, II. tabakadaki işletmelerin %38.46'sının kooperatif üyesi olduğu %61.54'ünün kooperatif üyesi olmadığı, III. tabakadaki işletmelerin %73.91'inin kooperatif üyesi olduğu %26.09'unun kooperatif üyesi olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 8).

Çizelge 9. İşletmelerin patates satış yeri  
Table 9. Potato sales place of enterprises

Tabaka	Tarla	Tarla ve Depo	Depo	Toplam
	Oran (%)			
I	80.00	15.00	5.00	100.00
II	84.62	15.38	0.00	100.00
III	52.18	41.30	6.52	100.00
İÖ	64.56	30.38	5.06	100.00

İşletmelerin %17.72'si patatesi peşin, %69.62'si hem peşin hem vadeli, %12.66'sı ise vadeli olarak patatesi satmaktadır. I. tabakadaki işletmelerin 35.00'i peşin, %60.00'i peşin ve vadeli, %5.00'i vadeli, II. tabakadaki

Çizelge 8. İşletmelerin tarımsal kooperatiflere üyelik durumu

Table 8. Membership status of enterprises in agricultural cooperatives

Tabaka	Evet	Hayır	Toplam
	Oran (%)		
I	55.00	45.00	100.00
II	38.46	61.54	100.00
III	73.91	26.09	100.00
İÖ	63.29	36.71	100.00

### 3.3. İşletmelerde patates pazarlama kanalı

Türkiye'de tarımsal pazarlama sistemi ürünler bazında çeşitlilik göstermektedir. Tarımsal ürünlerin pazarlama kanalları kamu kurum ve kuruluşları, tarımsal kooperatifler ve özel sektörden oluşmaktadır. Sistem ağırlıklı olarak özel sektör aracılığıyla işlemektedir (Emeksiz vd., 2005).

İşletmelerin %64.56'sı patatesi tarlada, %30.38'i hem tarlada hem depoda, %5.06'sı ise depodan patatesini satmaktadır. I. tabakadaki işletmelerin %80.00'i tarladan, %15.00'i tarla ve depodan, %5.00'i ise depodan, II. tabakadaki işletmelerin %84.62'si tarladan, %15.38'i tarla ve depodan, III. tabakadaki işletmelerin %52.18'i tarladan, %41.30'u tarla ve depodan, %6.52'si ise depodan patates satışını gerçekleştirmektedir (Çizelge 9).

İşletmelerin %23.08'si peşin, %61.54'ü peşin ve vadeli, %15.38'i vadeli, III. tabakadaki işletmelerin %8.70'i peşin, %76.08'i peşin ve vadeli, %15.22'si ise vadeli patates satışını gerçekleştirmektedir (Çizelge 10).

Çizelge 10. İşletmelerin patates satış şekli  
Table 10. Potato sales forms of enterprises

Tabaka	Peşin	Peşin/Vadeli	Vadeli	Toplam
	Oran (%)			
I	35.00	60.00	5.00	100.00
II	23.08	61.54	15.38	100.00
III	8.70	76.08	15.22	100.00
İÖ	17.72	69.62	12.66	100.00

Türkiye'de yaş meyve ve sebze pazarlamasında dağıtım kanalları ürünlere göre farklılık gösterse de genellikle üretici-aracı-tüketici şeklindedir (Yurdakul, 1998). Aracı olarak adlandırılan bölümde tarım kooperatifleri, perakendeciler, işleyiciler (sanayiciler), toptancılar ve komisyoncular (simsarlar) yer almaktadır.

Tarımsal üretimde üretim alanları ile tüketiciler genellikle birbirlerinden uzaktırlar. Bu durumda tüketicilerin talepleri

belirli araçlar ile üreticilere ulaştırılmaktadır. Tüketicilerin talepleri perakendeci, toptancı, işleyici, tüccar aracılığı ile üreticiye ulaştırılmaktadır (Güneş, 1996). Patates üretiminde de üreticilerin pazarlama tercihleri tüccar, sanayici, komisyoncu, pazarcı ve tüketici şeklindedir. İşletmelerin %68.35'i tüccara, %16.46'sı komisyoncuya, %7.60'ı fabrikaya, %5.06'sı pazarcıya ve %2.53'ü doğrudan tüketiciye patatesini sattığı tespit edilmiştir (Çizelge 11).

Çizelge 11. İşletmelerin patates pazarlama tercihleri  
Table 11. Potato marketing preferences of enterprises

Tabaka	Tüccar	Komisyoncu	Fabrika/Sanayici	Pazarıcı	Tüketici	Toplam
	Oran (%)					
I	60.00	0.00	10.00	20.00	10.00	100.00
II	76.92	0.00	23.08	0.00	0.00	100.00
III	69.57	28.26	2.17	0.00	0.00	100.00
İÖ	68.35	16.46	7.60	5.06	2.53	100.00

İşletmelerin %39.24'ü iyi fiyat vermesinden, %35.44'ü güvenmesinden, %15.19'u peşin ödeme yapmasından, %7.60'ı sözleşmeli üretim olduğu için alıcıyı tercih ettiklerini belirtmişlerdir. İşletmelerin %2.53'ünün ise hem üretici hem satıcı olduğu belirlenmiştir. I. tabakadaki

işletmelerin %30.00'u, II. tabakadaki işletmelerin %38.46'sı alıcıya güvendiği için, III. tabakadaki işletmelerin %52.17'si ise alıcıları iyi fiyat vermesinden dolayı tercih ettiği tespit edilmiştir (Çizelge 12).

Çizelge 12. İşletmelerin alıcıyı tercih etme durumu  
Table 12. The situations in which enterprises prefer the buyer

Tabaka	İyi Fiyat Vermesi	Güvenmesi	Peşin Ödeme Yapması	Sözleşmeli Üretim Olması	Alıcı Kendisi	Toplam
	Oran (%)					
I	25.00	30.00	25.00	10.00	10.00	100.00
II	15.38	38.46	23.08	23.08	0.00	100.00
III	52.17	36.96	8.70	2.17	0.00	100.00
İÖ	39.24	35.44	15.19	7.60	2.53	100.00

### 3.4. İşletmelerde patates pazarlama sorunları

Tarımsal üretimin; doğal koşullara bağlı olması, risk ve belirsizliklerin fazla olması, ürünlerin depolama sürelerinin kısıtlı olması gibi kendine has özelliklerinden dolayı ürünlerin pazarlanmasında birtakım sorunlar ortaya çıkmaktadır.

İşletmelerin %83.54'ünün patatesi pazarlama esnasında sorun yaşadığı, %16.46'sının ise sorun yaşamadığı tespit edilmiştir. I. tabakadaki işletmelerin %50.00'si, II. tabakadaki işletmelerin %76.92'si ve III. tabakadaki işletmelerin ise tamamının sorun yaşadığı belirlenmiştir (Çizelge 13).

Patates pazarlamasında sorun yaşayan işletmeler pazarlama sorunları olarak; çeklerinin karşılıksız çıkması/paralarını alamamaları, işleyicilerin sözleşmeye

uymamaları, bölgede yeterli sayıda alıcıyı bulamamaları ve diğer sorunlar olduğunu belirtmişlerdir. İşletmelerin %68.18'i çeklerin karşılıksız çıktığını ve paralarını alamadıklarını, %18.18'i yeterli sayıda alıcı bulamadıklarını, %4.55'i alıcının sözleşme şartlarına uymadığını ve %9.09'unun diğer sorunlar yaşadığı tespit edilmiştir (Çizelge 14).

Çizelge 13. İşletmelerin patates pazarlamasında sorun yaşama durumları

Tabaka	Evet	Hayır	Toplam
	Oran (%)		
I	50.00	50.00	100.00
II	76.92	23.08	100.00
III	100.00	0.00	100.00
İÖ	83.54	16.46	100.00

Çizelge 14. İşletmelerin pazarlamada yaşadığı sorunların dağılımı  
Table 14. Distribution of problems faced by enterprises in marketing

Tabaka	Karşılıksız Çek/Parasını Alamama	Yeterli Alıcının Bulunmaması	Sözleşmeye Uyulmaması	Diğer Sorunlar	Toplam
	Oran (%)				
I	60.00	20.00	00.00	20.00	100.00
II	60.00	30.00	10.00	0.00	100.00
III	71.73	15.22	4.35	8.70	100.00
İÖ	68.18	18.18	4.55	9.09	100.00

## 4. Sonuç

Araştırma sonucuna göre işletmecilerin ortalama yaşı 47.65 yıldır. Diğer bölgelerde ve farklı üretim faaliyetinde bulunan işletmecilere göre patates üretimi yapan çiftçilerin yaşı daha yüksektir. Bölgede patates üreticilerinin %41.77'si ilköğretim mezunu olup eğitim sürelerini 8.27 yıldır. İşletmelerdeki patates üreticilerinin eğitim düzeyi

Türkiye ortalamasının üzerinden yer almaktadır. Bölgedeki üreticilerin hane genişliği 5.07'dir. Bunların %50.10'u erkek, %49.90'ı ise kadındır. Çalışma sahasındaki üreticilerin patates üretimi deneyim süresi ortalama 19.14 yıldır.

İşletmelerin %83.54'ünün pazarlamada sorun yaşadığını ve bu sorunun temel nedeninin karşılıksız çekler ve

paralarının ödenmemesi (%68.18) olduğu belirlenmiştir. Patates üretimi bölgenin tarımsal üretimi ve bölge halkının geliri için önemli bir üründür. Pazarlama esnasında yaşanan sorunlar üreticilerin gelirinde azalmaya neden olmaktadır. Üretimden satışa kadar geçen her aşamada daha verimli bir üretim için bölgedeki patates üreticilerine üretim ve pazarlama konusunda eğitimler verilebilir. Bunun yanı sıra devlet kurum ve kuruluşları uygun zamanlarda patates alımı yaparsa pazarlama sorunlarının azalacağı düşünülmektedir.

Patates üretimi için özellikle pazara erişim noktasında politikaların oluşturulması ve mevcut politikaların geliştirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca patates üreticileri, patates ürünü özelinde etkin çalışan patates üreticileri birliği veya kooperatifi kurarak üretimlerini ve patatesin pazarlanmasını daha verimli hale getirebilirler.

Son olarak patates bölge halkı için önemli bir geçim kaynağıdır ve üreticilerin karşılaştıkları sorunların çözülmesi hem bölgenin tarımsal üretimi için hem çiftçilerin geliri için önem arz etmektedir.

## 5. Teşekkür

Bu çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2019-YL1-0043 numaralı proje ile desteklenen yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Araştırma için etik kurul izni Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'nun 26/02/2021 tarihli ve 4 numaralı kararı ile alınmıştır.

Bu çalışma XIV. Uluslararası Katılımlı Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresinde sözlü bildiri olarak sunulmuştur. (15-17 Eylül 2021, Aydın, Türkiye)

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makalenin hazırlanmasında eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

## 6. Kaynaklar

- Akçapınar, M. C. (2007). Afyon İli Şuhut Ovası Sulama Organizasyonlarında Sulama Suyu Fiyatlandırma Yaklaşımları ve Üretim Maliyeti Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 117 s.
- Anonim (2021). *Tarımsal Örgütlenme Tablosu*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü. Erişim tarihi: 25.03.2021. <https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/Link/33/Tarimsal-Orgutlenme-Tablosu>.
- Çalışkan, M. E., Onaran, H., & Arıoğlu, H. (2010). Overview of the Turkish potato sector: challenges, achievements and expectations. *Potato Research*, 53(4), 255-266.
- Çiçek, A., & Erkan, O. (1996). *Tarım ekonomisinde araştırma ve örneklem yöntemleri*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Tokat.
- Emeksiz, F., Albayrak, M., Güneş, E., Özçelik, A., Özer, O. O., & Taşdan, K. (2005). Türkiye'de Tarımsal Ürünlerin Pazarlama Kanalları ve Araçlarının Değerlendirilmesi. *VI. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi*, 1155-1172.

- Gül, M., & Öktem, H. (2017). Marketing structure and problems of sour cherry farmers: Afyonkarahisar and Konya province example. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 17(2), 147-156.
- Güneş, T. (1996). *Tarımsal pazarlama*. T.C. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 1467, Ders Kitapları Yayın No: 435, Ankara.
- Hameed, T. S., & Sawicka, B. (2017). Production and marketing problems of potato growers. *International Journal of Current Research*, 9(5), 49729-49732.
- Imani, B., Allahyari, M. S., Bondori, A., Emami, N., & El Bilali, H. (2021). Adoption of organic potato production in Ardabil Plain, Iran: an application of the extended theory of planned behaviour. *Potato Research*, 64(2), 177-195.
- Jahan, S., Hossain, M. A., Habib, M. A., Rimi, S. A., & Islam, M. S. (2021). Marketing problems of potato farmers in Munshigonj District of Bangladesh. *Research in Agriculture Livestock and Fisheries*, 8(1), 33-40.
- Kadakoğlu, B., & Karlı, B. (2021). Türkiye'de patates üretimi, ihracatı ve destekleme politikalarının değerlendirilmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 7-16.
- Karamürsel, D. (2010). Afyon'da Erik Üretimi Yapan İşletmelerin Yapısal Durumu ve Gelişme Olanakları. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 139 s.
- Karlı, B., Gül, M., Kadakoğlu, B., & Karadağ Gürsoy, A. (2018). Türkiye'de tarımda üretici örgütlenmesinin önemi ve gelişimi. *Akademia Sosyal Bilimler Dergisi, (Özel Sayı)*, 318-329.
- Kınıklı, A. G. F., Adanacioğlu, H., Yılmaz, Z. M. C., & Özer, Z. M. G. (2019). Patateste Pazarlama Kanallarına Göre Satış Fiyatlarının Karşılaştırılması: İzmir İli Ödemiş İlçesi Örneği. *XII. IBANESS İktisat, İşletme ve Yönetim Bilimleri Kongreleri Serisi*, 471-476.
- Konak, K., & Işıklı, E. (1985). İzmir'de, özellikle Ödemiş'te, patates üretimi, pazarlaması ve tüketimi üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 63-77.
- Oral, N., & Şengül, H. (2013). Türkiye'de bitkisel üretim. Türkiye'de Tarımın Ekonomi-Politiği, 201-211.
- Öktem, H. (2018). Vişne Üretiminin Ekonomik Analizi ve Pazarlama Yapısı: Afyonkarahisar ve Konya İli Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 150 s.
- Pandit, A., Arora, R. K., & Sharma, H. C. (2003). Problems of potato marketing in India. *Indian Journal of Agricultural Marketing*, 17(2), 79-91.
- Schulte-Geldermann, E. (2017). Potato research in Africa to improve farmers' livelihoods: Priorities in crop improvement, seed system, crop management, nutritional value, policies and marketing. *Potato Research*, 60(3), 287-289.
- SGK (2021). *Sosyal Güvenlik Kurumu, Veri Uygulaması*. Erişim tarihi: 23.03.2021. <https://veri.sgk.gov.tr/>.
- Şahin, K. (2003). Ahlat ilçesinde patatesin pazarlama yapısı üzerine bir araştırma. *Yüzcüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 13(2), 119-125.
- Timpanaro, G. (2003). Economic aspects and problems of the organic early potato production and market in Italy. *Acta Horticulturae*, 608, 109-116.
- Tok, N., & Davran, M. K. (2010). Adana İlinde erkenci patates üreten tarım işletmelerinin sosyo ekonomik yapısı ve sorunları. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 16(2), 67-73.
- Tunçtürk, M., Şahin, K., & Eryiğit, T. (2007). Van ili Erciş ilçesinde patates yetiştiriciliğinin durumu üzerine bir araştırma. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 21(42), 49-54.
- TÜİK (2020a). *Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri*. Erişim tarihi: 05.06.2021. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>.
- TÜİK (2020b). *Türkiye İstatistik Kurumu, İstatistiklerle Aile Araştırması*. Erişim tarihi: 26.03.2021. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=İstatistiklerle-Aile-2019-33730>.
- TÜİK (2020c). *Türkiye İstatistik Kurumu, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları*. Erişim tarihi: 26.03.2021. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>.
- TÜİK (2020d). *Türkiye İstatistik Kurumu, Hanehalkı Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırması*. Erişim tarihi: 23.03.2021. [https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Survey-on-Information-and-Communication-Technology-\(ICT\)-Usage-in-Households-and-by-Individuals-2020-33679](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Survey-on-Information-and-Communication-Technology-(ICT)-Usage-in-Households-and-by-Individuals-2020-33679).
- UNDP (2020). *United Nations Development Programme, Human Development Report 2020, The Next Frontier Human Development*

