



**Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa  
Bilimleri Dergisi**  
Usak University Journal of Science and Natural Sciences

<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>  
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.901151>



*Araştırma makalesi*

**Bazı Çeltik Çeşitlerinde Toksik Düzeyde Demir İçerikli Tam Besin  
Çözeltisi Uygulamasının Taze Yapraklarda Glutasyon Redüktaz ve  
Askorbat Peroksidaz Aktiviteleri Üzerine Etkisi**

*Ahmet Korkmaz\*, Güney Akinoğlu*

*Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ziraat Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye*

*Geliş: 9 Aralık 2021*

*Kabul: 21 Şubat 2021 / Received: 9 December 2021*

*Accepted: 21 February 2021*

**Abstract**

The aim of this study is to determine the effect of toxic level iron containing complete nutrient solution application on glutathione reductase and ascorbate peroxidase activities in fresh leaves in some rice varieties. Iron in the form of iron sulphate is added to rice varieties grown in sand culture; Four different treatments were applied: I) 0, II) 45 µM Fe (sufficient Fe), III) 3.50 mM Fe (toxic Fe), IV) 3.50 mM Fe (toxic Fe + sand media with bentonite) as four different treatments. Among the varieties grown at toxic iron level (3.50 mM Fe), the variety with the highest ascorbate peroxidase enzyme activity value in fresh leaves is the Hamzadere variety, whereas the lowest variety is seen to be Edirne rice variety. Among the varieties grown at toxic iron level (3.50 mM Fe), the variety with the highest glutathione reductase enzyme activity value in fresh leaves is Hamzadere variety, whereas the lowest variety is seen to be Biga incisi rice variety.

**Keywords:** *Rice variety, iron toxicity, glutathione reductase, ascorbate peroxidase*

**Özet**

Bu çalışmanın amacı, bazı çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda glutasyon redüktaz ve askorbat peroksidaz aktiviteleri üzerine etkisini belirlemektir. Kum kültüründe yetiştirilen çeltik çeşitlerine demir sülfat (FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) formunda; I) 0, II) 45 µM Fe (yeterli Fe), III) 3.50 mM Fe (toksik Fe), IV) 3.50 mM Fe (toksik Fe + bentonitli ortam) şeklinde olmak üzere dört farklı muamele uygulanmıştır. Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta askorbat peroksidaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Toksik demir düzeyinde yetiştirilen çeşitlerden glutasyon redüktaz aktivitesi en yüksek çeltik çeşidinin Osmançık-97 çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga İncisi olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Çeltik çeşidi, demir toksisitesi, glutasyon redüktaz, askorbat peroksidaz*

\*Corresponding author:

E-mail: akorkmaz5155@gmail.com (ORCID ID: 0000-0001-5595-0618)

©2021 Usak University all rights reserved.

## **1. Giriş**

Bitkilerin stres faktörlerine karşı olan toleransları farklıdır. Bunda bitkinin türü, stres faktörü, strese maruz kalma süresi ve strese maruz kalan doku veya organın yapısı etkilidir. Bitkilerin bu ağır metallere karşı hangi tepkiler verdiğini ve hangi savunma mekanizmaları geliştirdiğini belirlemek oldukça önemlidir [1].

Abiyotik stres şartları altında bitkilerde reaktif oksijen türleri (ROS) olarak adlandırılan oldukça toksik ve reaktif moleküller oluşmaktadır. Bu moleküller protein, lipid karbohidrat ve DNA'nın yapısını bozarak oksidatif stresin oluşmasına neden olmaktadır. Bu hasarın önlenmesine yönelik olarak bitkiler de antioksidant savunma sistemlerine sahiptir. Bu antioksidant sistemler enzimatik (süperoksit dismutaz, SOD; katalaz, CAT; askorbat peroksidaz, APX; glutatyon redüktaz, GR vb.) ve enzimatik olmayan (fenolik bileşikler, alkaloid, askorbik asit, glutatyon vb.) olmak üzere ikiye ayrılır [2].

Ağır metaller membran lipidlerinin de dahil olduğu biyomoleküllere hasar vererek oksidatif stresin oluşmasına neden olan hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) gibi reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumuna neden olmaktadır [3].

Demir minerali bakımından noksan olan çeltik bitkisinin köklerinde azalmış askorbat peroksidaz seviyelerinin olduğu rapor edilmiştir [4]. Askorbat peroksidaz bir hemoprotein olduğundan Fe eksikliği, askorbat peroksidaz aktivitesinde bir azalmaya neden olur [5, 6, 7]. Demir içeren peroksidaz, katalaz ve süperoksit dismutaz gibi antioksidatif enzim aktivitesinin, bitkinin iç Fe durumu ile ilişkili olduğu bildirilmiştir [8]. Bitkide demir toksisitesine karşı koruma stratejileri; süperoksit dismutaz, katalaz ve askorbat peroksidaz gibi antioksidan enzimlerin etkilerini içeren enzimatik mekanizmaları içerebilir [9, 10]. Enzimatik olmayan mekanizmalar, indirgenmiş glutatyon, a-tokoferol, askorbik asit ve karotenoidler gibi organik bileşikler yoluyla oksijen reaktif türlerini nötraliz edebilir [11].

Becana vd, (1998), serbest  $Fe^{+2}$  iyonunun, bitki hücreleri içerisinde Fenton reaksiyonu yoluyla tekli oksijen, süperoksit radikalleri ( $O\cdot^{-2}$ ), hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ve hidroksil radikali ( $OH\cdot$ ) dahil olmak üzere reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunu hızlandırdığını bildirmişlerdir [5]. ROS'un, toksik olup; lipidlere, proteinlere ve nükleik asitlere verilen zararla doğrudan ilişkili olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Tiryakioğlu vd, (2006), bitkilerin ROS'u uzaklaştırmak ve zararlı etkilerini azaltmak için birkaç koruyucu enzimatik ve enzimatik olmayan mekanizma geliştirdiğini rapor etmişlerdir [12]. CAT, peroksidazlar, askorbat peroksidaz, SOD ve glutatyon redüktaz gibi ROS temizleme enzimleri ile glutatyon, askorbat ve karotenoidler gibi birtakım antioksidanların bitkilerde ROS detoksifikasyonunu gerçekleştirdiği yine aynı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, bazı çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda glutatyon redüktaz ve askorbat peroksidaz aktiviteleri üzerine etkisini belirlemektir.

## **2. Materyal ve Yöntem**

Kum kültüründe sera şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitleri Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiştir. Bu çeşitler: Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitleridir.

## 2.1. Deneme

Çeltik tohumları % 5.0'lık (v/v) sodyum hipoklorit çözeltisi içerisinde 15 dakika bekletilerek, tohumların sterilizasyonu sağlanmıştır. Daha sonra çeltik tohumları deiyonize su ile yıkanıp nemli bez torbalarda çimlendirildi. Çimlenen tohumlar, içerisinde perlit bulunan 40x25x5 cm boyutundaki beyaz plastik küvetlere aktararak 10 gün içinde çeltik fideleri haline gelmesi sağlandı. Çeltik fideleri 1 kg kuvars kumu dolu plastik saksılara (12x12 cm) her saksıda 10 bitki olacak şekilde dikilmiştir.

Çeltik çeşitlerine demir sülfat ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) formunda; I) 0, II) 45  $\mu\text{M}$  Fe (yeterli Fe), III) 3.50 mM Fe (toksik Fe), IV) 3.50 mM Fe (toksik Fe+ bentonitli ortam) şeklinde olmak üzere dört farklı muamele uygulanmıştır.

Denemede saksılardaki kum yüzeyinden itibaren 3 cm su katmanı olacak şekilde besin çözeltisi 5 farklı çeltik çeşidine eşit hacimlerde ilave edilmiştir. Bitki besin çözeltisinin pH'sı seyreltik HCl ya da KOH çözeltisi kullanılarak 5.5'e ayarlanmıştır. Deneme 50 gün sürmüştür.