- And The Anthropocene.* Erişim tarihi: 23.03.2021. <http://hdr.undp.org/en/2020-report>.
- Yamane, T. (2001). *Temel örnekleme yöntemleri*. Çev: Alptekin Esin, Celal Aydın, M. Akif Bakır, Esen Gürbüzel, Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Yurdakul, O. (1998). *Tarım ürünleri pazarlaması*. T.C. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 127, Ders Kitapları Yayın No: A-39, Adana.



## Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

### Farklı Biyopestisitlerin *Mecorhis ungarica* (Herbst, 1784) (Coleoptera: Rhynchitidae) Üzerindeki Lethal Etkileri

Asiye UZUN YİĞİT<sup>1\*</sup>, Sinan DEMİR<sup>2</sup>, Ozan DEMİRÖZER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Isparta -Türkiye

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Isparta -Türkiye

\*Sorumlu yazar: asiyeuzun@isparta.edu.tr

#### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 15/09/2021

Kabul tarihi: 28/10/2021

**Anahtar Kelimeler:** Entomopatojen fungus, mikrobiyal mücadele, gül hortumlu böceği, *Mecorhis ungarica*

#### ÖZET

Gül hortumlu böceği yağ gülü üretim alanlarında ekonomik kayıplara neden olan önemli bir zararlıdır. Bu çalışmada, bu zararlının ergin bireylerine farklı biyopestisitlerin ölümcül etkileri laboratuvar koşullarında araştırılmıştır. Deneme 10 tekerrürlü olarak ve her tekerrürde 5 adet ergin birey olacak şekilde tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. *Beauveria bassiana*'ya ait BIM-001 ve ticari preparatlar %1.5 *Lecanicillium lecani* strain V1-1 (Nibortem), % 1.5 *Beauveria bassiana* strain Bb-1 (Nostalgist) ve Deltamethrin (Delmetrin) kullanılmıştır. Her bir preparat veya izolata ait spor konsantrasyonu ergin bireylerin bulunduğu şeffaf plastik kutulara 1 atm basınç altında 10 sn (0.5 ml/cm<sup>2</sup>)'lik bir süreyle püskürtülerek uygulanmıştır. Gözlemler uygulamadan sonra 3., 7. ve 15. günlerde ölü-canlı sayıları kaydedilerek gerçekleştirilmiştir. Gül hortumlu böceğinin ergin bireylerinde uygulamadan 3 gün sonra meydana gelen ölüm değerlerinde kimyasal kökenli pestisit Delmetrin hariç kontrol ve diğer biyolojik kökenli biyopestisitlerde ve *B. bassiana* BIM-001 izolatının arasında fark görülmemiştir. Uygulamadan 7 gün sonra Nibortem, Nostalgist ve *B. bassiana* BIM-001 izolatında meydana gelen ölüm değerlerinin arasında fark görülmezken, 15 gün sonra ise Delmetrin ve Nibortem arasında istatistiksel fark olmadığı gözlenmiştir.

### Lethal Effects of Different Biopesticides on *Mecorhis ungarica* (Herbst, 1784) (Coleoptera: Rhynchitidae)

#### ARTICLE INFO

Received: 15/09/2021

Accepted: 28/10/2021

**Keywords:** Entomopathogenic fungus, microbial control, rose weevil, *Mecorhis ungarica*

#### ABSTRACT

Rose weevil, *Mecorhis ungarica*, is an important pest that causes economic losses in oil rose production areas. In the present study, the lethal effects on adult individuals of this pest of different biopesticides were investigated under laboratory conditions. The experiment was performed in a randomized plot design with 10 replications and 5 adults in each replication. BIM-001 of *Beauveria bassiana* and commercial preparations 1.5% *Lecanicillium lecani* strain V1-1 (Nibortem), 1.5% *Beauveria bassiana* strain Bb-1 (Nostalgist) and Deltamethrin (Delmetrin) were used. The spore concentration of each preparation or isolate was applied to the transparent plastic boxes containing the adults by spraying under 1 atm pressure for 10 seconds (0.5 ml/cm<sup>2</sup>). Observations were made on the 3<sup>rd</sup>, 7<sup>th</sup> and 15<sup>th</sup> days after the application by recording the number of dead and alive. No difference was observed between the control and other biological origin biopesticides and *B. bassiana* BIM-001 isolate, except for the chemical-based pesticide Delmetrin, in the mortality values that occurred 3 days after the application in adult individuals of the rose weevil beetle. There was no difference between the mortality values of Nibortem, Nostalgist and *B. bassiana* BIM-001 isolate 7 days after the application, while there was no statistical difference between Delmetrin and Nibortem 15 days later.

#### 1. Giriş

Isparta gülü ya da yağ gülü olarak adlandırılan *Rosa damascena* Mill., uçucu yağı kendine özgü keskin ve yoğun kokusu ile parfümeri, kozmetik, ilaç ve gıda endüstrisinde kullanılmaktadır. Dünyada yılda ortalama 15-16 bin ton civarında *R. damascena* çiçeği üretimi gerçekleştirilmektedir. Gül çiçeği üretimi yapan önemli ülkeler ise Türkiye ve Bulgaristan'dır (Baydar & Kazaz, 2013; Gül raporu, 2020). 2019 yılı verilerine göre; ülkemizde Isparta (%81.8) ilk sırada olmak üzere Burdur, Afyonkarahisar ve Denizli illerinde toplam 38.5 bin da alanda gül üretimi yapılmaktadır (BAKA, 2021). 2020 yılı bitkisel üretim i göre; 2019 yılında 16.5 bin ton olan gül

(yağlık) üretimi 2020 yılında %9.9 artışla 18.2 bin ton olarak gerçekleşmiştir (Gül raporu, 2020). Yağ gülü tarımı yapılan illerin bulunduğu Göller Bölgesinde yaklaşık 140 yıllık geçmişe sahip olan bu bitki, bölgeye bu süreçte eko turizm ve tarımsal anlamda ekonomik kazancın yanı sıra endüstriyel alanda önemli yeniliklerin gerçekleştirilmesini sağlamıştır (BAKA, 2021). Isparta'da son beş yılda yüzde 12.4 oranında artış gösterdiği bilinen yağ gülü üretim alanlarında farklı fenolojik dönemlerde bitkilere zarar veren birçok zararlı Arthropoda türünün bulunduğuna dair çalışmalar yürütülmüştür (Altınok, 2004; Demirözer vd., 2009; Demirözer vd., 2011; Demirözer & Karaca, 2011; Gül raporu, 2020).



Yağ gülünün içinde yer aldığı Rosaceae, Rhynchitidae türleri açısından en zengin bitki türlerini içermekte olup, *Mecorhis ungarica* (Herbst, 1784) (Coleoptera: Rhynchitidae) bu bitki türlerine zarar veren önemli bir böcek türüdür (Legalov, 2005; Legalov, 2007a). Bu böceğin erginlerinin yumurta bırakma periyodu boyunca tomurcuklara ve açık çiçeklere zarar verdiği ve açılan tomurcukları kırarak dökülmelerine neden olduğu bilinmektedir. Genel olarak zarar gören tomurcukların açılmadığı veya anormal çiçeklerin oluştuğu görülmüştür (Tuatay, 1963; Alaserhat & Gültekin, 2014). Bu zararlı türün Arnavutluk, Ermenistan, Avusturya, Azerbaycan, Belarus, Bosna, Bulgaristan, Yunanistan, Hırvatistan, Çek Cumhuriyeti, Almanya, Gürcistan, Macaristan, İran, Irak, İsrail, İtalya, Kazakistan, Makedonya, Moldova, Polonya, Rusya, Slovakya, Slovenya, Suriye, Türkiye ve Ukrayna da bulunduğu belirlenmiştir (Alonso-Zarazaga, 2011; Legalov, 2003; Legalov & Friedman, 2007; Legalov, 2007a; Legalov, 2007b). Türkiye'de ise Afyon, Ankara, Artvin, Bayburt, Burdur, Çorum, Erzincan, Erzurum, Gümüşhane, Isparta, İzmir, Konya ve Mardin illerinde yağ gülünün içinde yer aldığı Rosaceae familyasına ait bitki türlerinden bildirilmiştir (Reitter, 1916; Tuatay, 1963; Özbek vd., 1996; Çakırbay vd., 2000; Özbek & Çalmasıur, 2005; Demirözer, 2008; Demirözer vd., 2011; Demirözer & Karaca, 2011; Alaserhat & Gültekin, 2014). Gül hortumlu böceğinin Isparta ilindeki tüm yağ gülü dikim alanlarında yaygın olduğu ve zararlı popülasyonunun Mayıs ayının başından Haziran ayının ilk haftasına kadar görülebildiği, yılın ikinci yarısından itibaren zararlı popülasyon yoğunluğunun arttığı tespit edilmiştir (Demirözer, 2008; Demirözer vd., 2011; Demirözer & Karaca, 2011). Ayrıca Tuatay (1963), *M. ungarica*'nın 1952 ve 1953 yıllarında Keçiözü ve Merkez ilçelerinde zarar düzeyinin % 47 olduğunu saptamıştır.

Dünya çapında, *Metarhizium*, *Beauveria*, *Paecilomyces*, *Isaria* ve *Lecanicillium* cinslerine ait türlere dayalı entomopatojen fungusların geniş bir etki spektrumu olması nedeniyle çok çeşitli Arthropoda türlerini enfekte edebildikleri bilinmektedir (Khan vd., 2012; Castro vd., 2016; Ríos-Moreno vd., 2016; Litwin vd., 2020). Mevcut ticari entomopatojen fungus ürünlerinin yaklaşık % 80'i *Metarhizium* ve *Beauveria* türlerini içermektedir (de Faria & Wraight, 2007). Entomopatojen fungus ve diğer biyopestisitlerin kullanımını teşvik eden mevzuat, üründe sıfır kalıntı arzusu ve birçok zararlı pestisit direnci geliştirmesi ve çevresel riskleri nedeniyle birçok kimyasal pestisit kullanımının sınırlandırılması ile entomopatojen fungus kullanımının artması muhtemel görülmektedir (Hemingway & Ranson, 2000; Butt vd., 2016). Bu çalışmada da pestisit kullanımına alternatif olarak biyopestisitlerin gül hortumlu böceği erginleri üzerindeki etkilerinin araştırılması hedeflenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Çalışmanın ana materyalini organik gül üretim alanlarından toplanan *Mecorhis ungarica* ergin bireyleri oluşturmaktadır (Ardıçlı, Keçiözü-Isparta; 37.809167, 30.212222, 950 m). Araştırmaya ait diğer materyaller ise,

Isparta İl Merkezi patates üretim alanlarında *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae)'dan elde edilen *Beauveria bassiana*'ya ait BIM-001 izolatının  $1 \times 10^8$  spor/ml spor konsantrasyonu ve ticari preparatlar %1.5 *Lecanicillium lecani* strain V1-1 (Nibortem, 250 ml/100 L su), % 1.5 *Beauveria bassiana* strain Bb-1 (Nostalgist, 250 ml/100 L su) ve Deltamethrin (Pyrethroid 3A) (Delmetrin, Tarkim Plant Protection Industry and Trade Inc., Turkey)'dir.

### 2.2. Metot

Gül hortumlu böceğinin ergin bireyleri laboratuvar koşullarında ( $25 \pm 1$  °C,  $60 \pm 5$  nem) hazırlanan kültür kutularına aktarılmıştır. Daha sonra şeffaf plastik kutular (500 ml) içerisine 5'er adet ergin birey ve beslenmeleri için periyodik olarak yenilenen gül çiçekleri bırakılmıştır. Deneme 10 tekrerrürlü olarak ve her tekrerrürde 5 adet ergin birey olacak şekilde tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Her bir preparat veya izolata ait spor konsantrasyonu ergin bireylerin bulunduğu şeffaf plastik kutulara 1 atm basınç altında 10 sn ( $0.5 \text{ ml/cm}^2$ )'lik bir süreyle püskürtülerek uygulanmıştır. Kontrol uygulamalarında steril saf su kullanılmıştır. Gözlemler uygulamadan sonra 3., 7. ve 15. günlerde ölü-canlı sayıları kaydedilerek gerçekleştirilmiştir.

### 2.3. İstatistik analiz

Çalışma sonucunda elde edilen veriler SPSS (Versiyon 20) istatistik paket programları kullanılarak analiz edilmiştir. Biyopestisitlerin ergin bireylerde meydana getirdiği ölüm değerleri ve zamana bağlı değerler için elde edilen veriler non-parametrik olduğundan Kruskal-Wallis testinden faydalanılmıştır. Harflendirme için Anova analizi içerisinde Tamhane's T2 çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

Gül hortumlu böceğinin ergin bireylerinde uygulamadan 3 gün sonra meydana gelen ölüm değerleri bakımından kontrol uygulaması ve biyopestisitler arasında fark olmadığı görülürken, Delmetrin'in diğer uygulamalardan istatistiki olarak anlamlı ve farklı olduğu belirlenmiştir. Uygulamadan 7 gün sonra Nibortem, Nostalgist ve *B. bassiana* BIM-001 izolatında meydana gelen ölüm değerlerinin arasında fark görülmezken, kontrolden istatistiki olarak önemli ve farklı olduğu saptanmıştır. Son gözlem gününde ise Delmetrin ve Nibortem arasında istatistiki fark olmadığı ve en yüksek ölüm değerlerinin bu iki ticari preparatta meydana geldiği gözlenmiştir. Ayrıca, bütün uygulamaların kontrolden farklı olduğu saptanmıştır (Çizelge 1).