Denemede Zhang ve ark. (1998) tarafından bildirilen ve demir içermeyen aşağıdaki konsantrasyonlarda mutlak gerekli besin maddelerini içeren bitki besin çözeltisi kullanılmıştır [13].

500  $\mu\text{M}$   $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; 60  $\mu\text{M}$   $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ; 230  $\mu\text{M}$   $\text{K}_2\text{SO}_4$ ; 210  $\mu\text{M}$   $\text{CaCl}_2$ ; 160  $\mu\text{M}$   $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; 2.5  $\mu\text{M}$   $\text{MnCl}_2$ ; 0.75  $\mu\text{M}$   $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ ; 3.2  $\mu\text{M}$   $\text{H}_3\text{BO}_3$ ; 0.1  $\mu\text{M}$   $\text{CuSO}_4$ ; 2.0  $\mu\text{M}$   $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

## 2.2. Bitkinin taze yaprağında bazı enzim aktivitelerinin belirlenmesi

Taze yapraklarda glutasyon redüktaz (GR) ve askorbat peroksidaz (APX) aktivitesini belirlemek amacıyla; demir noksanlığı, yeterli demir düzeyinde ve bentonitli ve bentonit ilavesiz toksik demir düzeylerinde yetiştirilen çeltik çeşitlerinden ayrı ayrı besin çözeltisi uygulamasından 3 gün sonra enzim analizleri için bitkilerden taze yaprak örnekleri alınmıştır. Hasat edilen çeltik bitkisi yaprakları sıvı azotla dondurularak, biyokimyasal analizlere kadar -86 °C'de saklanmıştır. Bazı enzim analizleri için bitki ekstraktının hazırlanmasında ise aşağıdaki proses gerçekleşmiştir:

GR ve APX enzimlerinin ekstraksiyonu için yaklaşık 0.5 g taze yaprak örneği sıvı azot içerisinde porselen havan yardımıyla ezilip toz haline getirildikten sonra, % 1.0 (w/v) polivinil polipirrolidon (PVPP) ve 1.0 mM EDTA içeren 0,05 M sodyum fosfat tamponuyla (pH 7.8) içerisinde homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler 20 dakika süresince 20.000 x g'de santrifüj edildikten sonra elde edilen süpernatantlar, enzim analizlerinde kullanılmıştır. Enzim aktivitelerinin belirleneceği örnekler, ölçüm yapılıncaya kadar  $\pm 4$  °C sıcaklıkta tutulmuştur.

Taze yaprak örneklerinde Askorbat peroksidaz (APX) aktivitesi, Amako vd, (1994) tarafından bildirilen metoda göre yapılmıştır [14]. Glutasyon redüktaz (GR) aktivite tayini, NADPH'nin oksidasyonununun 340 nm'de izlenmesi esasına dayanmaktadır. Aktivite ölçümü, 50 mM potasyum fosfat (pH=7.0) tamponu, 2.0 mM  $\text{Na}_2\text{EDTA}$ , 0.15 mM NADPH, 0.5 mM GSSG ve 100 mL enzim ekstraktı içeren karışımın 1 mL'sinin 3 dakikada 340 nm'deki değişimi ölçülerek yapılmıştır (Jiang vd, 2002) [15].

Numune ölçümleri OMÜ Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü laboratuvarında Analytic Jena 40 model UV-Spektrofotometre cihazı kullanılarak yapılmıştır. Her aktivite tayininde ölçümler 3 kez tekrarlanmıştır.

### 2.3. İstatistiksel Analizler

Faktöriyel deneme deseni 5 x 4 olup, varyans analizi SPSS 17.0 paket programı ile yapılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Toksik düzeyde demir içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinde taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivitesi üzerine etkisi

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivitesine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivitesine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Özellik	Varyasyon kaynakları							
	Demir sülfat dozu		Çeşit		Demir sülfat dozu x çeşit interaksiyonu		Hata	
	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
Glutatyon redüktaz	3	0.001*	4	0.001	12	9.737E-5*	40	4.938E-5

\*\*p<0.01; \*p<0.05; SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivitesine etkisine ilişkin değerler Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivitesine etkisi

Çeltik çeşidi	Glutatyon redüktaz Spesifik aktivite (EU / mg)				Ortalama
	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	
Biga incisi	0.024bcde	0.032abcd	0.027bcde	0.032abcd	0.0289
Osmancık-97	0.015e	0.029bcd	0.044a	0.032abcd	0.0301
Hamzadere	0.025bcde	0.029bcd	0.029bcd	0.019de	0.0252
Ronaldo	0.029bcd	0.035abc	0.031abcd	0.038ab	0.0333
Edirne	0.024bcde	0.026bcde	0.029bcd	0.026bcde	0.0262
Ortalama	0.0233B	0.0304A	0.0319A	0.0294A	

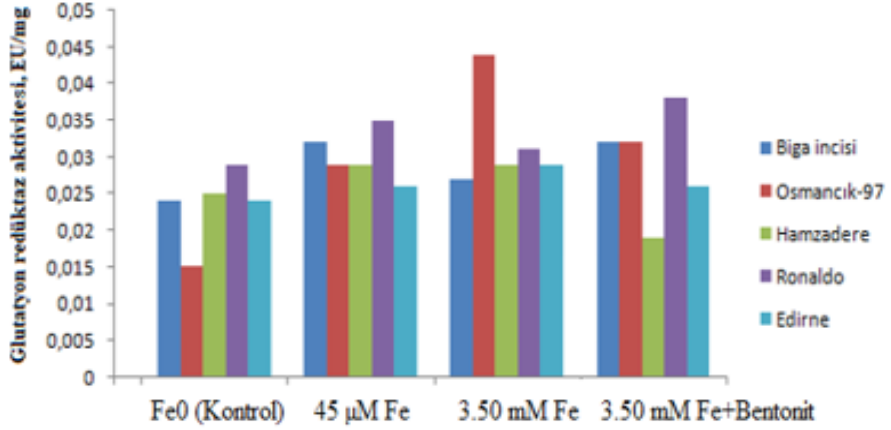
\*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Tablo 1 ve 2'nin incelenmesinden anlaşılacağı üzere demir dozunun, demir dozu×çeşit interaksiyonunun taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivitesine etkisi p<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın, taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivitesine çeşidin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Yeterli demir düzeyi, toksik demir düzeyi ve bentonit ilaveli kum ortamındaki toksik demir düzeyi uygulamaları, kontrole kıyasla çeltik bitkisinin taze yapraklarında glutatyon redüktaz

aktivitesini önemli derecede arttırmıştır. Çeltik çeşitleri taze yapraklarda glutatyon redüktaz aktivite değerleri bakımından birbirlerine benzer bulunmuştur (Tablo 2).

Toksik konsantrasyonda demir uygulaması sonucu, Osmancık-97 ve Edirne çeltik çeşitlerinde glutatyon redüktaz aktivitesi artış göstermiş; buna karşın, diğer çeşitlerde azalma eğilimi göstermiştir.

Değişik konsantrasyonlarda demir içeren demir sülfatlı besin çözeltileri ile yetiştirilen çeşitlerin taze yapraklarında belirlenen glutatyon redüktaz aktivite değerleri farklılık göstermiştir (Şekil 1).



**Şekil 1.** Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta glutatyon redüktaz enzim aktivitesine etkisi

Şekil 1'in incelenmesinden anlaşılacağı üzere demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitleri arasında taze yaprakta glutatyon redüktaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Osmancık-97 çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Yeterli demir düzeyinde (45 µM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta glutatyon redüktaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta glutatyon redüktaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Osmancık-97 çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Bentonit ilaveli kum ortamında toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe + % 10 Bentonit) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta glutatyon redüktaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Kum ortamına toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması sonucu Osmancık-97 çeltik çeşidinde taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivitesi kontrole göre % 193.3; yeterli demir düzeyine göre ise % 51.7 oranında artış göstermiştir. Toksik düzeyde demir içeren demir sülfatlı besin çözeltisi uygulamasının, yeterli demir düzeyine kıyasla taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivitesine etkisi Hamzadere çeltik çeşidinde önemsiz bulunmuştur. Ek olarak, toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması, yeterli demir düzeyine göre taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivitesini Biga incisi ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde azaltmış; fakat Edirne ve Osmancık-97 çeltik çeşitlerinde ise arttırmıştır.

Toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulanan çeşitler taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivite değerleri bakımından yüksek değerden düşük değere doğru sırasıyla;

Osmancık-97 >Ronaldo > Edirne >Hamzadere >Biga incisi şeklinde sıralanmıştır. Buna göre toksik demir düzeyinde yetiştirilen çeşitlerden glutatyon redüktaz aktivitesi en yüksek çeltik çeşidinin Osmancık 97 çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga İncisi olduğu tespit edilmiştir.

Demir noksanlığı şartlarında (Fe0) ise çeşitler taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivite değerleri bakımından büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Ronaldo > Hamzadere > Edirne > Biga incisi > Osmancık-97 şeklinde sıralanmıştır. Yeterli demir düzeyinde ise taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivite değerleri bakımından çeşitler büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Ronaldo > Biga incisi > Osmancık-97 > Hamzadere > Edirne şeklinde sıralanmıştır. Bentonit ilaveli (% 10) kum ortamına toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeşitler taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivite değerleri bakımından büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Ronaldo > Biga incisi > Osmancık-97 > Edirne > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır.

Glutatyon redüktaz; glutatyon peroksidazın ve glutatyon S-transferazın katalizlediği reaksiyonlar esnasında oluşan okside glutatyonu redükte glutatyonu dönüştürmek sureti ile dolaylı olarak antioksidan etki gösteren bir enzimdir [16].

### 3.2. Toksik düzeyde demir içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinde taze yaprakta askorbat peroksidaz aktivitesi üzerine etkisi

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta askorbat peroksidaz aktivitesine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta glutatyon redüktaz aktivitesine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Özellik	Varyasyon kaynakları							
	Demir sülfat dozu		Çeşit		Demir sülfat dozu × çeşit interaksiyonu		Hata	
	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
Askorbat peroksidaz	3	0.021**	4	0.003**	12	0.033**	40	9.935E-5

\*\*p<0.01; \*p<0.05; SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta askorbat peroksidaz aktivitesine etkisine ilişkin değerler Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4.** Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta askorbat peroksidaz aktivitesine etkisi

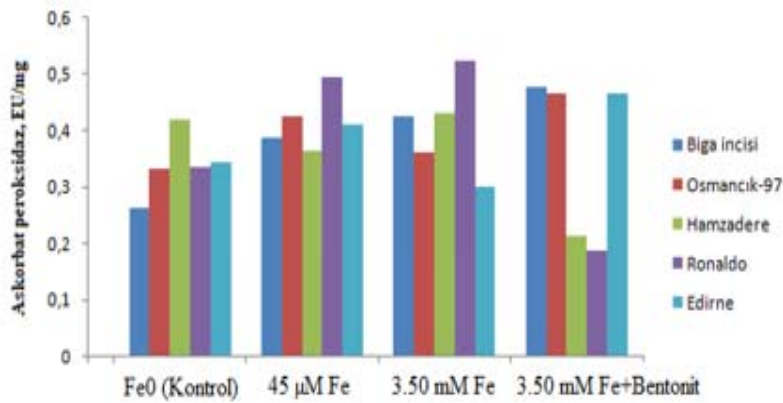
Çeltik çeşidi	Askorbat peroksidaz spesifik aktivite (EU / mg)				Ortalama
	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	
Biga incisi	0.262j	0.388f	0.424de	0.478bc	0.3883AB
Osmancık-97	0.331h	0.424de	0.361g	0.466c	0.3960A
Hamzadere	0.418de	0.364g	0.432d	0.212k	0.3568C
Ronaldo	0.336h	0.494b	0.525a	0.187l	0.3861B
Edirne	0.344h	0.412e	0.301i	0.466c	0.3803B
Ortalama	0.3385D	0.4170A	0.4090B	0.3613C	

\*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Tablo 3 ve 4'ün incelenmesinden anlaşılacağı üzere demir dozunun, çeşidin, demir dozu×çeşit interaksiyonunun taze yaprakta askorbat peroksidaz aktivitesine etkisi  $p < 0.01$  seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yeterli ve toksik düzeyde demir sülfat içeren besin çözeltisi uygulamaları (bentonitsiz ve bentonit ilaveli kum ortamında) kontrole kıyasla, taze yaprakta askorbat peroksidaz aktivitesini önemli derecede arttırmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, taze yaprakta askorbat peroksidaz aktivite değerleri bakımından çeltik çeşitler büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Osmancık-97 > Biga incisi > Ronaldo > Edirne > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır (Tablo 4).

Toksik konsantrasyonda demir uygulaması sonucu, Biga İncisi, Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde askorbat peroksidaz aktivitesi artış göstermiş; buna karşın, diğer çeşitlerde azalma eğilimi göstermiştir.

Değişik konsantrasyonlarda demir içeren demir sülfatlı besin çözeltileri ile yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında belirlenen askorbat peroksidaz aktivite değerlerinin farklı olduğu görülmüştür (Şekil 2).

**Şekil 2.** Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta askorbat peroksidaz enzim aktivitesine etkisi

Şekil 2'nin incelenmesinden anlaşılacağı üzere demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitleri arasında taze yaprakta askorbat peroksidaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Hamzadere çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Yeterli demir düzeyinde (45 µM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta askorbat peroksidaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta askorbat peroksidaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Ronaldo çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Bentonit ilaveli kum ortamında toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe + % 10 Bentonit) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta askorbat peroksidaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Biga incisi çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Ronaldo çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Askorbat peroksidaz (APX), substrat olarak askorbatı kullanarak H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> gibi peroksitleri detoksifiye eden enzimdir (Raven, 2000).

Biga incisi çeltik çeşidine toksik düzeyde demir (3.50 mM Fe) içeren tam besin çözeltisi uygulaması, yeterli düzeyde demir (45 µM Fe) içeren tam besin çözeltisi uygulamasına kıyasla taze yaprakta peroksidaz ve glutatyon redüktaz enzim aktivitesini azaltmış; fakat katalaz ve askorbat peroksidaz enzim aktivitesini arttırmıştır.

Osmancık-97 çeltik çeşidine toksik düzeyde demir (3.50 mM Fe) içeren tam besin çözeltisi uygulaması, yeterli düzeyde demir (45 µM Fe) içeren tam besin çözeltisi uygulamasına kıyasla taze yaprakta peroksidaz, katalaz, ve askorbat peroksidaz enzim aktivitesini azaltmış; fakat glutatyon redüktaz enzim aktivitesini arttırmıştır.

Hamzadere çeltik çeşidine toksik düzeyde demir (3.50 mM Fe) içeren tam besin çözeltisi uygulaması, yeterli düzeyde demir (45 µM Fe) içeren tam besin çözeltisi uygulamasına kıyasla taze yaprakta peroksidaz enzim aktivitesini azaltmış; fakat katalaz ve askorbat peroksidaz enzim aktivitesini arttırmış, glutatyon redüktaz aktivitesinin seviyesini ise etkilememiştir.

Ronaldo çeltik çeşidine toksik düzeyde demir (3.50 mM Fe) içeren besin çözeltisi uygulaması, yeterli düzeyde demir (45 µM Fe) içeren tam besin çözeltisi uygulamasına kıyasla taze yaprakta peroksidaz, katalaz, glutatyon redüktaz enzim aktivitesini azaltmış; fakat askorbat peroksidaz aktivitesini arttırmıştır.