Pestisitler, zararlı yönetimi programlarında her zaman sıklıkla yer bulmakta ancak bunlar insan sağlığına zararlı kalıntıların ürünlerde birikmesine neden olabilmektedir. Yağ gülü ürünlerinde (gül yağı, gül suyu, gül konkriti) belirlenen pestisit kalıntısının bu ürünlerin ihracatında sorun yaratacağı bildirilmiştir (Kumar vd., 2004). Kumar vd. (2004), gül suyundaki  $0.63 \pm 0.03$  ve  $0.95 \pm 0.05$  mg/kg Chlorpyrifos kalıntısının damıtma sırasında çiçekteki kalıntılardan aktarıldığını belirlemiştir. Ayrıca, gül

konkretinde (%46.91) ve yağında (%38.80) yüksek Chlorpyrifos aktarım yüzdelilerinin görülmesi çiçeklerdeki kalıntıların (%85.71) doğrudan solvent ekstraksiyon işlemi sırasında geçişinden kaynaklandığını bildirmiştir. Tascone vd. (2015), Methidathion ve Chlorpyrifos'u gül çiçeklerinde sırasıyla yaklaşık 0.01 ve 0.01-0.05 mg/kg(-1) olarak saptamıştır. Toumi vd. (2016), Belçika'da yürüttükleri bir çalışmada güllerde 46 Fungusit, 1 Herbisit, 47 İnsektisit ve 3 adet büyüme düzenleyicisine ait aktif madde bulmuştur. Güllerde maksimum konsantrasyonları en yüksek olan aktif maddeler Methiocarb, Thiophanate-

methyl ve Furalaxyl (sırasıyla 13.60, 9.90 ve 8.90 mg/kg) olarak sıralanmıştır. Kimyasal pestisitlerin olumsuz etkileri nedeniyle gül üretim alanlarında zararlı olan *M. ungarica* ile mücadelede alternatif olarak kullanılabilen biyopestisitlerin beklendiği kadar etkili olmadığı gözlenmiştir. Bu çalışmada uygulamadan 15 gün sonra gül hortumlu böceği erginlerinde meydana gelen ölüm değerleri açısından biyopestisit olan Nibortem'in kimyasal kökenli olan Deltametrin ile istatistiki olarak aynı grupta yer aldığı görülmektedir.

Çizelge 1. Farklı biyopestisitlerin *Mecorhis ungarica* üzerindeki zamana bağlı ölüm değerlerinin sıra ortalamaları  
Table 1. Mean ranks of time-dependent mortality of different biopesticides on *Mecorhis ungarica*

Uygulamalar	Gözlem zamanları (Sıra ortalamaları)		
	3. gün	7. gün	15. gün
Kontrol (Steril saf su)	20.50 b	15.50 c	7.50 d
Nostalgist (% 1.5 <i>Beauveria bassiana</i> strain Bb-1)	20.50 b	19.40 b	24.30 b
<i>Beauveria bassiana</i> BIM-001	20.50 b	19.40 b	18.70 c
Nibortem (% 1.5 <i>Lecanicillium lecani</i> strain V1-1)	20.50 b	27.70 b	33.50 a
Delmetrin (Deltamethrin)	45.50 a	45.50 a	43.50 a

a, b, c, d: Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P< 0.05).

#### 4. Sonuç

Farklı çalışmalarda kimyasal içerikli pestisitlerin gül ürünlerinde kalıntı problemlerine neden olduğu vurgulanmış ve zararlı yönetiminde kullanılan biyopestisitlerin etkinliğinin yanı sıra bu problemle ilgili herhangi bir kayda rastlanmamıştır. Yağ gülü üretim alanlarında pestisit kalıntı sorunları ve zararlı kontrolünde kullanılacak bitki koruma ürünlerinin sınırlı sayıda olması alternatif yöntemlerin önemini artırmaktadır. Bu problemleri en aza indirebilmek için zararlı kontrolünde biyolojik mücadele yöntemlerinin umut verici, daha güvenli ve sürdürülebilir olabileceği düşünülmektedir.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

#### 5. Kaynaklar

- Alaserhat, İ., & Gültekin, L. (2014). Kuşburnu bitkileri üzerinde bulunan *Mecorhis ungarica* (Herbst, 1783) (Coleoptera: Rhynchitidae)'nin morfoloji, biyoloji ve zararının araştırılması. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 38(2), 157-172. <https://doi.org/10.16970/teed.22076>
- Alonso-Zarazaga, M. A. (2011). *Rhynchitidae*. In: I. Löbl & A. Smetana (Eds.), *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. Apollo Books, 109-129
- Altınok, M. A. (2004). *Isparta İli Yağ Güllerinde Zararlı Rhodococcus perornatus (Cockrell and Parrott) (Homoptera: Coccidae)'un Biyolojisi Popülasyon Gelişmesi, Yayılışı, Doğal Düşmanları ve Mücadelesi Üzerine Araştırmalar*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 104 s.
- Baydar, H., & Kazaz, S. (2013). *Yağ Gülü ve Isparta Gülcülüğü*. Tola Matbaa ve Tanıtım Hizmetleri.
- BAKA (2021). *Yağ Gülü Tarımı ve Endüstrisi Fizibilite Raporu 2020*. Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı, <https://www.baka.gov.tr/assets/upload/dosyalar/yag-gulu-tarimi-ve-endustrisi.pdf>
- Butt, T. M., Coates, C. J., Dubovskiy, I. M., & Ratcliffe, N. A., (2016). Entomopathogenic Fungi: New Insights into HostPathogen

- Interactions. *Advances in Genetics*, 94, 307-345. <https://doi.org/10.1016/bs.adgen.2016.01.006>.
- Castro, T., Mayerhofer, J., Enkerli, J., Eilenberg, J., Meyling, N. V., de Andrade Morald, R., Demétrid, C. G. B., & Delalibera Jr., I. (2016). Persistence of Brazilian isolates of the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *M. robertsii* in strawberry crop soil after soil drench application. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 233, 361-369. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.09.031>.
- Çakırbay, İ. F., Alıcı, H., & Bozбек, Ö. (2000). Studies on the Determination, Distribution and Population Intensity of Beneficial and Harmful Insects on Rosehip Plant (*Rosa* spp.) Naturally Growing in the Erzincan and Gümüşhane Provinces (Result Report). *Horticultural Research Station, Erzincan, Turkey*.
- Demirözer, O. (2008). *Isparta İli Yağ Gülü (Rosa damascena Miller) Üretim Alanlarında Bulunan Zararlılar, Yayılışları, Doğal Düşmanları ve Önemlerinin Popülasyon Değişimleri*. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 152 s.
- Demirözer, O., Kaydan, M. B., Karaca, I., Ben, & D. Y. (2009). First records of armoured scale insects Hemiptera Coccoidea Diaspididae from the oil rose *Rosa damascena* in Turkey. *Hellenic Plant Protection Journal*, 2, 33-35.
- Demirözer, O., Karaca, I., & Karsavuran, Y. (2011). Population fluctuations of some important pests and natural enemies found in oil-bearing rose (*Rosa damascena* Miller) production areas in Isparta province (Turkey). *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 35(4), 539-558.
- Demirözer, O., & Karaca, İ. (2011). Phytophagous Arthropod Species Associated with Oil Bearing Rose, *Rosa damascena* Miller, in Isparta Province with Distributional Remarks. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 6(1), 9-25.
- de Faria, M. R., & Wraight, S. P. (2007). Mycoinsecticides and Mycoacaricides: A Comprehensive List with Worldwide Coverage and International Classification of Formulation Types. *Biological Control*, 43, 237-256. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.200708.001>.
- Gül raporu (2020). *Tarım Ürünleri Piyasa Raporu*. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/te-pge/Menu/27/Tarim-Urunleri-Piyasaları>.
- Hemingway, J., & Ranson, H. (2000). Insecticide resistance in insect vectors of human disease. *Annual Review of Entomology*, 45(1), 371-391. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)98410-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)98410-3).
- Khan, S., Guo, L., Maimaiti, Y., Mijit, M., & Qiu, D. (2012). Entomopathogenic fungi as microbial biocontrol agent. *Molecular Plant Breeding*, 3(7), 63-79. <https://doi.org/10.5376/mpb.2012.03.0007>.
- Kumar, A., Nadda, G., & Shanker, A. (2004). Determination of chlorpyrifos 20% EC (Dursban 20 EC) in scented rose and its products. *Journal of Chromatography A*, 1050(2), 193-199. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.08.050>.

- Legalov, A. A. (2003). *Diagnoses of New Taxa Described in Taxonomy, classification and phylogeny of leaf-rolling weevils (Coleoptera: Rhynchitidae, Attelabidae) of the world fauna*. Novosibirsk, (pp. 733).
- Legalov, A. A. (2005). Trophic relations of leaf-rolling weevils (Coleoptera, Rhynchitidae, Attelabidae). *Zoologicheskyy Zhurnal*, 84(3), 352–361.
- Legalov, A. A., & Friedman A. L. L. (2007). Review of the Leaf-rolling Weevils of Israel (Coleoptera: Curculionoidea: Rhynchitidae and Attelabidae). *Israel Journal of Entomology*, 37, 181-203.
- Legalov, A. A. (2007a). *Leaf-rolling Weevils (Coleoptera: Rhynchitidae, Attelabidae) of the World Fauna*. Novosibirsk: Agro-Siberia, (pp. 523).
- Legalov, A. A. (2007b). The Leaf-rolling Weevils (Coleoptera: Rhynchitidae, Attelabidae) from Orenburg Province. *Altay zoological journal*, 1, 35-36.
- Litwin, A., Nowak, M., & Rozalska, S. (2020). Entomopathogenic fungi: unconventional applications. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 19, 23–42.
- Özbek, H., Güçlü, S., & Tozlu, G. (1996). Harmful Arthropoda Species on Rosehip Plants in Erzurum, Erzincan, Bayburt and Artvin Provinces. *Rosehip Symposium, Proceedings, 5-6 September 1996, Gümüşhane, Turkey*, pp. 382.
- Özbek, H., & Çalmaşur, Ö. (2005). A Review of Insects and Mites Associated with Roses in Turkey. *Acta Horticulturae*, 690, 167-174.
- Reitter, E. (1916). *Fauna Germanica*. K. G. Lutz Verlag, Stuttgart, 5, 1-343.
- Ríos-Moreno, A., Garrido-Jurado, I., Resquín-Romero, G., Arroyo-Manzanares, N., Arce, L., & Quesada-Moraga, E. (2016). Destruxin A production by *Metarhizium brunneum* strains during transient endophytic colonisation of *Solanum tuberosum*. *Biocontrol science and technology*, 26(11), 1574-1585. <https://doi.org/10.1080/09583157.2016.1223274>.
- Tascone, O., Fillâtre, Y. Roy, C., & Meierhenrich, U. J. (2015). Behavior of multiclass pesticide residue concentrations during the transformation from rose petals to rose absolute. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(20), 4922-4932. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b00985>.
- Toumi, K., Vleminckx, C., Van Loco, J., & Schiffers, B. (2016). Pesticide residues on three cut flower species and potential exposure of florists in Belgium. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(10), 943. <https://doi.org/10.3390/ijerph13100943>.
- Tuatay, N. (1963). Investigations on Pests of Oil Roses in the Isparta and Burdur Regions, Their Bionomics in Brief and Methods of control. *Tarım Bakanlığı, Ankara Zirai Mücadele Enstitüsü Müdürlüğü*, 39.



## Haşhaşın (*Papaver somniferum L.*) Sabit Yağ ve Alkaloid İçeriklerine Azotlu Gübre Formları ve Hümik Asit Uygulamalarının Etkisi

Halil ALTINTAŞ<sup>1</sup>, Nimet KARA<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta-Türkiye

\*Sorumlu yazar: nimetkara@isparta.edu.tr

### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 09/07/2021

Kabul tarihi: 08/11/2021

**Anahtar Kelimeler:** Gübre, Haşhaş, Hümik asit, Morfin

### ÖZET

Araştırma, farklı azotlu gübre formları (amonyum sülfat, nitropower ve üre) ve bunların hümik asit ile birlikte uygulamalarının haşhaşın sabit yağ ve alkaloid içeriğine etkisini araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Deneme; Isparta koşullarında "Ofis 4" haşhaş çeşidi kullanılarak tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur.

Azotlu gübre formları ve hümik asit ile birlikte uygulamalarının haşhaşın sabit yağ içeriğine etkisi istatistiksel olarak ( $p < 0.01$ ) önemli olmuş, kontrol (azotsuz) ve yalnız hümik asit uygulamalarına göre sabit yağ içeriği daha yüksek olmuştur. Sabit yağ oranı bakımından, azot formlarının hümik asit ile birlikte uygulamalarında kendi aralarındaki farklılıkları istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Haşhaşın sabit yağ oranı %42.72-44.41, morfin %0.588-0.789, kodein %0.090-0.152, oripavin %0.024-0.032, tebain %0.028-0.092, papaverin %0.003-0.005 ve noskapin oranı %0.022-0.096 arasında değişmiştir. Sonuç olarak; daha yüksek sabit yağ ve alkaloid içeriğinden dolayı haşhaşta hümik asit destekli her üç azotlu gübre formu da uygulanabilir ve bunlar arasında amonyum sülfat + hümik asit kombinasyonu önerilebilir.

## The Effect of Nitrogen Fertilizer Forms and Humic Acid Treatments on Fixed Oil and Alkaloid Contents of Poppy (*Papaver somniferum L.*)

### ARTICLE INFO

Received: 09/07/2021

Accepted: 08/11/2021

**Keywords:** Nitrogen fertilizer, Poppy, Humic acid, Morphine

### ABSTRACT

The research was carried out to investigate the effects of different nitrogen fertilizer forms (ammonium sulfate, nitropower and urea) and their treatments with humic acid on the fixed oil and alkaloid content of poppy. Experiment was set up according to the randomized complete blocks design by using the "Ofis 4" poppy variety in Isparta conditions

Effect on fixed oil content of poppy of fertilizer forms and their treatments with humic acid were statistically ( $p < 0.01$ ) significant, and the oil content was higher compared to control (nitrogen-free) and alone humic acid treatments. In terms of fixed oil content, themselves differences among alone nitrogen forms and their treatments with humic acid were not statistically significant. The fixed oil content between 42.72-44.41%, the morphine 0.588-0.789%, the codeine 0.090-0.152%, the oripavine 0.024-0.032%, the thebaine 0.028-0.092%, the papaverine 0.003%-0.005%, and the noscapine content 0.022-0.096% of poppy varied. As a result; all three forms of nitrogen fertilizer with humic acid in poppy can be applied due to the higher fixed oil and alkaloid content, and among these ammonium sulfate + humic acid combination can be recommended.