Edirne çeltik çeşidine toksik düzeyde demir (3.50 mM Fe) içeren tam besin çözeltisi uygulaması, yeterli düzeyde demir (45 µM Fe) içeren tam besin çözeltisi uygulamasına kıyasla taze yaprakta peroksidaz, katalaz, askorbat peroksidaz enzim aktivitesini azaltmış; fakat glutatyon redüktaz enzim aktivitesini arttırmıştır.

Mineral eksiklikleri, antioksidan enzimlerin aktivitesini etkileyen ana stres faktörleri arasındadır (Chou vd, 2011). Özellikle demir (Fe) minerali, hem az hem de toksik seviyelerde bulunduğu oksidatif strese yol açabilir. Aslında, Fe birçok antioksidan enzimin bir kofaktörüdür ve aynı zamanda "Fenton reaksiyonu" yoluyla reaktif oksijen türleri (ROS) üretebilir [8]. Bitkiler, ROS üreten zincir reaksiyonlarının yayılmasını durduran bir dizi antioksidatif yanıt yoluyla değişen Fe homeostazından kaynaklanan oksidatif hasarı azaltmak için farklı mekanizmalar geliştirmiştir. Bu durumda, O<sub>2</sub>'yi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'ye dönüştüren süperoksit dismutaz (SOD), ROS'a karşı ilk savunma hattını oluşturur [18]. Bu antioksidan tepkinin, bitkileri aşırı UV ışığı, tuzluluk, kuraklık, ağır metaller ve besin yoksunluğu dahil üzere çeşitli çevresel stresler altında oksidatif hasara karşı korumak için kritik olduğu düşünülmektedir [19]. Aynı zamanda, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> detoksifikasyonu spesifik olmayan peroksidaz (POD) ve katalaz (CAT) enzimleri tarafından kontrol edilebilir [20].



## 4. Sonuçlar

Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta askorbat peroksidaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Ronaldo eşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Edirne eltik çeşidi olduğu görülmektedir. Toksik konsantrasyonda demir uygulaması sonucu, Biga İncisi, Hamzadere ve Ronaldo eltik çeşitlerinde askorbat peroksidaz aktivitesi artış göstermiş; buna karşın, diğer çeşitlerde azalma eğilimi göstermiştir.

Toksik demir düzeyinde yetiştirilen çeşitlerden glutasyon redüktaz aktivitesi en yüksek eltik eşidinin Osmançık 97 eşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga İncisi olduğu tespit edilmiştir. Toksik konsantrasyonda demir uygulaması sonucu, Osmançık-97 ve Edirne eltik çeşitlerinde glutasyon redüktaz aktivitesi artış göstermiş; buna karşın, diğer çeşitlerde azalma eğilimi göstermiştir.

## Teşekkür

Bu alışma, Güney Akınoğlu'nun doktora tezinden hazırlanmıştır.

Denemede materyal olarak kullanılan eltik çeşitlerinin teminini sağlayan; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne teşekkür ederiz. Ayrıca, bu çalışmanın laboratuvar analizleri aşamasındaki katkılarından dolayı Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü asistanlarına çok teşekkür ederiz.

## ıkar atışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar atışması olmadığını beyan ederler.

## Kaynaklar

1. Koç E, stn AS, Arıcı YK. Biber (*Capsicum annum* L.) fidelerinde farklı çinko konsantrasyonlarının total protein, hidrojen peroksit içeriği ve peroksidaz aktivitesi üzerine etkisi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2012;13(2):205-212.
2. Gill SS, Tuteja N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry, 2010;48:909-930.
3. Burzynski M, Klobus G. Changes of photosynthetic parameters in cucumber leaves under Cu, Cd and Pb stress. Photosynth 2004;42(4): 505-510.
4. Chen L, Ding C, Zhao X, Xu J, Mohammad AA, Wang S, Ding Y. Differential regulation of proteins in rice (*Oryza sativa* L.) under iron deficiency. Plant Cell Reports, 2015;34:83-96.
5. Becana M, Moran JF, Iturbe-Ormaetxe, I, Escuredo, PR. Iron-dependent oxygen free radical generation in plants subjected to environmental stress: toxicity and antioxidant protection. Plant Soil, 1998;201(1):137-147. doi: 10.1023/A:1004375732137

6. Iturbe-Ormaetxe I, Moran JF, Arrese-Igor C, Gogorcena Y, Klucas YC, Becana M. Activated oxygen and antioxidant defences in iron-deficient pea plants. *Plant Cell and Environment*, 1995;18:421-429.
7. Sun B, Jing Y, Chen K, Song L, Chen F, Zhang L. Protective effect of nitric oxide on iron deficiency-induced oxidative stress in maize (*Zea mays*). *Journal of Plant Physiology*, 2007;164(5):536-43. doi: 10.1016/j.jplph.2006.02.011.
8. Daşgan HY, Öztürk L, Abak K, Çakmak I. Activities of iron-containing enzymes in leaves of two tomato genotypes differing in their resistance to Fe chlorosis. *Journal of Plant Nutrition*, 2003;26:1997-2007.
9. Majerus V, Bertin P, Swenden V, Fortemps A, Lobréaux S, Lutts S. Organ-dependent responses of the African rice to short-term iron toxicity: ferritin regulation and antioxidative responses. *Biology Plant*, 2007b;51:303-312.
10. Saikia T, Baruah, KK. Iron Toxicity Tolerance in Rice (*Oryza sativa*) and Its Association with Anti-Oxidative Enzyme Activity. *Journal of Crop Science*, 2012;3(3):90-94.
11. Smirnoff N. Ascorbate, tocopherol and carotenoids: metabolism, pathway engineering and functions. In: Smirnoff N (Ed) *Antioxidants and reactive oxygen species in plants*. 1st Edn. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2005. p. 53-86.
12. Tiryakioğlu M, Eker S, Özkutlu F, Husted S, Çakmak I. Antioxidant defense system and cadmium uptake in barley genotypes differing in cadmium tolerance. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2006;20:181-189. doi:10.1016/j.jtemb.2005.12.004
13. Zhang X, Zhang F, Mao D. Effect of Fe plaque outside roots on nutrient uptake by rice (*Oryza sativa L.*): zinc uptake. *Plant and Soil*, 1998;202:33-39.
14. Amako K, Chen G-X, Asada K. Separate assays specific for ascorbate peroxidase and guaiacol peroxidase and for the chloroplastic and cytosolic isozymes of ascorbate peroxidase in plants. *Plant Cell Physiology*, 1994;35:497-504.
15. Jiang M, Zhang J. Water stress-induced abscisic acid accumulation triggers the increased generation of reactive oxygen species and up-regulates the activities of antioxidant enzymes in maize leaves. *Journal of Experimental Botany*, 2002;53(379):2401-2410.
16. Peter H. Proctor and Edward S.Reynolds, Free radicals and disease in man, *Psiolo Che-Phys-Med*, 1984;16:175-195.
17. Chou T-S, Chao Y-Y, Huang W-D, Hong C-Y. Effect of magnesium deficiency on antioxidant status and cadmium toxicity in rice seedlings. *Journal of Plant Physiology*, 2011;168(10):1021-1030.
18. Mittler R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, 2002;7(9): 405-410.
19. Molassiotis A, Sotiropoulos T, Tanou G, Diamantidis G. Boron-induced oxidative damage and antioxidant and nucleolytic responses in shoot tips culture of the apple rootstock EM 9 (*Malus domestica* Borkh). *Environmental and Experimental Botany*, 2006a;56(1):54-62.
20. Corpas FJ, Palma JM, Sandalio LM, López-Huertas E, MC, Romero-Puertas MC, Barroso JB, Del Río LA. Purification of catalase from pea leaf peroxisomes: identification of five different isoforms. *Free Radical Research*, 1999;31:235-241.



**Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa  
Bilimleri Dergisi**  
Usak University Journal of Science and Natural Sciences

<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>  
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.924036>



*Araştırma Makalesi*

## **Analysis of Dentistry Faculty in terms of Occupational Safety and Health: Risk Assessment Example**

Yağmur ERDAL<sup>1\*</sup>, Ayşe ÖZDEMİR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Occupational Health and Safety, Institute of Science and Technology, Uşak University, Uşak, Turkey

<sup>2</sup>Department Of Basic Medical Sciences (Medicine), Faculty of Medicine, Usak University, Usak, Turkey

Geliş: 21 Nisan 2021

Kabul: 27 Temmuz 2021 / Received: 21 April 2021

Accepted: 27 July 2021

### **Abstract**

Risk management, which has an important place in the criteria of the Ministry of Health Quality Standards in Health, is a guide in terms of preventing or minimizing the other risks identified regarding the safety of patients, relatives, visitors, employees, facilities and environment and services provided in the hospital. As a result of research conducted in the health sector, many chemical, physical, ergonomic and biological hazards are encountered in this area at the same time. In recent years, the increased workload combined with the ease of access to the health sector has created an additional source of danger, as well as the inclusion of patients and their relatives in the current risks. In this study, we tried to determine the existing or potential risks by performing a risk analysis in a dentistry faculty. In the evaluation, a total of 47 risks and the hazards that cause these risks, 20 of which are at significant level, 26 of which are at medium level and 1 of which is at an intolerable level, and the precautions to be taken for each risk are specified. Considering the identified risks and recommended measures, the improvements to be made play an important role in increasing the service quality by providing significant positive results in patient and employee safety.

**Keywords:** Risk analysis, employee safety, dentistry.

### **Özet**

Sağlık Bakanlığı Sağlıkta Kalite Standartları kriterlerinde önemli bir yere sahip olan risk yönetimi hasta, hasta yakını, ziyaretçi, çalışan, tesis ve çevre güvenliği ile hastanede sunulan hizmetlere ilişkin tanımlanan diğer risklerin önlenmesi veya kaynağında mücadele edilerek en az seviyeye indirilmesi açısından yol gösterici olmaktadır. Sağlık sektöründe yapılan araştırmalar sonucunda ise, bu alanda kimyasal, fiziksel, ergonomik, biyolojik birçok tehlike ile aynı anda karşılaşmaktadır. Son yıllarda sağlık sektörüne ulaşımın kolaylaşması ile beraber artan iş yükünün de ekstra bir tehlike kaynağı yaratmasının yanı sıra, mevcut risklere hasta ve yakınlarının da dahil olmasına neden olmuştur. Yaptığımız bu çalışmada ise bir diş hekimliği fakültesinde risk analizi yapılarak mevcut olan ya da olabilecek riskler belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan değerlendirmede 20'si önemli düzeyde, 26'sı orta düzeyde ve 1'i tolere edilemez düzeyde olmak üzere toplam 47 risk ve buna neden olan tehlikeler tespit edilmiş olup her risk için alınması gereken önlemler belirtilmiştir. Belirlenen riskler ve önerilen önlemler dikkate alındığında yapılacak olan iyileştirmeler hasta ve çalışan güvenliğinde önemli olumlu sonuçlar sağlayarak hizmet kalitesinin de artırılmasında önemli rol oynamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Risk analizi, çalışan güvenliği, diş hekimliği.

\*Corresponding author:

E-mail: [yagmur\\_erdal@hotmail.com](mailto:yagmur_erdal@hotmail.com) (ORCID ID: 0000-0003-0528-4236)

©2021 Usak University all rights reserved.

## **1.Introduction**

Although the concepts of Health and safety seem to be two different concepts, they are actually related concepts. When we consider that the concept of safety is related to situations that cause injury, and health is related to conditions that cause disease, it describes a situation that endangers human life in two concepts. For example, when we consider the concept of stress, stress is a danger that can cause both psychological and physiological problems over a long period of time, i.e. a health problem. However, an over-stressed worker may be more prone to unintentionally forgetting safety measures and therefore causing an accident. In this case, stress is a safety concern. It is at this point that the concept of Occupational Health and safety comes into play to create a wide working area covering the concepts of Health and safety. Occupational safety and health is a multi-disciplinary field including many fields such as medicine, engineering and law. As a result of long-lasting studies conducted by scientists coming from different fields, it has become a scientific branch by passing through many stages from the past to the present [1].

Health sector is one of the most important fields of study in occupational safety and health. In a report by National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), it was stated that there are risks in the health sector arising from chemical hazards such as disinfections, sterilants, anaesthetics and drugs, and also risks arising from physical hazards such as thermal comfort conditions, ergonomic hazards and workload [2]. Although these risks are seen as common risks in the working environment, it should be remembered that there are risks specific to each unit. Therefore, risk assessment is one of the important building blocks of occupational safety and health. Preparing an accurate risk assessment is an important step in preventing possible dangers by detecting the presence of danger with a pro-active approach. Although the main dangers that can be encountered in the working environment are biological, chemical, physical, ergonomic and psychosocial risks, the severity of these risks may differ according to working areas, occupational groups and the work done. These risk groups and their severity also differs according to each unit in dentistry.

In addition to physical and chemical hazards, biological hazards are also important risk factors for health workers. Agents not visible to the naked eye can be dangerous even at extremely low concentrations. Even if no biological agent is detected, it is possible that microorganisms can produce a toxic or allergic effect through their metabolites (mycotoxins or component endotoxins). Unlike other hazardous substances, biological agents multiply. Under favorable conditions, a small number of microorganisms can multiply in a very short time, creating a significant problem [3].

While biological risks are the most important source of risk that may occur in this sector, they also cause serious illnesses for healthcare professionals, other professionals in hospital, patients and patient relatives. These infections can be examined in the form of infections transmitted by respiratory tract, droplet, blood and body fluids. Amalgam, which is used as a filling material in filling treatments, is a chemical substance that has caused controversy for years. Amalgam, which contains elemental mercury, has little or no toxic effect when swallowed during procedure since 0.01% of it is absorbed from the gastrointestinal system [4]. When inhaled at high concentrations, it may cause pneumonia and noncardiogenic pulmonary edema and gingivostomatitis in the lungs, as well as causing abdominal pain and hemorrhagic gastroenteritis, intestinal necrosis, acute tubular neurosis, shock and death when taken acutely orally [5].

Physical risks can be examined under the headings of noise, vibration, radiation and ergonomics. In the hospital environment, the sounds of doors slamming, telephone sounds, machine and tool sounds, the sounds of objects falling down, the sounds of broken tools can cause noise; devices with high frequency and strong vibration spectrums can cause mechanical vibration; working with materials such as acrylic and ceramic used in laboratories can cause dusty air in the environment and inhaling this dust can cause accumulation in the lungs. In addition to making a diagnosis, lasers which are used in dentistry for treatment cause exposure to low and moderate intensity radiation [6]. Dentists are more exposed to ergonomic risks since their working area is a narrow area like the inside of the mouth, they make repetitive movements which require strength, they have to be fixed in the same position for a long time due to the nature of their treatment, and due to reasons such as the mechanical vibration they are exposed to resulting from the hand devices they use [7]. The causes of ergonomic problems that result in musculoskeletal disorders are due to the environment studied or the nature of the work performed. In its assessments of health workers, the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) found that sprains and strains are the most common causes of musculoskeletal disorders [8]. The second most common type of decongestant is low back pain, which is one of the disorders of the musculoskeletal system, and is the second most common among diseases affecting the production process in developed countries. Decelerating for a long time during working hours, lifting heavy loads, making the body muscles perform challenging movements are among the most common causes of injury. A study conducted in Turkey on nurses and medical personnel found that the frequency of low back pain ranged from 39.9 to 69.0% [9].

Being faced with all these risks and also trying to cope with the difficulties and responsibilities of the job bring along stress. Therefore, stress factor can also be considered as another risk factor in the field of dentistry. In a study conducted by Myers and Myers, it was found that the main factor driving dentists to stress was lagging behind working program. In a study conducted on 2441 dentists, 70.4% of whom were male and 29.6% of whom were female, the most stressed group was found to be the dentists who had children younger than 18. It was also found that personal factors such as alcohol, sleeplessness, smoking, eating and exercise disorder were among the factors which caused occupational stress. It was also found in the same study that employees exposed to excessive stress had symptoms such as nervousness, tension, headache and fatigue [10].