### 1. Giriş

Haşhaş tohumları pasta ve çörek gibi unlu gıdalarda, yağı yemeklik olarak, boya, sabun vb. endüstriyel alanlarda, kapsülleri ise içerdiği alkaloidlerden dolayı ilaç hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Türkiye yasal haşhaş tarımının yapıldığı önemli ülkelerden biridir. Haşhaş tohumlarının içerdiği yağın %40-50 oranındaki yağın, ortalama %11.0 palmitik, %0.4 palmitoleik, %1.9 stearik, %15.0 oleik, %71.3 linoleik ve %0.6 linolenik yağ asitlerinden oluşmaktadır (Atakişi, 1999). Haşhaş tohumlarının yağı alındıktan sonra kalan küspesi de değerli bir hayvan yemi olup, %36 ham protein, %12 dolayında da ham yağ içermektedir (Erdurmuş, 1989).

Haşhaş kapsülleri de ihtiva ettiği alkaloidler nedeniyle tıbbi amaçlı kullanılmaktadır. Morfin, kodein, tebain, papaverin ve noskapin başta olmak üzere 40'tan fazla farklı alkaloid içeren (Dingermann vd., 2004) haşhaş kapsüllerinde alkaloid oranı %10-25 arasında değişmektedir (Tanker & Tanker, 2003). Morfinin çok önemli hastalıklarda oluşan ağrılarda ağrı kesici olarak, kodeinin ve noskapin ise daha az aktif olmasına karşın daha hafif ağrılarda ve öksürük kesici olarak, papaverin ise kas gevşetici olarak kullanılmaktadır. Tebain doğrudan terapötik olarak kullanılmamakta fakat endüstriyel olarak diğer ağrı kesicilere dönüştürülmektedir. (Gürkan vd., 2003; Dittbrenner vd., 2009). Bunlardan morfin, kodein ve tebain uyuşturucu özellikte olmasına rağmen noskapin ve

papaverin uyuşturucu özellik taşımamaktadır (Özgen vd., 2017).

Dünyada ticari amaçla haşhaş ekimi yapan, ülkelerde morfin oranı %2 dolayında seyrederken (Amir, 2015), Türkiye’de yapılan çalışmalarda, Aytekin & Önder (2006) %0.74, Gümüşü vd. (2008) %0.110-1.140, İnan vd. (2016) %0.56-0.92, Günlü & Öztürk (2008) %0.51-0.65, Kara (2017) %0.47-1.00, Yazıcı vd. (2017) %0.15-0.60 ve Ayhan & Yıldırım (2021) sonbahar ekimlerinde %1.07-1.17 ve ilkbahar ekiminde %1.29-1.46 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Ülkemizdeki morfin oranının diğer ülkelere nazaran oldukça düşük olduğu görülmektedir. Haşhaşa kalite kriteri olan alkaloid içeriği, bitki genotipi ve çevresel koşullar tarafından etkilenmektedir (Valizadeh & Arslan, 2013). Tarımsal üretimde organik madde toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştiren ana etmenlerden birisi (Bozkurt, 2005) olup, ürün verimini etkilemektedir. Kimyasal gübreler verimi artırsa da uzun yıllar kullanımı toprakta kalıntılara neden olmakta (Yağmur & Okur, 2017), çevre ve insan sağlığı üzerine tehdit oluşturmaktadır. Türkiye topraklarının özellikle sulama yapılmayan alanların büyük bir kısmının organik madde içeriğinin düşük olması nedeniyle organik maddesi yüksek materyaller ile bunlardan ekstrakte edilen hümitik asitler tarımda kullanılmaya başlamıştır (Özkan, 2008). Hümitik maddeler özellikle iyon değiştirme, ağır metalleri tutma ve antioksidan özelliklerinden dolayı (Sönmez & Türkaslan, 2015) tarım, hayvancılık, sağlık, kozmetik ve endüstri alanında kullanılan değerli bir organik maddedir. Toprağa veya bitkiye doğrudan uygulanabilen hümitik asit, toprakta uzun süre kalmakta ve zaman içinde yavaş yavaş parçalanmaktadır. Hümitik asit

toprağın havalanmasını ve su tutmasını iyileştirmekte, toprak mikroorganizmalarının gelişimi ve çoğalmasını, bitkilerin stres koşullarına hastalık ve zararlılara dayanıklılığını sağlamakta (Çelik, 2003), bitki biyokütlesini arttırmakta ve özellikle kök gelişiminde etki gösterdiği ifade edilmektedir (Sözüdoğru vd., 1996). Yıldırım & Hatipoğlu (2020) hümitik asit ve yetiştirme ortamlarının safran kormlarının gelişimleri üzerine etkilerinin farklı olduğunu; korm sayısı 19.67–25.33 adet arasında değiştiğini ve en fazla torf ortamında ve 2.60 g/m<sup>2</sup> hümitik asit uygulamasından elde edildiğini belirtmişlerdir. Arslan & Sarihan (2021) lavantada hümitik asit uygulamasının bitki gelişmesine olumlu katkısının olduğunu ve 3-6 kg/da azotlu gübre dozunun uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Bu araştırma, farklı azotlu gübre formları ve hümitik asit ile birlikte uygulamalarının haşhaşın sabit yağ ve alkaloid oranına etkisi araştırmak amacıyla yürütülmüştür.

## 2. Materyal ve Metot

Araştırma, Isparta koşullarında “Ofis 4” haşhaş çeşidine azotun üç farklı formu (amonyum sülfat, nitropower ve üre) ve bunların hümitik asit ile birlikte kombinasyonları uygulanarak 2018-2019 vejetasyon döneminde yürütülmüştür. Deneme alanı karasal iklim özelliğine sahip olup, uzun yıllar ortalama yağış miktarı 522.2 mm dolayındadır. Denemenin yürütüldüğü vejetasyon döneminde (Ekim’den Ağustos’a kadar) ortalama sıcaklık 12.3 °C ve toplam yağış miktarı 529.5 mm ile uzun yıllar ortalamasından (sırasıyla 11.6 °C ve 522.0 mm) yüksek olmuştur.

Çizelge 1. Haşhaşın gelişme periyodunda sıcaklık ve yağış değerleri\*

Table 1. Temperature and rainfall data in growing period in poppy

İklim fak.	Yıllar	Aylar											Top./Ort
		Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	
Ortalama sıcaklık (°C)	2018-19	13.8	9.1	3.5	2.5	4.5	7.4	9.9	17.0	20.6	23.4	24.4	12.3
	Uzun yıllar	12.9	7.4	3.5	1.9	2.9	6.2	10.7	15.6	20.2	23.6	23.2	11.6
Yağış (mm)	2018-19	30.6	48.6	107.1	97.0	55.4	40.3	50.8	34.2	53.3	9.5	2.7	529.5
	Uzun yıllar	38.0	46.3	84.9	72.2	64.7	54.2	56.0	51.4	29.8	14.6	10.5	522.26

\*Isparta Meteoroloji Müdürlüğü kayıtları

Deneme alanı toprağının yapısı; kumlu-tınlı, organik madde içeriği orta (%2.02), hafif alkali (pH: 7.6) ve kil oranı orta (%8.23 CaCO<sub>3</sub>) düzeyindedir.

Deneme, 6 Ekim 2018 tarihinde tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak 40 cm sıra aralığında markörle açılan sıralara 1-2 cm derinliğinde birli bir miktarda tohum atılmış daha sonra sıra üzeri 15 cm olacak şekilde seyreltilmiştir. Ekimle birlikte saf olarak 6 kg/da fosfor hesabıyla P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (TSP formunda) ve 8 kg/da saf azot hesabıyla (Koç vd., 2012) amonyum sülfat (%21), nitropower (%33) ve üre (%46) formları uygulanmıştır. Azotun yarısı ekimle birlikte kalan yarısı ilkbahar ayında üst gübre olarak uygulanmıştır. Hümitik asit ise önerilen dozda 10 kg/da olarak (toplam organik madde %10, hümitik+fülvik asit %12, K<sub>2</sub>O %2.0 ve pH 7-8) ekimle birlikte toprağa uygulanmıştır. Araştırmada gübreleme uygulamaları; 1. Azotsuz parsel (kontrol-yalnız P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulanmıştır), 2. Amonyum sülfat (AS), 3. Nitropower

(NP), 4. Üre (Ü), 5. Hümitik asit (HA), 6. AS+HA, 7. NP + HA ve 8. Ü + HA olarak planlanmıştır.

Deneme alanında sulama yapılmamış, ilkbaharda bitkilerin 5-6 yapraklı olduğu rozet döneminde uygun aralık bırakılacak şekilde seyreltme ve çapalama yapılmıştır. Hasat; en alt kapsüllerinin sararıp sertleştiği dönemde yapılmış, 3 gün kurutulduktan sonra tohumlar kapsülden ayrılmış ve elekten geçirilerek tohum dışı cansız maddelerden temizlenmiştir.

Sabit yağ oranı: Her uygulama için haşhaş tohumlarının yağ oranları *NMR* (Nuclear Magnetic Resonance, Bruker mq one) cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

Alkaloid analizleri (%): Afyonkarahisar-Bolvadin Alkaloidleri Fabrikası İşletme Müdürlüğünde HPCL metodu ile alkaloid oranları tespit edilmiştir.

Elde edilen veriler; SAS istatistik paket programından faydalanılarak varyans analizleri yapılmış ve ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testine göre karşılaştırılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Amonyum sülfat, nitropower ve üre azotlu gübre formları ve hümitik asit ile birlikte uygulamalarının haşhaşın sabit yağ içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli ( $P < 0.01$ ) olmuş ve en yüksek %44.41 ile AS+HA ve en düşük %42.70 ile kontrol (azotsuz) uygulamalarında belirlenmiştir. Hümitik asit, yalın azotlu gübre formları ve azotlu gübrelerin hümitik asit ile birlikte uygulamalarında belirlenen sabit yağ oranı, azot verilmeyen uygulamaya göre daha yüksek olmuştur. Aynı zamanda hümitik asit destekli azotlu gübrelemede belirlenen sabit yağ oranı azotlu gübrelerin tek başına uygulamalarına göre daha yüksek olmuştur (Çizelge 2). Buna ilaveten hem yalın azotlu gübre formları hem de hümitik asit destekli azotlu gübre formları arasında en yüksek sabit yağ oranı amonyum sülfatın içinde olduğu uygulamalardan elde edilmiştir (Çizelge 2). Bu durum deneme toprağının hafif alkali olması ve asidik karakterli olan amonyum sülfat gübresinin toprağı bir miktar nötrleştirerek besin elementlerinin daha iyi alınması ile açıklanabilir. Azot ve hümitik asit uygulamaları ile toprağın besin maddesi bakımından zenginleşmesi, haşhaşın yağ oranını pozitif yönde etkilediğini göstermektedir. Bunun tersine azotsuz ve yalın hümitik asit uygulamalarında düşük azot içeriği bitkinin gelişimini olumsuz etkileyerek yağ oranı ve

alkaloit oranının azalmasına neden olabilir. Azotlu gübreler, bitkinin yaprak, sap kök, çiçek, meyve ve tohumların daha iyi gelişmesine ve dolayısıyla büyüme ve gelişmeyi olumlu etkilemektedir. Büyüme ve gelişmesi iyi olan bitkilerin organlarında besin maddelerin sentezlenmesinde yüksek olmaktadır. Azot proteinin yapıtaşı olan aminoasitlerin yapısında yer alması ve azotlu gübreleme ile karbonhidratların daha iyi asimilasyonu nedeniyle tohumlarda daha çok protein sentezine yardımcı olur (Gudade vd., 2009). Ancak tohumlarında yağ sentezlenen bitkiler üzerinde yürütülen çalışmalarda; Poonia (2000) ayçiçeğinde belirli bir seviyeye kadar artan azot dozlarında yağ oranının yükseldiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Aytakin & Önder (2006) haşhaşa 0, 6, 12, 18 kg N/da azot uygulamalarında en en yüksek yağ oranının 12 kg N/da uygulamasında (%50.86) tespit etmişlerdir. Erbaş & Şenates (2020) ayçiçeğinde artan azot dozlarına bağlı olarak tohumların yağ içeriğinin yükseldiğini ve azot verilmeyen uygulamaya göre en yüksek azot dozunda %2.1 oranında artış tespit etmişlerdir. Sonuçlarımızın aksine Mirzashahi vd. (2010) kanolada azot dozlarının yağ içeriğini etkilemediği ve Hassan vd. (2007) yağlı tohumlu bitkilere daha yüksek azot dozu uygulamalarında tohumun protein içeriğinin arttığını ve yağ oranının düştüğünü bildirmişlerdir. Varényiová & Ducsay (2016) kolzada azot dozları ile yağ içeriği arasında önemli ve negatif bir ilişki olduğunu kaydetmişlerdir. Bu farklılıklar; genotip, agronomik uygulamalar, yüksek sıcaklık (azaltıcı) ve su stresi (azaltıcı) (Walton vd., 1999) gibi faktörlerden kaynaklanabilir.