## **2. Determination and Analysis of Risks**

According to the Article 9 of Occupational Safety and Health Assessment Regulation, two methods are taken into consideration while determining and analysing risks. These are quantitative and qualitative methods. Quantitative risk analysis uses numerical methods to calculate the risks, gives numerical values to factors such as the probability of threat and the effects of the threat and finds the risk value by processing these values with mathematical and logical methods. On the other hand, qualitative risk analysis uses descriptive values such as high and very high instead of numerical values while calculating and expressing risk [11].

### 3. Material Method

#### 3.1 L Type Matrix

5 x 5 Matrix diagram (L Type Matrix), which is especially used in cause and effect assessments, is used very frequently since it is simple and easy to understand. It is not sufficient by itself for all the works with a complex structure and different processes; however, it can be used in situations that require urgency and need precautions as soon as possible in such enterprises. In this case, the success rate of the analysis made according to the analyst's level of knowledge and experience varies [12]. Risk score is obtained by multiplying the degree of probability and loss and noted down in the table. If the possibility of the occurrence of an event is almost none, its probability is evaluated as very small (1), if the possibility is once a year it is evaluated as small (2), if it is a few times a year, it is evaluated as medium (3), if the possibility is often, its probability is evaluated as high (4) and if its possibility of occurrence is very often, its probability is evaluated as very high (5).

**Table 1.** Probability rating table

PROBABILITY	RATING STEPS FOR THE PROBABILITY OF EMERGENCE
<b>VERY SMALL</b> (1)	Hardly ever
<b>SMALL</b> (2)	Very small (once a year), only in abnormal situations
<b>MEDIUM</b> (3)	Small (a few times a year)
<b>HIGH</b> (4)	Often (once a month)
<b>VERY HIGH</b> (5)	Very often (once a week, everyday), under normal working conditions

When an incident occurs, if the consequence is a situation which does not cause loss of working hour and which requires first aid, it is stated as very mild (1), as mild (2) if there is no working day loss, no permanent effect and which requires outpatient care or first aid, as moderate (3) if it requires inpatient care, as significant (4) if it can cause serious injury, long term treatment and occupational disease and very significant (5) if it causes death and permanent incapacity.

**Table 2.** Severity rating table

CONSEQUENCE	RATING
<b>VERY MILD (1)</b>	No working hour loss, requires first aid
<b>MILD (2)</b>	No working day loss, no permanent impact, requires outpatient care or first aid
<b>MODERATE (3)</b>	Mild injury, requires inpatient care
<b>SIGNIFICANT (4)</b>	Serious injury, long term treatment, occupational disease
<b>VERY SIGNIFICANT (5)</b>	Death, permanent incapacity

After determining the probability of occurrence of an event and the degree of its severity if it occurs, risk score table is used to evaluate the situation.

**Table 3.** Risk Score = Probability x Degree of loss

RISK SCORE MATRIX	PROBABILITY				
	1 Very low	2 Low	3 Medium	4 High	5 Very high
1 Very mild	Insignificant 1	Low 2	Low 3	Low 4	Low 5
2 Mild	Low 2	Low 4	Low 6	Medium 8	Medium 10
3 Moderate	Low 3	Low 6	Medium 9	Medium 12	High 15
4 Significant	Low 4	Medium 8	Medium 12	High 16	High 20
5 Very significant	Low 5	Medium 10	High 15	High 20	Intolerable 25

According to the data obtained in the risk score, the severity and probability of the hazard were evaluated and the acceptability of the risk and the measures to be taken are given in the table below [12].

**Table 4.** Acceptability values

<b>DEGREE OF ACCEPTABILITY</b>	<b>MEASURES TO BE TAKEN</b>
Intolerable risk 25	<ul style="list-style-type: none"><li>• On-going activities should be stopped immediately.</li><li>• Activities should not be started until the risks become acceptable.</li><li>• If the risk does not decrease although measures have been taken, the work performed should be cancelled.</li></ul>
Significant Risk 15-16-20	<ul style="list-style-type: none"><li>• Any on-going activities should be stopped without delay.</li><li>• Works should not be started until the risk determined is decreased.</li><li>• If the risk continues with the work, measures should be taken quickly and decisions should be made about whether to continue the work according to the results of the measure.</li></ul>
Medium risk 8-9-10-12	<ul style="list-style-type: none"><li>• Measures should be started to decrease the risk.</li><li>• Measures taken to decrease the risk may take some time.</li></ul>
Acceptable Risk 2-3-4-5-6	<ul style="list-style-type: none"><li>• There may not be a need to take extra measure to eliminate the risks.</li><li>• Sustainability of the existing risks should be controlled.</li></ul>
Insignificant Risk 1	<ul style="list-style-type: none"><li>• There may be no need to take measures for the existing risks or to protect the records of the measures taken.</li></ul>



## 4. Results

In this section, the risk analysis applied in Uşak University Faculty of Dentistry was evaluated according to L type matrix model and presented in tables. In this evaluation, a total of 47 risks, 15 at significant level, 30 at medium level and 2 at acceptable level, and hazards causing these risks were found and the measures that should be taken for each risk were stated.

Potential hazards and risks found as a result of the evaluation made in the risk analysis table prepared are given below.

**Table 5.** Dentistry Faculty Risk Assessment Table

No	Hazard	Risk	Risk Score	Measures to be taken
1	Drugs	Adverse reactions	<b>3x3=9 Moderate</b>	Training of the healthcare personnel, establishing the system to take the necessary measures in emergency situations, taking a good anamnesis to review the patient's health problems.
2	Body fluids and blood	Infection	<b>4x4=16 High</b>	To make sure that the personnel uses personal protective equipment while working (gloves, protective face barrier, mask, goggles, water proof barrier apron), the equipment used should be good quality and fit for purpose, controls should be made for the stock of materials.
3	Infections resulting from personnel	Labour loss, occupational disease	<b>4x4=16 High</b>	Practices should be known and applied among healthcare worker patients in order to prevent infection transmission, practices should be made to increase immunity and workers' vaccines should be completed, suitable equipment and materials should be present.

4	Noise	Hearing loss, work accident, occupational disease	<b>3x4=12 Medium</b>	Annual measurements should be made, in units exceeding the limit values, 80 dB EPE should be present as a result of the measurements made at the source, environment and the last EPE use, use of EPE should be made compulsory in case of 85 dB. Attention should be paid to the sound level in the devices to be bought.
5	Electric cables on the floor in polyclinics, other services and laboratories	Death or injury as a result of electric shock, tripping and falling	<b>3x4=12 Medium</b>	The cables on the floor should be collected and placed in a case, necessary arrangements should be made to prevent tripping and falling, there should be no cables on the floor if possible.
6	Sharp object injury	Injury, infection	<b>3x4=12 Medium</b>	Appropriate physical environment should be provided to workers, appropriate training should be given, care should be taken for the working environment not to be messy, injectors should be closed after use, care should be taken while getting drug, sharp objects should be collected with suitable methods while collecting medical waste, injuries should be reported
7	Is waste disposal carried out in accordance with waste regulation?	Occupational disease, public health risk, labour loss	<b>3x3=9 Medium</b>	Personnel should be trained in accordance with the waste regulation, appropriate and trained employees should be used in waste disposal, all

				protection measures and personal protective equipment should be provided, suitability of collection places should be ensured, temperature and moisture of the collection places should be made, collection places should be controlled by the related person.
8	Is waste disposal carried out by authorized personnel?	Occupational disease, work accident	<b>3x4=12 Medium</b>	The health of the personnel should be controlled at least once a year, vaccines should be completed, shower and toilet needs should be met, personal protective equipment use should be provided (suitable glove, mask, cap, etc.), giving the necessary trainings, and making sure that trained staff work in the disposal of medical waste.
9	Infections resulting from patient	Infection	<b>4x4=16 High</b>	Practices to prevent infection transmission among healthcare worker patients included in the Turkish nosocomial infections and control association isolation precaution guide should be known and applied, immunization studies and vaccines of workers should be completed, necessary protective equipment should be provided for the employees, routine check-ups (such as blood, lung tests) of the employees should be made.

10	Are unauthorized people prevented from entering the generator and transformer room?	Work accident and death	2x5=10 Medium	Only authorized individuals should enter the room, health and safety signs and warnings should be obeyed, daily, weekly, monthly and yearly periodic maintenance of the generators should be made.
11	Working with X-ray	Being exposed to radiation	5x3=15 High	Dosimeter follow-up of the employees should be made, hemogram and peripheral smear, eye and skin examinations should be made, protective equipment use should be ensured (lead apron, goggles, gloves, thyroid protector, protective screen), necessary training should be planned for the working staff, health and safety signs and warnings should be obeyed
12	Is orientation training given?	Work accident, injury, occupation disease	2x4=8 Medium	New staff should be informed about the equipment and devices used and they should be provided with basic work safety and health training.
13	Communication problems with employees, patients and their relatives	Physical and verbal violence	4x3=12 Medium	Communication, stress management and anger management training should be provided to employees, psychological support should be provided to employees when necessary, all the units should be protected for 24 hours with security staff, areas of general use should be monitored with security cameras, white

				code call should be answered in shortest time possible, white code reports should be made regularly, the workload of employees should be reduced.
14	Ergonomic problems	Muscoskeletal disorders	5x3=15 High	Every practice should be made in accordance with the procedure and the order specified in the instructions, training should be given about ergonomy, areas for ergonomic work should be created and suitable equipment should be selected, breaks should be given at appropriate intervals and simple exercises should be made, dental chair and its angle should allow the dentist to work suitably.
15	Vibration	Muscoskeletal disorders	5x3=15 High	Every practice should be made in accordance with the procedure and the order specified in the instructions, training should be given about ergonomy, areas for ergonomic work should be created and suitable equipment should be selected, breaks should be given at appropriate intervals and simple exercises should be made, dental chair and its angle should allow the dentist to work suitably.

16	Is the access of unauthorized personnel in the sterilization area prevented?	Combustion from steam autoclave	<b>2x4=8 Medium</b>	Sterilization should be made by the authorized personnel, suitable EPE should be used, usage instructions of the devices should be followed, and there should be warnings.
17	Cracks in the stairs	Fall, injury	<b>4x3=12 Medium</b>	Irregularities in the stairs should be eliminated and they should be controlled regularly.
18	Disorganized working environment	Injury	<b>3x3=9 Medium</b>	The materials should be removed after work is finished in the working area, there should be no other materials than the materials used in the working areas.
19	No insulating maps in front of electric panels	Death or injury as a result of electric shock	<b>5x5=25 Intolerable</b>	Insulating maps should be placed in front of electric panels.
20	Obstacles in front of fire extinguishers	Injury or death as a lack of immediate intervention	<b>3x5=15 High</b>	Obstacles in front of fire extinguishers should be removed
21	Obstacles in front of the electric panels and their covers being open	Electric shock, injury, death	<b>3x5=15 High</b>	Electric panels should be locked and only the authorized personnel should have the key. There should be no obstacles in front of the electric panels, insulating maps should be placed.

22	Insufficient ventilation in patient waiting rooms	Not being able to remove the sources of infection from the environment, infectious diseases	<b>4x5=20 High</b>	Artificial ventilation systems should be used in places with no natural ventilation; ventilation systems should be controlled and cleaned periodically.
23	Insufficient lighting in the corridors	Tripping, falling down	<b>4x3=12 Medium</b>	Artificial lighting should be used in areas with no natural lighting; this lighting must be at least 50 lux in the corridors.
24	Parking in front of the warehouses where medical and biological waste are collected	Infection, infectious disease	<b>4x4=16 High</b>	The warehouses where medical and biological wastes are disposed should be marked, suitable warning signs should be put, parking should be prevented in front of these areas and they should be surrounded if necessary.
25	Beck use in laboratories	Burn, injury	<b>4x3=12 Medium</b>	Students should be informed about the use of beck, suitable EPE should be used to protect from the flames, and broken becks should not be used.
26	Natural gas used in the becks in laboratories	Gas leak, injury	<b>4x3=12 Medium</b>	It should be made sure that the gas is turned off after becks are used, warning signs should be put for reminding, and the environment should be ventilated with specific intervals.
27	Some of the becks in the laboratory being located in front of sockets	Explosion, injury, death	<b>4x5=20 High</b>	Becks where electric sockets and cables are located should be removed.

28	Cracks on the stairs of the patient entrance door and level difference on the floor and no anti-slip tapes	Fall, injury	<b>4x3=12 Medium</b>	Level differences on the stairs should be removed and they should be checked regularly, anti-slip tapes should be put on the steps
29	No safety net in stair openings	Fall, injury	<b>5x3=15 High</b>	Death and serious injury that may occur in case of a fall should be prevented by putting safety nets in stair openings.
30	Hazardous medical waste	Infection transmission	<b>5x4=20 High</b>	Accumulation, regular collection, Transportation and temporary storage procedures should be carried out by authorized personnel.
31	Latex glove use	Latex allergy	<b>5x2=10 Medium</b>	Hypoallergenic gloves should be used, stocks should be checked.
32	Chemicals	Injury, allergic reaction	<b>4x2=8 Medium</b>	Chemicals should be kept under suitable conditions, importance should be given to EPE use, and materials should be used in accordance with safety information forms.
33	Hazardous carcinogen-mutogenic materials used in prosthesis laboratories (acrylic, cast and polish dust, battery, fluorescence, etc.)	Allergic reaction, occupational diseases	<b>5x4=20 High</b>	Personal protective equipment should be used, there should be ventilation system (natural/artificial), chemicals should be used in accordance with instructions, a hood with vacuum feature or a similar system should be installed in order not to be



				exposed to harmful emission where chemical substances that may cause harmful emission such as gas or dust are left in the open, chemicals which are not dangerous or less dangerous should be used instead of dangerous chemicals.
34	Hazardous carcinogen-mutogenic materials used in polyclinics (amalgam, mercury, battery, fluorescence, disinfectant)	Allergic reaction, occupational diseases	<b>5x4=20 High</b>	Personal protective equipment should be used, which are not dangerous or less dangerous should be used instead of dangerous chemicals.
35	Flooding in sterilization area	Slipping-falling	<b>3x3=9 Medium</b>	Devices that may have water leakage should be controlled periodically; drains should be made to prevent water accumulation on the ground.
36	Eating in the working environment	Being exposed to biological risks	<b>3x4=12 Medium</b>	Training should be given to employees and warning signs should be put in these areas.
37	Unfixed cabinets	Injuries as a result of the cabinets being overturn	<b>4x3=12 Medium</b>	In the event of an earthquake, cabinets that are not fixed may overturn and cause injuries, so the cabinets should be fixed.

38	Wearing jewellery	Being exposed to biological risks	<b>4x4=16 High</b>	Since rings worn while working may cause glove puncture and necklaces and bracelets may cause contact with body fluids, employees should be informed on this issue.
39	Bantering	Work accident	<b>4x4=16 High</b>	One of the biggest factors in the occurrence work accidents is unsafe behavior. Employees should avoid unsafe behaviors not to cause work accidents.
40	Staff wearing loose and hanging clothes	Being exposed to biological risks	<b>3x4=12 Medium</b>	Wearing loose or hanging clothes while working may cause contact with body fluids and biological risks. For this reason, employees should wear hospital uniforms and aprons.
41	Waxes used in preclinical laboratories	Slipping-falling	<b>5x3=15 High</b>	It should be ensured that the waxes used by our students are scraped from the ground after class.
42	Insufficient ventilation in patient admission and registration area	Infection risk, being exposed to biological risks	<b>5x4=20 High</b>	Artificial ventilation should be used in areas where natural ventilation is insufficient; these systems should be checked and cleaned periodically.