Çizelge 2. Azotlu gübre ve hümitik asit uygulamalarının haşhaşın sabit yağ ve alkaloit içeriğine etkisi

Table 2. Effect on fixed oil and alkaloid content of poppy of nitrogen fertilizer and humic acid treatments

Uygulamalar	Yağ oranı (%)	Morfin (%)	Kodein (%)	Oripavin (%)	Tebain (%)	Papavarin (%)	Noskapin (%)
Kontrol	42.70 d	0.588	0.090	0.025	0.028	0.004	0.040
Amonyum sülfat (AS)	44.00 c	0.732	0.135	0.028	0.046	0.005	0.058
Nitropower (NP)	43.51 c	0.742	0.123	0.026	0.067	0.004	0.056
Üre (Ü)	43.49 c	0.759	0.145	0.030	0.069	0.005	0.067
Hümitik asit (HA)	42.82 d	0.627	0.072	0.024	0.038	0.003	0.022
AS+HA	44.41 a	0.789	0.137	0.032	0.083	0.004	0.096
NP + HA	43.97 c	0.689	0.152	0.029	0.092	0.005	0.093
Ü + HA	44.17 ab	0.773	0.133	0.031	0.089	0.004	0.094
LSD değeri	0.503						
Kareler ort.	0.749						
F değeri	17.47**						
VK (%)	1.47						

\*\* :  $P < 0.01$  düzeyinde önemli

Haşhaşın morfin, kodein, oripavin, tebain papaverin ve noskapin gibi alkaloitlerin içerikleri gübre formlarına ve hümitik asit ile olan kombinasyonlara göre değişmiştir. En yüksek morfin (%0.789), oripavin (%0.032) ve noskapin oranı (%0.96) AS+HA, kodein (%0.152) ve tebain oranı (0.092) NP+HA uygulamasında ve papaverin içeriği ise tüm uygulamalarda birbirine oldukça yakın (%0.003-0.005) çıkmıştır (Çizelge 2). Haşhaşa papaverin dışında tüm majör alkaloitlerin içerikleri; azotlu gübre formlarının yalın ve hümitik asit ile birlikte kombinasyonlarında, azotsuz ve yalın hümitik asit uygulamalarına göre daha yüksek olmuştur. Bu farklılık azotlu gübrelerin hümitik asit ile birlikte uygulamasında toprağı verilen azot miktarını

yükselmesinden kaynaklanmış olabilir (Tok & Gowder, 2019). Dewick (2002) genellikle alkaloitlerin aminoasit yapısı içinde en az bir azot atomu olduğunu, Tok & Gowder (2019) haşhaş alkaloitlerin yapısında azotlu bileşiklerin bulunduğunu bildirmişlerdir. Lošák & Richter (2004) azot miktarının artışına bağlı olarak haşhaşın morfin içeriğinin %0.85'den %1.01'e yükseldiğini, Yadav vd. (2009) ise azotlu gübre miktarının belirli bir seviyeye kadar (10 kg/da) uygulanması ile haşhaşa morfin içeriğinin yükseldiğini ve daha yüksek azot dozlarında azalttığını bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar Aytakin & Önder (2006) tarafından bildirilmiş olup 0, 6, 12 ve 18 N kg/da olarak uyguladıkları azot dozlarından, en yüksek

morfin oranını 12 kg/da N uygulamasında elde etmişlerdir. Savaşlı vd. (2011) haşhaşa azot dozlarının morfin oranlarında istatistiksel olarak önemli bir fark oluşturmadığını vurgulamışlardır. Ayrıca, haşhaş alkaloidlerinin bitkide sentezlenmesi kompleks bir yapıda olup, iklim faktörlerinden önemli ölçüde etkilenmekte ve gelişme dönemlerine göre alkaloidler birbirine dönüşebilmektedirler (Dittbrenner vd., 2009). Bu durum haşhaşın alkaloid içeriklerinin yetiştiriciliğine ve iklim koşullarına bağlı olarak farklılaşmasına neden olmaktadır (Ayhan & Yıldırım, 2021). Özellikle olgunlaşma döneminde sert rüzgârların esmesi ve düşük sıcaklıklardan dolayı morfin yolunun tıkanarak kodein olarak depolanabilmektedir. Morfin sentezlenmesinde morfinin öncüsünün kodein olduğunu ve daha sonra kodeinden morfine dönüştüğünü ve bazı zamanlarda ise enzimatik aktivite esnasında morfin yolu bloklanıp kodeinden morfine dönüşebildiği bildirilmiştir (Dittbrenner vd., 2009). Psenak (1998) bazı papaver türlerinde tebain veya oripavinin morfin alkaloid biyosentezinin son ürünü olduğunu, bazı türlerde ise tebain, kodeinon ve kodein üzerinden morfine dönüştüğünü, tebain kimyasal yapısına oksijen atomu bağlanmasıyla neopine ve sonrasında kodeinona ve kodeinonun indirgenmesi sonucunda ise kodein oluştuğunu bildirmişlerdir. Daha önce yürütülen araştırmalarda; haşhaşın morfin %0.312-0.817, tebain %0.035-0.147, kodein %0-0.078, oripavin %0-0.016, noskapin %0-0.439 ve papaverin oranlarını %0-0.029 arasında (Karabük, 2012), başka bir çalışmada morfin %0.102-0.493, kodein %0.044-0.159, tebain %0.003-0.189, noskapin %0.003-0.222 ve papaverin oranı %0.002-0.272 (Prajapati vd., 2002) arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bulgularımız; araştırmacıların sonuçları ile değişkenlik gösterdiği söylenebilir, bu durum çeşit, iklim faktörleri ve agronomik uygulamalardan kaynaklanmış olabilir (Yadav vd., 2009, Yazıcı vd., 2017; Kara & Baydar, 2021).

#### 4. Sonuç

Araştırmada; amonyum sülfat, nitropower, üre ve bunların hümitik asit ile birlikte uygulamaları haşhaşın sabit yağ ve majör alkaloid içeriğini kontrol (azotsuz) ve yalın hümitik asit uygulamasına göre artırmıştır. Haşhaşın yağ oranı bakımından, azot formları ve bunların hümitik asit ile birlikte uygulamalarının kendi aralarındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmamıştır. En yüksek yağ oranının elde edildiği AS+HA uygulamasında kontrole göre %3.85 ve yalın hümitik asit uygulamasına göre ise %3.58 oranında daha yüksek olmuştur.

Papaverin dışında, azot formları ve bunların hümitik asit ile birlikte uygulamaları; haşhaşın incelenen alkaloid oranlarını pozitif etkilemiş ve genel olarak hümitik asit destekli azot uygulamalarında daha yüksek değerler elde edilmiştir. Sonuç olarak; daha yüksek yağ ve alkaloid içeriğinden dolayı, hümitik asit destekli her üç azotlu gübre formu da uygulanabilir ve bunlar arasında ise AS+HA uygulaması önerilebilir.

#### 5. Teşekkür

Alkaloid analizlerinin yapılmasında verilen destekten dolayı Afyonkarahisar-Bolvadin Alkaloidleri Fabrikası İşletme Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makalenin hazırlanmasında eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

#### 6. Kaynaklar

- Amir, R.O. (2015). *Tescilli Haşhaş (Papaver somniferum L.) Çeşitlerinin Tarımsal Değerlerinin Karşılaştırılması*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 160s.
- Atakışi K.İ. (1999). Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı. *Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi*, 148.
- Ayhan, A. E., & Yıldırım, M.U. (2021). Sonbahar ve ilkbahar ekimlerinin haşhaşın (*Papaver somniferum L.*) verim ve morfin içeriği üzerine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(2), 412-420. <https://www.doi.org/10.37908/mkutbd.931221>.
- Aytekin, M., & Önder, M. (2006). Azot ve fosfor dozlarının haşhaşa (*Papaver somniferum L.*) verim ve bazı verim unsurları ile kalite üzerine etkileri. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(38), 68-75.
- Bozkurt, M. (2005). *Ayrışma Dereceleri Farklı Peatlerin Hümitik Asit Kapsamlarının İki Ayrı Yöntemle Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 39s.
- Çelik, C. (2003). Tabiatın gizemli hediyesi; hümitik maddeler (II), *Hasad Dergisi*, 217.
- Dewick, P.M. (2002). *Medicinal Natural Products*. 2nd ed. England, John Wiley and Sons.
- Dingermann, T., Hiller, K., Schneider, G., & Zündorf, I. (2004). *Schneider Arzneidroge*. 5. Aufl., Elsevier, München.
- Dittbrenner, A., Mock, H.P., Börner, A., & Lohwasser, U. (2009). Variability of alkaloid content in *Papaver somniferum L.* *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 82, 103-107.
- Erbaş S., & Şenates A. (2020). Ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*)'nde azot ve kükürt gübrelemesinin verim ve kaliteye etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(1), 217-225. <https://www.doi.org/10.19113/sdufenbed.678524>.
- Erdurmuş, A. (1989). *Haşhaş (Papaver somniferum L.) Hatlarında Fenolojik ve Morfolojik Karakterlerin Morfin Ve Tohum Verimiyle İlişkileri*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 68s.
- Gudade, B.A., Thakur, M.R., Ulemale, R.B., Imade, S.R., & Bodhade, M.S. (2009). Nutrient uptake, soil nutrient status and quality of new sunflower varieties as influenced by fertilizer levels. *Journal of Soils and Crops*, 19(2), 355-359.
- Günlü, H., & Öztürk, Ö. (2008). Bor uygulamasının bazı haşhaş (*Papaver somniferum L.*) çeşitlerinin verim ve kalitesi üzerine etkisi (Kalite özellikleri ve bitki bor konsantrasyonları). *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(44), 56-63.
- Gürkan, E., Öndersev, D.V., Ulusoylu, M., Göztaş, Z. & Dinçşahin, N. (2003). *Bitkisel Tedavi*. Marmara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, Yayın No: 19, İstanbul.
- Hassan, F., Hakim, S.A., Manaf, A., Qadir, G., & Ahmad, S. (2007). Response of sunflower (*Helianthus annuus L.*) to sulphur and seasonal variations. *International Journal of Agriculture and Biology*, 9(3), 499-503.
- Karabük, B. (2012). *Haşhaş (Papaver somniferum L.) Genotiplerinde Ekim Sıklığı İle Azotlu Gübrelemenin Tarımsal Ve Kalite Üzerine Etkileri*. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 120s.
- Kara, N. (2017). The effects of autumn and spring sowing on yield, oil and morphine contents in the Turkish poppy (*Papaver somniferum L.*) cultivars. *Turkish Journal of Field Crops*, 22(1), 39-46. <https://www.doi.org/10.17557/tjfc.301829>.

- Kara, N., & Baydar, H. (2021). The influence of sowing and planting seedlings at different dates in autumn on the yield and quality of the opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 21, 1-6. <https://www.doi.org/10.1016/j.jarmap.2020.100290>.
- Koç H., Ülker, R., Güneş, A., Gümüşçü, G., Ercan, B., Topal, İ., Kara, İ., Özdemir, F., Keleş, R., & Bayrak, H. (2012). Bazı Yerel Haşhaş Genotiplerinin Tohum ve Kapsül Verimi Açısından Değerlendirilmesi. *I. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu*, 255-259.
- Lošák, T., & Richter, R. (2004). Split nitrogen doses and their efficiency in poppy (*Papaver somniferum* L.) nutrition. *Plant Soil Environments*, 50(11), 484-488.
- Mirzashahi, K., Pishdarfaradaneh, M., & Nourgholipour, F. (2010). Effects different rates of nitrogen and sulphur application on canola yield in north of Khuzestan. *Journal of Research in Agricultural Science*, 6(2), 107-112.
- Özkan, A. (2008). *Hüyük Asit İçeren Toprak Düzenleyicilerinin Hüyük Asit Kapsamlarının Uygun Yöntemlerle Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 40s.
- Poonia, K.L. (2000). Effect of planting geometry, nitrogen and sulfur on growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of EcoPhysiology*, 3, 59-71.
- Prajapati, S., Bajpai, S., Singh, D., Luthra, R., Gupta, M.M., & Kumar S. (2002). Alkaloid profiles of the Indian land races of the opium poppy *Papaver somniferum* L. *Genetic Research Crop Evolution*, 49, 183-188.
- Psenak, M. (1998). *Biosynthesis of Morphinone Alkaloids*. Poppy. The Genus *Papaver*. Medicinal and Aromatic Plants-Industrial Profiles. Budapest. Hungary.
- Özgen, Y., Arslan, N., & Bayraktar, N. (2017). Türkiye açısından önemli bitki haşhaşın önemi ve tarımı. *Ziraat Mühendisliği*, 364, 4-8.
- Tanker, M., & Tanker, N. (1990). *Farmakognözi*, Cilt.1. Ankara Üniv., Eczacılık Fakültesi Yayınları No: 65, Cilt 2, 546s. Ankara.
- Savaşlı, E., Çekiç, C., Önder, O., Dayıoğlu, R., Camcı, H., Koşar, F.Ç., Balcı, A., & Kalaycı M. (2011). Azotlu Gübrelemenin Haşhaş Tohum, Kapsül ve Morfin Oranları Üzerine Etkisi. *Uluslararası Katılımlı I. Ali Numan Kıraç Tarım Kongresi ve Fuarı*, 27-30 Nisan 2011, Eskişehir.
- Sönmez, Y.M., & Türkaslan, M. (2015). Leonarditlerden tıp ve kozmetikte kullanılabilecek saflıkta etil fülvik ester üretim prosesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmama Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi Özel Sayı*, 11-14.
- Sözüdoğru, S., Küçük, A.C., Yalçın, R., & Usta, S. (1996). *Hüyük asidin fasulye bitkisinin gelişimi ve besin maddeleri alımı üzerine etkisi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1452, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 800, Ankara.
- Tok, T.T. & Gowder, S.J.T. (2019). Structural and pharmacological properties of alkaloids with special reference to thebaine type alkaloids. *Biomed. Journal Science & Technology Research*, 17(3), 12767-12780. <https://www.doi.org/10.26717/BJSTR.2019.17.002993>.
- Valizadeh, N & Arslan, N. (2013). Haşhaş ıslahı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(2), 86-92.
- Varényiová, M. & Ducsay, L. (2016). Effect of increasing spring doses of nitrogen on yield and oil content in seeds of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Acta fytotechn zootechn*, 19(2), 29-34. <https://www.doi.org/10.15414/afz.2016.19.02.29-34>.
- Walton, G., Si, P. & Bowdwn, B. (1999). Environmental impact on canola yield and oil. Online: <http://www.regional.org.au/au/gcsrc/2/136>.
- Yadav, R.L., Mohan, R., Singh, R. & Verma, R.K. (2009). The effect of application of nitrogen fertilizer on the growth of opium poppy in north central India. *The Journal of Agricultural Science*, 102(2), 361-366. <https://www.doi.org/10.1017/S0021859600042684>.
- Yağmur, B. & Okur, B. (2017). Potasyum ve humik asit uygulamalarının yağlık ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisinin gelişimine etkisi. *Turkish Journal of Agricultural Research*, 4(3), 210-217.
- Yazıcı, L., Yılmaz, G. & Gökalp, S. (2017). Bazı haşhaş (*Papaver somniferum* L.) çeşit ve genotiplerinin alkaloid ve yağ oranlarının belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmama Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 20 (Özel Sayı), 313-317.
- Yıldırım, M.U. & Hatipoğlu, H. (2020). Farklı büyüme ortamı ve hüyük asit uygulamalarının safran (*Crocus sativus* L.) kormlarının gelişimine etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi, Türkiye 13. Ulusal, I. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi Özel Sayısı*, 143-151. <https://dergipark.org.tr/en/pub/sduzfd/issue/52563/650502>.





## Interaction between Entomology and Gene Technology: *Bt*-transgenic and Gene Drives for Pests Control

Jean Claude NDAYIRAGIJE <sup>1</sup>, Tuğçe ÖZEK <sup>1\*</sup>, Hacer ÇEVİK <sup>1</sup>, İsmail KARACA <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Isparta-Türkiye

\*Sorumlu yazar: [ismailkaraca@isparta.edu.tr](mailto:ismailkaraca@isparta.edu.tr)

\*\*100/2000 YÖK Doktora Bursiyeri

### ARTICLE INFO

Received: 28/07/2021

Accepted: 01/12/2021

**Keywords:** *Bacillus thuringiensis*, CRISPR, Plant protection

### ABSTRACT

Pest control is the major agricultural activity for increasing crop productivity thus insuring food security. Recent pest management programs are depending too much on chemical pesticides, which are a threat to our health and environment. One of the greatest entomological achievements for the benefits of plant protection is the use of *Bacillus thuringiensis* to produce transgenic plants resisting pests. However, such organisms comprise inconveniences against human health and biodiversity in terms of genetic pollution. In many countries, the use of Genetically Modified Organisms is prohibited. This study review on integration of growing gene technology with actual scientific achievements can help to determine a sustainable solution to the pest's problem. In this way, many literatures were referred on to comparatively criticize the effectiveness, safety and sustainability of gene drive over *Bt* transgenic based on scientific soundness. Gene drive technology is a new technic consisting of gene engineering and on-field monitoring of its transgenes. The case in point is the inappropriateness of *Bt*-transgenes. Practically, gene drive can be an alternative to *Bacillus thuringiensis* in pest control for increased safety and environmental protection.

## Entomoloji ve Gen Teknolojisi Arasındaki İlişki: Zararlı Mücadelesinde *Bt*-transgenikler ve Gen Sürücüsleri

### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 28/07/2021

Kabul tarihi: 01/12/2021

**Anahtar Kelimeler:** *Bacillus thuringiensis*, CRISPR, Bitki koruma

### ÖZET

Zararlılar ile savaş, ürün verimliliğini artırmak ve böylece gıda güvenliğini sağlamak için en önemli tarımsal faaliyettir. Son dönemdeki zararlı yönetimi programları, sağlığımız ve çevremiz için bir tehdit oluşturan kimyasal pestisitlere çok fazla bağımlıdır. Bitki Korumanın yararları için en büyük entomolojik başarılarından biri, zararlılara dirençli transgenik bitkiler üretmek için *Bacillus thuringiensis*'in kullanılmasıdır. Ancak bu tür organizmalar genetik kirlilik açısından insan sağlığına ve biyoçeşitliliğe karşı sakıncalar içermektedir. Birçok ülkede genetiği değiştirilmiş organizmaların kullanımı yasaktır. Büyüyen gen teknolojisinin gerçek bilimsel başarılarla bütünleşmesine ilişkin bu çalışma, zararlı sorununa sürdürülebilir bir çözüm belirlemeye yardımcı olabilir. Bu çerçevede, gen sürücüsünün *Bt* transgenikleri üzerindeki etkinliğini, güvenliğini ve sürdürülebilirliğini bilimsel sağlamlığına dayandırarak, karşılaştırmalı olarak eleştirmek için birçok literatüre atıfta bulunulmuştur. Gen sürücü teknolojisi, gen mühendisliğinden ve transgeniklerinin sahada izlenmesinden oluşan yeni bir tekniktir. Buradaki durum, *Bt*-transgeniklerinin uygunsuzluğudur. Pratik olarak gen sürücü, artan güvenlik ve çevre koruma için zararlı mücadelesinde *Bacillus thuringiensis*'e bir alternatif olabilir.

### 1. Introduction

Conventional pest control methods especially chemical insecticides negatively affected human health and environment (Curry, 2002). As of 2014, pesticides were reported to infest 25-77 million workers globally i.e. 1-3% of employees suffered from acute pesticide poisoning while nearly 1 million needed hospital services (Bakhsh et al., 2015). More than this, mismanaged pesticide sprayings induce pesticide resistance thus taking the problem to the worse level. The revolution in gene editing technology is making easier to change genetic materials of organisms with huge potential benefits not only in agriculture but also

in other sectors such as healthcare and conservation. Gene technology or gene engineering is a terminology used to mean the technological process for changing the original structure of nucleotides series in a way that generated nucleotide series will significantly encode a desired trait (Taştan & Sakartepe, 2018). Bacteria carrying traits that can harm agricultural pests are being used firstly for exploiting those specific naked genes to transplant them to the genomes of plants. *Bacillus thuringiensis* and *Lactobacillus* were widely used in this context. Secondly, some bacterial genes are used as mediators in transferring important traits with the help of endonucleases like the way CRISPR/Cas9 is being used in gene drive technology

(Dearden et al., 2017). Even though *Bt*-transgenes have provided a huge economic impact worldwide, are not allowed openly in many countries including Turkey. Apart from increased risks to health, an agro political menace may arise in case of licensing *Bt*-transgenes (Aydın et al., 2013). For example, the stability of seeds and food markets as well as quality standards are issued by agricultural politics for both health and economic benefits.

Gene drive can be understood as an experimentally exploitable natural genetic phenomenon. As an entomological division, it consists of two basic principles. The first is the high-precision laboratory gene engineering processes while the other is the scientific modelling of gene drive insect's population after being released to the wild (Esvelt, 2019, Metchanun, 2020 and Alphey et al., 2020). Gene drive is a genetic system with ability to 'drive' itself along within population's genome over many generations (Medina, 2017). Gene drive technology is an applied technic that enhances the inheritance of a modified (or preferred) trait in a specific species (Courtier-Orgogozo et al., 2017). A gene drive is an expression of a genetic element through its ability to statically stay in genetic material of sexually reproducing organism by creating an enzyme which cut both strands of DNA within a targeted area of the genome and make it copied across generations with a self-propagating DNA repair system (RSTA Gene Editing Panel, 2017 and Alphey et al., 2020). Selfishness of gene drives during sexual reproduction is originated from their ability to distort segregation ratios during meiosis or gamete development (Barrett et al., 2019). By definition, a gene drive does not necessitate genetic engineering (Lunshof et al, 2020). There are many examples of naturally occurring gene drives (Esvelt, 2014 & 2019). Alphey et al., (2020) stated many types of gene drive systems existing in nature, for example transposons, sex distorters, toxin-antidote systems, and homing nucleases. There are two types of experimental gene drive. Replacement gene drive is for the case when organism's wild gene is incorporated into gene drive organism to be spread (EFSA GMO Panel, 2020). For example, in mosquito, an anti-parasite transgene was moved into the gene drive mosquito thus rendering it refractory to *Plasmodium* infection or ineffective at its transmission (Metchanun, 2020). The other is suppression gene drive, which targets fertility genes. It employs the method that alter one sex recombinant (for example X-Shredding system) and the population becomes biased on one sex thus reducing reproduction rate (Burt, 2003 and EFSA GMO Panel, 2020). With natural selection rule, genetic residues that can adversely affect health and environment are possible with Genetically Modified Organisms (GMOs) (Saxena & Stotzky, 2000). Actually, organisms with edited genomes present a kind of genetically induced lethality in the wild. After changing any organism's genome for human's benefits, its capacity to survive and reproduce in the wild start depleting and becomes outcompeted by its wild counterparts (Hammond et al., 2016 and Esvelt, 2019). That is the origin of reduced public trust for Genetically Modified Organisms (GMOs) including *Bt*-transgenic and gene drive organisms.

## 2. Material and Method

This work is a scientific review aiming to discuss the use of Genetically Modified Organisms (GMOs) especially the widely used *Bt* transgenes in comparison with newly growing gene drive transgenic. The research focused on scientific facts especially the limitations of *Bt* transgenic that even caused their restriction in some farming systems and countries whereas gene drive appears as biotechnological science that is showing potentials to resolve the problems of agricultural pests. Reviewed literature was more based on already few published articles and other scientific information. For *Bt* technology is a very old and its transgenes have used long ago and so many literatures are available. However, many literatures on gene drives are consisting of very new articles, which have examined and discussed more deeply. Moreover, articles on the laboratory application of gene drive and their implications on the effectiveness and sustainability on its field use have focused.

## 3. Results and Discussion

### 3.1. *Bt* transgenic

#### 3.1.1. Historical and economic impact of *Bt* transgenes

*Bacillus thuringiensis* came into use with the 20<sup>th</sup> century. It was first isolated from the nature by a Japanese biologist Ishiwata Shigotane in 1901. *Bt* had later re-isolated from flour moth caterpillar, *Ephestia kuehniella* in 1911. It was used for the first time as a tool for pest control in 1928 and had first commercialized in France the same year. Since then it was widely used as a biopesticide and later in 1995, the first *Bt* based corn transgenic was produced. Economic Impact of *Bt* crops is very big in some countries as the efficacy of insect resistant crops through *Bt* has been economically certain and are ideally an economic alternative to synthetic insecticides (Bakhsh et al, 2009). The annual market of synthetic insecticides is approximately 8.11 billion US dollars; 30% of these insecticides are applied to vegetables and fruits while 23% and 15% are used to protect cotton and rice, respectively (Bakhsh et al, 2015). The production of *Bt*-cotton resulted into a reduction of 49.8% of insecticide's use worldwide, Mexico and China being at the top with 77% and 65% reductions, followed by Argentina (47%), India (41%), and South Africa (33%), respectively (Qaim, 2009). Turkey would adopt *Bt*-cotton because of its economic importance to its developing domestic textile industry. However, in terms of long-term health and environmental protection, related policies and agro-economic stability were regarded as much more important. In other words, *Bt*-crops are not allowed for growing except the import of maize based poultry feeds (Aydın et al., 2013).

#### 3.1.2. Limitations in adoption of *Bt* transgenes

The deficiencies in *Bt*-transgenes are both scientific and socio-economic based as shown in *Table 1*. They are degradation kinetics of *Bt* proteins, vertical and horizontal gene flow, effects on non-target insects and antibiotic resistance and some other unintended effects. The degradation kinetics of *Bt* proteins occurs after harvest

could result in the accumulation and persistence of *cry*-genes (proteins) in the soil due to their binding on soil components. Vertical gene flow consist of the transfer of genes between different organisms but of same species. Seed impurity of varieties may occur as transgenes flow from Genetically Modified to non-Genetically Modified crop (Messeguer, 2003). Zhang et al., (2005) stated that a buffer zone of 60 m could avoid or reduce pollen dispersal from *Bt*-cotton. Londo et al., (2010) announced that the hybrid formation between transgenic *Bt*-crops and wild relatives results in their fitness advantage. Nicolia et al., (2013) declared that this issue must be taken into consideration prior to evaluating the risk of gene introgression to wild relatives. Horizontal gene transfer is when mobile sequences (plasmids, transposons or mobilized chromosomal genes) mediated by bacterial cells are flowing to different species especially those residing in rhizosphere, on plant surfaces and in water (Normander et al., 1998 and Bakhsh, 2015). Effects of *Bt* crops on non-targeted insects are not extreme to predators and pollinators reaching flowers of *Bt*-crops (Losey et al., 1999). One report showed that white flies are much influenced compared to other non-target insects such as lady bugs, wasps etc. (Bakhsh et al., 2015). Antibiotic resistance comes up due to the use of protein markers that help in biotechnical detection of transgenes (Bakshi, 2003).

### 3.2. Gene Drive

#### 3.2.1. Main areas of application of gene drive technology

Gene drive technology have employed for conservation and ecology, and basic research but it was employed extensively in public health for resolving the problem of vectored diseases and agriculture for plant protection.

In the area of public health, successful gene drive that can prevent disease's transmission could provide a powerful method to eliminate vector-borne diseases such as malaria, which kills nearly 500,000 people, mostly children, every year. Beside malaria transmitted by mosquitoes, many insect-vectored diseases such as dengue, Chagas and Lyme can be prevented from being carried and spread. Gene drive technology can be designed to interfere within a specified point in the genome to knock out a harmful gene. This can allow the vector population to be modified into an anti-parasite transgene, making it resistant or ineffective for transmission of the disease pathogen infection (*Plasmodium* if it is the case of malaria) (Gantz et al., 2015, Hammond et al., 2016, Courtier-Orgogozo et al., 2017, KaramiNejadRanjbar et al., 2018 and Metchanun, 2020). Relevant past decade's researches were aiming to improve the use of CRISPR/Cas 9 for gene drive production and its precision in terms of homing rate or conversion rate toward the wild gene (Gantz & Bier, 2015, Hommond et al., 2016 and Kyrou et al., 2018). Recently, research extension focused on carrying out careful monitoring and modelling of the gene drive transgenic (Metchanun, 2020).

In agriculture, gene drives can be used for pest control by targeting essential genes in their genomes. Until now, there are less or no gene drive pests released but there is a great

inclination toward such a subject (Courtier-Orgogozo et al., 2017, RSTA Gene Editing Panel, 2017 and EFSA GMO Panel, 2020). The current approaches were led to pest population suppression in the wild in order to alter organisms that damage crops or the species carrying crop diseases. Anticipated potential entomological uses of gene drive will definitely depend on the extent of researcher's success. For instance, experts are expecting the future use of gene-drive in pest control and much species are being considered as potential targets, from agricultural pests (Perkin et al., 2016, Esvelt, 2016, Courtier-Orgogozo et al., 2017 and Medina, 2017) up to agricultural weeds either by suppression or sensitization (Barret et al., 2019). The most important agricultural pest control method is biological method as the main driver in Integrated Pest Management (IPM). As a practical relationship, Gene Drive and biological pest control may be integrated with *Wolbachia* drive system. According to EFSA GMO Panel (2020), *Wolbachia*-infested insects (drives) can be released to replace actual relative pests. *Wolbachia* are maternally inherited endosymbionts that are capable to manipulate the reproduction of their hosts in many different ways to favour their own maternal transmission. By this, the increase in frequency of females infested with *Wolbachia* is achieved within the target population thus biasing sex ratio. In addition, egg viability is decreased with *Wolbachia*. That endobacterium occurs naturally in a number of insects and have experimentally adopted into others through *Wolbachia* gene drive system by targeting that maternal inheritance trait. Therefore, it is anticipated that by use of *Wolbachia* gene drive system, natural enemies can be adopted as wild counterparts to original pests (EFSA GMO Panel, 2020). The recent improvement in CRISPR/Cas 9 with its great precision allows the recovery of original gene in a case of ecological disruption, and so, we may see its contribution in a very close time.

#### 3.2.2. Ecological Concept of Gene Drive

Gene drive is ubiquitous. Natural occurrence of gene drive is due to the vertical transmission of genetic elements i.e. exclusively from parent to offspring, to reliably increase in frequency within a population even if it cannot help the organism to survive or reproduce as others do (Esvelt et al., 2014). Even though genes might be less expressed to offspring, they are more likely to be passed on to all offspring after biasing inheritance (Lunshof et al., 2020). Esvelt (2016) in his online presentation about gene drive explained that the cow's genome is made up of 25% of rate from snake. This is due to an evolutionary gene transfer event mediated by a virus tick that vectored a **jumping gene**, responsible of natural gene drive (a gene introduced in cow from snake that progressively copies itself within genome of cow). Therefore, the origin of natural gene drive is from such useless or broken genes in organism's genome as in every organism, there must be a genome part made of genes with unknown specific responsibility, being around 50% in human.

#### 3.2.3. Experimental Gene drive

Scientists tried to exploit natural gene drive thus producing gene drive transgenes for different benefits (Delborne,

2016). They established different gene drive systems. The first one is homing based drives, which is involved in both suppression and replacement types. It involves CRISPR-Cas9 technology and it is currently the most exclusively trusted in gene drive technology. With help of CRISPR-Cas9, scientists intentionally built self-propagating gene drives within organism's reproductive cells to precisely change traits, alter or suppress various species' population (Courtier-Orgogozo et al., 2017 and Medina, 2017). CRISPR (*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*), a family of DNA sequences naturally found in the genome of prokaryotic bacteria is not a very old discovery. CRISPR system is experimentally organised set of tools including the DNA strand containing the trait of interest, endonuclease enzymes such as Cas9 or Cas12 and guide RNA that both work together as a package to deliberately govern biochemical reactions in a reproductive cell of a given organism. They actually work with great precision but genomic impurities are possible according to the defined platforms (DeFrancesco, 2015). As other gene technology applications, any genetically modified organism to take place and to be officially released must have a synergic interaction between its molecular, cellular, and organismal and ecosystem processes as stated in the work of Barrett et al, (2019). For gene drive, even if the earliest proposals to develop them rose with the 20<sup>th</sup> Century the molecular tools were lacking until the discovery of CRISPR/Cas9. The CRISPR/Cas9 technology for gene editing is around 10 years old (Courtier-Orgogozo et al, 2017). It employs a couple of endonucleases including transcription activator-like effector nucleases (TALEN), zinc finger nucleases (ZFN) and Cas9-guide-RNA constructs hence called sometimes nuclease-based drives (Taskan & Sakartepe, 2018; Barret et al, 2019 and EFSA GMO Panel, 2020). It spread very fast in the wild with increased resistance allele's generation rate. In addition, reversibility is higher as compared to other designed systems. It was employed extensively with *Drosophila*, *Saccharomyces*, *Anopheles stephensi* and *Anopheles gambiae* (Champer et al., 2016). Apart from homing based drives, there are also X-shredder also known as driving-Y systems or sex-linked meiotic drive system, which is a suppression gene drive. Y chromosome in the modified male mosquito was designed to damage the X chromosomes in the germline (Champer et al., 2016 and Metchanun, 2020). Toxin-antidote under-dominance drive system, which is a replacement gene drive. This drive system employs the combination of toxin and antidotes in order to produce underdominance (Confinement) (Champer et al., 2016 and EFSA GMO panel, 2020). There is *MEDEA* (*maternal-effect-dominant-embryonic-arrest*) drive system, which is a replacement type gene drive (Champer et al., 2016, Barret, 2019 and EFSA GMO panel, 2020). There is Chromosomal rearrangement producing replacement type gene drive (Champer et al., 2016). There is *Wolbachia* Drive System that is used to produce replacement gene drive (Champer et al., 2016 and NEA, 2021).

### 3.2.4. How does gene drive cheats inheritance?

Gene drive inheritance occurs through sexual reproduction but its mechanism is completely different from normal (Mendelian) inheritance. Normally, the offspring inherits two versions of every gene, one from each parent with half probability (50:50) that each particular variant of the gene will be transmitted. Thus, its frequency remains constant in the population (Delborne, 2016 and Alphey, 2020). In gene drive inheritance, if one set of chromosomes contains a 'gene drive'; it cuts the partner chromosome that lacks the gene drive and copy itself onto this chromosome. Therefore, gene drives expression ensures that a certain gene will be usually expressed, with almost a 100% of chance, but depending on gene drive system and its mechanism nature. This allows the variant to spread rapidly through a population to encode a desired trait (Delborne, 2016). Gene drive is not applicable with the use of bacteria as it is done in *Bt*-transgenes because it has to be transmitted exclusively from parents to offspring and this mode of reproduction is not common for bacteria.

### 3.2.5. Key factors for a gene drive program

According to Delborne (2016), various factors influence gene drive propagation. The "**evolutionary fitness**": individuals carrying the gene drive should have adequate ability to produce fertile offspring as compared to individuals not carrying the gene drive. The "**conversion rate**": which describes how the gene drive is passed to subsequent generations when one parent carries the gene drive and the other does not. The "**gene flow**": which describes how the gene drive moves between different populations of the target species. The "**horizontal gene transfer**" or the potential for gene drives to move from the target species into entirely different species.

Other important elements are very imperative especially during wild propagation and monitoring of gene drive. They include first "**fitness cost**": it is the effort of organism's population to survive anti-evolutionary factors. It is mostly important in suppression type gene drives where important genes for survival (for non-developing offspring) or reproduction of the target population (fertility reduction, sex ratio biasing toward males) are influenced (Buchman et al, 2018). In addition, fitness cost is involved by introducing a gene drive for reducing organism's lifespan. The "**Self-sustenance and self-limitation of a gene drive**": Some gene drives involve drive genes that progressively increase in frequency in a target population and ideally become stable after some generations. They are mostly used in a condition that spatially unrestricted gene drives are required and include CRISPR-Cas9 based drives (Gantz et al., 2015 and EFSA GMO Panel, 2020). Whereas self-limiting drives employ drive genes that will limitedly spread in period of time or within a limited area (EFSA GMO Panel, 2020). That is caused by the gradual reduction in its frequency over a limited number of generations and are outcompeted by wild counterparts (Esvelt et al., 2014 and Marshall & Akbari, 2018). The "**gene drive markers**": They are genes that may help to biotechnologically track gene drive organisms in their habitat because gene drives need monitoring and temporarily and spatially can escape

confinements (DiCarlo et al., 2015). The “**technical efficacy**”: It is the measure of how similar the gene drives will be spread in wild compared to how they spread during laboratory trials. The “**gene drive threshold**”: it is the rate of organisms (% of the target population size) that will be released into the wild in order to achieve the intended level of gene drive spread. Below that threshold, gene drive distinct in early generation before it become spread (EFSA GMO Panel, 2020). The gene drive threshold is determined by fitness cost and gene flow pattern because they are not readily estimated during laboratory experimentation. Therefore, it helps not only in measuring drive’s efficacy but also in determining the probability of gene drive flow in non-targeted populations (Lunshof et al., 2020).

### 3.2.6. Mechanism of experimental gene drive

The mechanism of a standard gene drive technology i.e. without caring on which kind of template gene or drive system must involve the following stages to produce self-propagating gene drive. The first stage is the laboratory instruction for gene drive elements propagation. It refers to the identification of the important gene and Recoding important gene to build DNA cassette (Esvelt, 2016; 2019). The DNA cassette contains three elements being the gene encoding the bacterial Cas-9 protein (enzyme), a gene coding a guide RNA that targets a particular site in the genome and the flanking sequences which allow the cassette to insert at a given target site (Gantz & Bier, 2015, Hammond et al., 2016 and Courtier-Orgogozo et al., 2017). Then the CRISPR system is built by supplementing DNA cassette and required endonucleases. The second stage is a self-propagation of drive system in laboratory. It generally involves first the matching and cutting of the DNA’s target site in wild genome. The second is the DNA cleavage to allow a drive construct replacing the wild gene with a drive gene on the allele. Later the generated DNA is repaired and then copied in order to form homology of drive. Remember that gene drive is transmitted through sexual reproduction in its meiotic phase. This allows the gamete to receive instructions from doing genome editing on its own. In this way, every single gene drive transgenic mating with a wild organism give rise to the gene drive transmission (Alphey, 2020). The last stage is the release of gene drive organism and monitoring of its spread in the wild. Default expectation in a standard gene drive program is that the gene drive is likely to spread in the wild.

In experimental gene drive, precision measure is important as it determines potential risks. The homing rate and the ratio of Homology Directed Recombination to Non-Homologous End-Joining are the measures of experimental precision. After the CRISPR-Cas9 system is applied in gene drive technology, two forms of results that have to determine the success of the process are possible (Esvelt et al., 2014). The important gene on DNA strand has to be successfully copied as a strict copy by responsible endonucleases. That is technically called *homologous recombination*. In contrast, some mechanisms may not involve full precision where parts of separate genes can recombine only under the directive of active sites but this also includes impurities (Champer et al., 2019 and Barrett et al., 2019). This is called *non-homologous end joining*

and is considered a disrupted gene (Esvelt et al., 2014, RSTA Gene Editing Panel, 2017 and Esvelt, 2019). Mosquitoes of either homozygous or heterozygous drive transgene presented 10% higher mortality rate than wild-type mosquitoes (Selvaraj et al., 2020).

There are theoretical statements that gene drive can cause regional or even global extinction of some pests. This is provisional to self-sustaining or global gene drives (Steinbrecher & Wells, 2019). Restoration of wild type gene in population replacement drive is possible. Nevertheless, this can be trusted when homing rate is complete because the wild-type version of the sequence will be pure when edited gene by the gene drive is excluding off-target sequences. The addressing of this issue had researched exclusively in the laboratory by use of the system of a reversal gene drive (DiCarlo et al., 2015). This can be supported of the fact that some researches shown that homing rate depletes with generations. Hommond et al., (2016) found the homing rate of 91.4 - 99.6 % in early generations, which reduced to 69 % in late generations. The resistance tested was in-frame mutation, means the possibility of a mutation in a targeted genome. In addition, homing rate varies according to the used cell i.e. can be less in eggs while being more in male gamete (Gantz et al., 2015).

### 3.2.7. Current gene drive governance status

Governance is a domestically and/or internationally existing hierarchical and authoritative framework for a given program (Kelsey et al., 2020). Within that framework, a number of regulations have to be mutually and democratically agreed upon or approved by a central authority after being collaboratively developed. Whereas the above said regulations should comprise all necessary collective ethical, socio-economic, political, environmental, health and safety values and concerns especially in scientific works under growth like gene drive. Governance structure in terms of federal level, either democratic, monarchy or constitutional) impose the formal process of regulations and laws issued by administrations and local governments. By now, there is no formal governance or process of regulation of gene drive technology and the release of gene drive insects on international level (Lunshof et al., 2020). This is very problematic, as policy undermines existing innovative approaches to improving the gene drives by allowing conflicts between scientific integrity and institutional interests. Therefore, universal gene drive governance must be in place to foster conditions under which new technologies can be sustained (Kelsey et al., 2020).

*Bt* transgenes have adopted of economic crops that cannot be physically consumed such as cotton (Aydin et al., 2013). The fact that they are so problematic to health and environment (as shown in Table 1) make it so logical since genetic pollution must avoided for public health benefits. The remaining issues for environmental protection them created the limitation for wide use of *Bt* transgenes in many countries including Turkey. Whereas the limitations in gene drive are not based on their effects to environment (RSTA Gene Editing Panel, 2017). In other words, the

serious challenges in gene drives are not scientific dependent but more related to socio-political considerations (Dearden et al., 2017 and Esvelt, 2019). According to Courtier-Orgogozo et al., (2017), gene drive organisms are called wild GMOs because are expected to act exclusively in the wild. Gene drives works better for pests that reproduce sexually and that have short generation times (Esvelt, 2019). This goes in accordance with the

point that in agricultural pest management, pests reproducing so quickly are the most threatening. On the other hand, other potential pests are economically damaging throughout the whole year with big life span and long reproduction cycle. In this way, the latest gene drive technology is not yet suitable for all pests and needs expansion.

Table 1. Mean cutting parameters of plant stalk in tests with a smooth knife

No	GMOs risks and negative effects	Specific Source	Bt/GMOs	Gene Drive/GMOs	Comparative Comments
<b>A Scientific</b>					
1	Food safety problems	-Allergenicity, -Antibiotic resistance	V	X	Not necessary to consume gene drive GMOs differently to <i>Bt</i> crops.
2	Horizontal and Vertical gene flow due to Bt toxins in ecosystem.	Genetic residues' bioaccumulation causing unintended gene flows.	V	X	<i>Bt</i> -technology is less specific as Bt-genes can flow through plasmids etc. while gene drive is only transmitted sexually with 100% specificity.
3	Development of pesticide resistant weeds and insects.		V	v	It is more likely in <i>Bt</i> -transgenes, but less likely in the gene drives unless the rate of development is slow.
4	Risks for non-target organisms	Reduced specificity for Bt-toxins	V	X	<i>Bt</i> -toxins can kill non-targeted species (Lövei et al., 2009) whereas gene drives are sexually spread and different species or strains are essentially not inter-fertile. In addition, targeted species may be suppressed together with their traits of important ecological service (in a case of polyploidy). However, it is not common for gene drives hence are limited.
5	Health and biological system damage and loss of natural ecosystem services	Degradation kinetics and unintended genetic pollutions	V	v	
6	Targeted species disintegration or extinctions (Medina, 2017, Esvelt, 2019)	Due to population suppression or knock out	-	v	Impossible for <i>Bt</i> -transgenes and less likely in gene drives when it is a global drive because gene drive is actively reversible and limited in space and time (Esvelt et al., 2014 & Steinbrecher et al., 2019).
7	Ride along	Due to accidental insertion of a given gene into a gene drive	-	V	This is particular to gene drive.
<b>B Socio-Economical</b>					
8	Unintended market problems	Brand value degradation due to reduced social trust	V	V	Both <i>Bt</i> -transgenes and Gene drive still experience lack of public trust in terms of consumption (varying with sates, cultures, social views)
9	Potentially high exposure to compensation liability	In case of health and environmental damage	V	V	Both <i>Bt</i> -transgenes and Gene flow have to guarantee for any side effects that may degrade health and ecosystem.

Given the gene drive transgenes against agricultural pests, when the project concerned is designed with adequate specificity and precision, the pests may remain harmless in the wild and possibly without any contact with humans. The following are the reasons why wild GMOs should be adopted. Natural selection act by eliminating altered and/or unfit genes. However, this is provisional for genes that are governed by basic rules of inheritance. Among genes that

do not obey these rules and expected ratios of allele's expression to offspring as in Mendelian Genetics are therefore used for gene drives (Esvelt, 2019). Gene drives are natural and ubiquitous (Delborne, 2016 and Esvelt, 2019). This make them safer and much more stable not to be confused with other GMOs. Gene drive organisms are supposed not to be consumed and are less likely come into significant interaction with health. Easy to be produced, to

be evaluated, to be anticipated of consequences and to be controlled by modelling. Gene drive propagation in wild population is a relatively slow and reversible process. Recent technological advance renders gene drives with no genetic pollutants and toxic residues (when homing rate is 100%) (Kyrou et al., 2018 and KaramiNejadRanjbar et al., 2018). Economic (cheap), fast, accurate and efficient (Courtier-Orgogozo et al., 2017). Delborne, (2016) declared in their seminar paper, gene drive program as a whole should employ different sciences including gene drive research, values with ethics, governance, public engagement, risk assessment and phased testing. Gene drive application deserves to be applied on harmful or threat organisms in order to reduce risks to health and ecosystem.

Another approach in entomological applications for agricultural pests is that gene drive may be used to increase the susceptibility to plant's defensive biochemical molecules. Gene drives could be used to eliminate pesticide resistance (Esvelt et al., 2014). Medina (2017) states that the fact that pesticide resistance is already a consequence of wrong human intervention, using gene drive for eradication is a non-logical. Here, the fact that not all pesticides are safe in different degrees support that a gradual elimination of pesticide use in agriculture is definitely a big advantage. Apart from a sustainable plant protection that can be provided by the coverage of gene drive population on a wide area, produced crops can be of quality and may not be subjected to pesticide residue controls. May be some pests which do not play a critical ecological role may be interfered in their reproduction genes to be altered using gene drive (Burt, 2003). Insects such as thrips are completely harmful in ecosystem because are physically damaging and transmit viral diseases. Such pest's interests to colonize agricultural crops can be attenuated thus remaining on wild plants. Whereas viral disease transmission trait can be prevented by adopting the immunity trait of a pest to host that pathogenic virus. According to Barret et al., (2019), gene drive can be readily exploited to control weeds. Two elementary ways can be followed. The first being to suppress weed's population and secondly to sensitize weed populations.

Targeting natural enemies is probably the last priority choice. However, some natural enemies can be supplemented of traits that enable them to repel pests. As example, wild pollinators can be provided of a trait encoding biosynthesis of repellents for thrips control. Insecticides have been being applied frequently and natural enemies have threatened due to pesticide's side effects or reduced specificity to pests (El-Wakeil et al., 2014). Gene drives could protect natural enemies and other ecologically important insects such as bees by making them resistant to such pesticide's active ingredients. However, gene drive technology is not ensuring the safety and conservation of targeted insects. Targeting one or two charismatic or beneficial species will not be an ideal solution (Delborne, 2016, Medina, 2017 and Barrett et al., 2019). Thus, implementation of this strategy should only be allowed in situations in which pesticide effects are extreme and gene drive is relatively improved.

#### 4. Conclusion

Many debates have extensively executed about GMOs especially *Bt*-crops and taken decisions have been always bipolar. This is because their disadvantages are more important against both health and environment. Whereas gene drive is a fast growing field and scientists are focusing on relevant last issues. According to our study, gene drives present less cues compared to other GMOs and their scientific applicability guarantee effectiveness when adopted particularly for pest control. Based on scientific soundness, gene drive may be much more suitable to be adopted and disseminated for pest control compared to *Bt*-transgenes (Table 1). However, a serious problem is its poor regional and lack of universal governance making it publicly not famous and low trusted. Many developing countries, farming systems and agricultural policies are captive to social concerns and this low flexibility has led to incompatibility with recently rapidly growing technologies such as gene drive. We agree with many researchers, regulators and other decision-makers who recommend that the reliance upon a "reversal" gene drive as the sole strategy for mitigating the effects of gene drive is worse than choosing safe gene drive platform. It is required to establish universal gene drive governance (as stated above) for wise dissemination this technic not only for public health protection but also for agricultural pest control. As the technology will be rendering gene drive status adequately safe, another important issue will be to improve the social trust by allowing criticism on social, cultural, legal and economic implications of revolutionary gene-drive technology.

#### Conflict of Interest

The article authors declare that there is no conflict of interest between them.

#### Authors' Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article.

#### 5. References

- Alphey, L.S., Crisanti, A., Randazzo, F. F., & Akbari, O. S. (2020). Opinion: Standardizing the definition of gene drive. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(49), 30864-30867.
- Aydın, C.İ., Özertan, G., & Özkaynak, B. (2013). Assessing the GMO debate in Turkey: The case of cotton farming. *New Perspectives on Turkey*, 49, 5-29.
- Bakhsh, A., Khabbazi, S. D., Baloch, F. S., Demirel, U. Çalışkan, M. E., Hatipoğlu, R., Özcan, S., & Özkan H. (2015). Insect-resistant transgenic crops: retrospect and challenges Insect-resistant transgenic crops: retrospect and challenges. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39(4), 531-548.
- Bakhsh, A., Rao, A. Q., Shahid, A. A., Husnain, T., & Riazuddin, S. (2009). Insect resistance and risk assessment studies in advance lines of *Bt* cotton harbouring *CryIAc* and *Cry2A* genes. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science*, 6(1), 01-11.
- Bakshi, A. (2003). Potential adverse health effects of genetically modified crops. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 6(3), 211-225.
- Barrett, L.G., Legros, M., Kumaran, N., Glassop, D., Raghu, S., & Gardiner, D.M. (2019). Gene drives in plants: opportunities and challenges for weed control and engineered resilience. *Proceedings of the Royal Society of B, Biological Science*, 286, 1-9. <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.1515>

- Buchman, A., Marshall, J.M., Ostrovski, D., Yang, T., & Akbari, O.S. (2018). Synthetically engineered *Medea* gene drive system in the worldwide crop pest *Drosophila suzukii*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115, 4725-4730.
- Burt, A. (2003). Site-specific selfish genes as tools for the control and genetic engineering of natural populations. *Proceedings of the Royal Society of B, Biological Science*, 270, 921-928.
- Champer, J., Buchman, A., & Akbari, O.S. (2016). Cheating evolution: engineering gene drives to manipulate the fate of wild populations. *Nature Reviews-Genetics*. Macmillan Publishers Limited, 17(3), 146-59.
- Courtier-Orgogozo, V., Morizot, B., & Boëte, C. (2017). Agricultural pest control with CRISPR-based gene drive: time for public debate. Should we use gene drive for pest control? *Science and society. EMBO report*, 18(6), 878-880.
- Curry, D. (2002). Farming and Food: A Sustainable Future. *Report of the Policy Commission on the Future of Farming and Food*. London, UK: Her Majesty's Stationery Office: 90-92.
- Dearden, P.K., Gemmill, N. J., Mercier, O. R., Lester, P. J., Scott, M. J., Newcomb, R. D., Buckley, T. R., Jacobs, J. M. E., Goldson, S. G., & Penman, D. R. (2017). The potential for the use of gene drives for pest control in New Zealand: a perspective. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 48(4), 225-244.
- Delborne, J.A. (2016). Gene Drives on the Horizon: Advancing Science, Navigating Uncertainty, and Aligning Research with Public Values. *National Academies of Sciences, Engineering, and Medicines*, 358(6367), 1135-1136. DOI: 10.1126/science.aap9026
- DeFrancesco, L. (2015). Gene Drive Overdrive. *Nature Biotechnology*, 33, 1019-1021.
- DiCarlo, J.E., Chavez, A., Dietz, S.L., Esvelt, K.M., & Church, G.M. (2015). Safeguarding CRISPR-Cas9 gene drives in yeast. *Nature Biotechnology*, 33(12), 1250-1255.
- El-Wakeil, N., Gafaar, N., Sallam, A., & Volkmar, C. (2014). *Side effects of insecticides on natural enemies and possibility of their integration in plant protection strategies*. Insecticides-Development of Safer and More Effective Technologies. (Ed. Stanislaw Trdan, Insecticides), InTech, 548. <http://dx.doi.org/10.5772/54199>.
- Esvelt, K.M. (2016). Openly engineering our ecosystems. *TEDxCambridge*. Online Presentation. <https://www.youtube.com/watch?v=eoRqivhO6NM&t=487s>.
- Esvelt, K.M. (2019). Gene drive. *MIT*. Online Presentation. <https://www.youtube.com/watch?v=7X715cD02sA&t=157s>.
- Esvelt, K.M., Smidler, A.L., Catteruccia, F., & Church, G.M. (2014). Emerging technology: concerning RNA-guided gene drives for the alteration of wild populations. *Elife*, 3: e03401.
- EFSA (European Food Safety Authority) Panel on Genetically Modified Organisms (GMO). (2020). Evaluation of existing EFSA guidelines for their adequacy for the molecular characterisation and environmental risk assessment of genetically modified insects with synthetically engineered gene drives. *European Food Safety Authority Journal*, 18 (11), e06297. doi: 10.2903/j.efsa.2021.6301
- Gantz, V.M., Jasinskiene, N., Tatarenkova, O., Fazekas, A., Macias, V.M., Bier, E., & James, A.A. (2015). Highly efficient Cas9-mediated gene drive for population modification of the malaria vector mosquito *Anopheles stephensi*. *Proceedings of the National Academy of Sciences in U.S.A.*, 112(49), 6736-6743.
- Gantz, V.M., & Bier, E. (2015). The mutagenic chain reaction: A method for converting heterozygous to homozygous mutations. *Science*, 348(6233), 442-444.
- Hammond, A., Galizi, R., Kyrou, K., Simoni, A., Siniscalchi, C., Katsanos, D., Gribble, M., Baker, D., Marois, E., & Russel, S., Burt, A., Windbickler, A.C., Crisanti, A., & Nolan, T. (2016). A CRISPR-Cas9 gene drive system targeting female reproduction in the malaria mosquito vector *Anopheles gambiae*. *Nature Biotechnology*, 34(1), 78-83.
- KaramiNejadRanjbar, M., Eckermann, K.N., Ahmed, H.M.M., Sánchez, C.H.M., Dippel, S., Marshall, J.M., & Wimmer, E.A. (2018). Consequences of resistance evolution in a Cas9-based sex conversion-suppression gene drive for insect pest management. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U S A*, 115(24), 6189-6194.
- Kelsey, A., Stillinger, D., Pham, T.B., Murphy, J., Firth, S., & Carballar-Lejarazu, R. (2020). Global Governing Bodies: A pathway for gene drive governance for vector mosquito control. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 103(3), 976-985.
- Kyrou, K., Hammond, A.M., Galizi, R., Kranjc, N., Burt, A., Beaghton, A.K., Nolan, T., & Crisanti, A. (2018). A CRISPR-Cas9 gene drive targeting double sex causes complete population suppression in caged *Anopheles gambiae* mosquitoes. *Nature Biotechnology*, 36, 1062-1066.
- Londo, J.P., Bautista, N.S., Sagers, C.L., Lee, H.E., & Watrud, L.S. (2010). Glyphosate drift promotes changes in fitness and transgene gene flow in canola (*Brassica napus*) and hybrids. *Annals of Botany* 106(6), 957-965.
- Losey, J.E., Rayor, L.S., & Carter, M.E. (1999). Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature*, 399, 214-215
- Lövei, G.L., Andow, D.A., & Arpaia, S. (2009). Transgenic insecticidal crops and natural enemies: a detailed review of laboratory studies. *Environmental Entomology* 38(2), 293-306.
- Lunshof, J., Shachar, C., & Edison, R., & Jayanti, A. (2020). Technology Factsheet Series: Gene drives. *Belfer center for science and international affairs*. Available on: [belfercenter.org/TAPP](http://belfercenter.org/TAPP).
- Marshall, J.M., & Akbari, O.S. (2018). Can CRISPR-based gene drive be confined in the wild? A question for molecular and population biology. *ACS Chemical Biology*, 13(2), 424-430.
- Messegueur, J. (2003). Gene flow assessment in transgenic plants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 73, 201-212.
- Metchanun, N., Borgemeister, C., von Braun, J., Nikolov, N., Selvaraj, P., & Gerardin, J. (2020). Role of gene drives in an integrated malaria elimination strategy in high burden countries: modeling impact and cost-effectiveness in the Democratic Republic of the Congo. *MedRxiv preprint server for health sciences*.
- Medina, R.F. (2017). Gene drives and management of agricultural pests. *Journal of responsible innovation*, 5, 255-262.
- NEA (National Environmental Agency). (2021). Using male *Wolbachia*-carrying *Aedes aegypti* (*Wolbachia*-*Aedes*) mosquitoes to reduce the dengue mosquito population. *Wolbachia-Aedes* mosquito suppression strategy. *Singapore Government Agency website*. <https://www.nea.gov.sg>.
- Nicolia, A., Manzo, A., Veronesi, F., & Rosellini, D. (2013). An overview of the last 10 years of genetically engineered crop safety research. *Critical Reviews in Biotechnology*, 34(1), 77-88.
- Normander, B., Christensen, B.B., Molin, S., & Kroer, N. (1998). Effect of bacterial distribution and activity on conjugal gene transfer on the phylloplane of the bush bean (*Phaseolus vulgaris*). *Applied and Environmental Microbiology*, 64(5), 1902-1909.
- Perkin, L.C., Adrianos, S.L., & Oppert, B. (2016). Gene disruption technologies have the potential to transform stored product insect pest control. *Insects*, 7(3), 46. <https://doi.org/10.3390/insects7030046>
- Qaim, M. (2009). The economics of genetically modified crops. *Annual Review of Resource Economics*, 1(1), 665-693.
- RSTA (Royal Society Te Apārangi) Gene Editing Panel. (2017). The use of gene editing to create gene drives for pest control in New Zealand. *Royal society of the New Zealand*.
- Saxena, D., & Stotzky, G. (2000). Insecticidal toxin from *Bacillus thuringiensis* is released from roots of transgenic *Bt* corn in-vitro and in-situ. *FEMS Microbiology Ecology*, 33(1), 35-39.
- Selvaraj, P.P., Wenger, E.A., Bridenbecker, D., Windbickler, N., Russell, J.R., Gerardin, J., Bever, C.A., & Nikolov, M. (2020). Vector genetics, insecticide resistance and gene drives: An agent-based modelling approach to evaluate malaria transmission and elimination. *PLOS Computational Biology* 16(8), e108121
- Steinbrecher, R.A., & Wells, M. (2019). Gene Drives, a report on their science, applications, social aspects, ethics and regulations. *Critical Scientists Switzerland (CSS), European Network of Scientists for Social and Environmental Responsibility (ENSSER) and Vereinigung Deutscher Wissenschaftler (VDW)*.
- Taştan, C., & Sakartepe, E. (2018). CRISPR Genom Modifikasyonları T101. *Researchgate*. PhD Thesis.
- Zhang, B.H., Pan, X.P., Guo, T.L., Wang, Q.L., Wang, Q.L., & Anderson, T.A. (2005). Measuring gene flow in the cultivation of transgenic cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Molecular Biotechnology*, 31, 11-20.