43	Scattered cleaning materials in toilets	Tripping, falling	<b>3x3=9 Medium</b>	Materials should be put back to their places after cleaning.
44	Is wax melting device used in accordance with Instructions of use?	Hot surface, burning, injury	<b>3x3=9 Medium</b>	Waxing machine should be used in accordance with instructions of use and by authorized individuals, it should be checked periodically and there should be warning signs on the device.
45	Is flask boiling device used in accordance with Instructions of use?	Hot surface, burning, injury	<b>3x3=9 Medium</b>	The device should be used in accordance with instructions of use and by authorized individuals, it should be checked periodically and there should be warning signs on the device.
46	Is pressurized acrylic baking oven used in accordance with Instructions of use?	Hot surface, burning, injury, explosion	<b>3x3=9 Medium</b>	The device should be used in accordance with instructions of use and by authorized individuals, it should be checked periodically and there should be warning signs on the device.
47	Is the solution in which sharp objects are put kept in lidded containers?	Risk of infection	<b>4x4=16 High</b>	Infected instruments used in clinics should be put in appropriate dirty instrument boxes with enzymatic solution with a lid and strainer immediately after use. These instruments should be transferred immediately to central sterilization unit with suitable containers/instrument carrier lifts and measures of each instrument per patient should be made through automation.

## **5. Conclusion and Discussion**

Risk analysis and risk management process includes the process of identifying existing or potential hazards, evaluating the risks that may occur as a result of these hazards and working with a solution-oriented approach. This process is even more comprehensive in health institutions which have a complex working system because when risk analysis was evaluated and researches were examined, it was found that the degree of hazard in health institutions differed according to the work done, the qualification of the personnel and the working environment. At the same time, these hazards are a risk not only for the working personnel, but also for patients and their relatives.

Risk analysis and risk management process includes the process of identifying existing or possible hazards, evaluating the risks that may arise as a result of these hazards, and working with a solution focus. In health organizations that have a complex work system, this process is more comprehensive. Because when the risk analysis was evaluated and the research was examined, it was found that the degree of hazards in health institutions differed according to the work done, the nature of the staff and the working environment. As can be seen from Emine Esen Özyurt's study, the ease of access to hospital and health sector services has led to an increase in demand for these areas. This leads to increased workload and shows that hazards can pose a risk not only to working staff, but also to patients and relatives of patients [13].

A study conducted at ADB found that employees in the health sector experience injuries due to 600,000 cutting - piercing tools every year. Because the source of infection in such injuries is cutting - piercing materials that come into contact with the patient, the incidence of diseases transmitted by body fluids and blood, especially hepatitis B and HIV, is very high. In research conducted worldwide, 344 health professionals had occupational HIV infection, 106 of which were unproven, 238 of which were registered as suspicious. In addition to these diseases, transmission has been observed through respiration and droplets. Research conducted throughout our country has shown that the incidence of tuberculosis in society was 34 per 100,000, while in health workers, this figure was 96 per 100,000 [14].

Another common risk element in dentistry is chemicals. Mercury, especially used as an amalgam substance, is the most common chemical in dentistry. Exposure to Mercury occurs due to manual contact or inhalation. Most of the time, Mercury material is spilled and splashed on the ground, or damaged amalgamators are the cause of contamination. Because Mercury, which is mostly used in the restoration process, is an extremely toxic substance, it causes poisoning when exposed too much. It is also possible to use a less toxic material instead of mercury material using the substitution method. But, as Seval Bilmen explained in his study, Mercury is more preferred due to reasons such as staying in the mouth for a long time, easy sitting on the edges of the teeth, less secondary caries, more resistant to the pressure associated with chewing [15].

The fact that mercury is very preferred in dentistry has also led to the start of studies on Mercury hygiene. The American Dental Association (ADA) set out the issues that health professionals and assistants working in dental clinics or hospitals should pay attention to about Mercury hygiene at a council meeting in 1999, but failed to establish a standard rule. Currently, the substances that remain valid are as follows; [16]

1. New information must be constantly followed.
2. Carpet flooring should not be used where mercury will drip or splash.
3. As much mercury as possible should not be spilled on the ground.

It was observed that some of the other hazards determined could be due to structural problems resulting from buildings and extensions, while some others could be due to unsafe situations and behaviors (bantering, wearing jewellery, eating in the working environment, etc.). In order to reduce the existing hazards or to prevent the potential hazards, all personnel should be trained, health screenings should be made, periodical controls should not be delayed and vaccinations should be made. In the disposal of wastes, infrastructure should be provided for separation at source and this procedure should be provided by the authorized personnel. While using chemicals, material safety data sheet should be provided and they should be used and stored according to these forms. Limit values specified in the regulation should be followed in all working areas, there should be personal protective equipment suitable for the work done and their use should be followed.

The information obtained as a result of the study conducted has shown that occupational health and safety studies should be included in the working process from the start. It is thought that planning and carrying out a joint work plan with job health and safety in all areas from the foundation phase of the building to the selection of the place, from the selection of the equipment used to their maintenance, control and follow up, from selecting to qualified personnel to the number of personnel required, in all areas affecting the process from the beginning to the end will both enable the prevention of big scaled hazards and also help in preventing work accidents and occupational diseases and contribute to decreasing time loss and eventually provide positive contributions to employees, the institution and everyone receiving service in this field.

## 6. References

1. TMMOB makine mühendisleri işçi sağlığı ve iş güvenliği oda raporu, Ankara; 2016.
2. Yassi A, Tate R, Cooper J, Jenkins J, & Trottier J, Causes of staff abuse in health care facilities: Implications For Prevention. AAOHN Journal, 1998; 46(10): 484-491.
3. European agency for safety and health at work (EU-OSHA), [Erişim tarihi: 07 Mart 2020] Erişim adresi, <http://osha.europa.seu>.
4. Küçükeşmen Ç, Dental amalgamın insan organizması üzerindeki etkileri, Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, Isparta, 2007; (3): 52.
5. Bilmen S, Diş hekimliğinde civa kullanımı ve civa toksisitesi, Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Bitirme Tezi, İzmir, 2008.
6. Başak S, Diş hekimlerini etkileyebilecek fiziksel risk etmenleri, Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 2018;7(1):184-192.
7. Szymańska, J, Dentist's hand symptoms and high-frequency vibration, Ann Agric Environ Med, 2001:8.
8. Saygun M, Sağlık çalışanlarında iş sağlığı ve güvenliği sorunları, TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 2012; 11(4): 373-382.
9. Karim N, Choe CK, Laboratory accidents--a matter of attitude. The Malaysian Journal of Pathology. 2000; 22(2): 85-89.
10. Aksakal FN, İlhan MN, Yüksel H, Kurtcebe Ö, Bumin MA, Bir üniversite hastanesinde hemşire, sağlık memuru ve hastabakıcılarda bel ağrısı sıklığı ve etkileyen faktörler, Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi, 2009; 32: 38-46.
11. Myers HL and Myers LB, It's difficult being a dentist': Stress and health in the general dental practitioner, Br Dent J, 2004; 197: 89-93.
12. Özkılıç Ö, İş sağlığı ve güvenliği, yönetim sistemleri ve risk değerlendirme metodolojileri, Ankara, 2005: 67.
13. Özkılıç Ö, İş sağlığı ve güvenliği, yönetim sistemleri ve risk değerlendirme metodolojileri, Ankara, 2005: 113-115.
14. Özyurt Emine E, Sağlık sektöründe risk analizi, risk yönetimi ve ağız, diş sağlığı merkezlerinde risk, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2014
15. Sağlık çalışanlarının meslek riskleri, Türk Tabipler Birliği Yayınları, Ankara, 2008: 9-10.
16. Bilmen, S, Diş hekimliğinde civa kullanımı ve civa toksisitesi, Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Bitirme Tezi, 2008.
17. JADA, 2003, november,vol:134



**Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa  
Bilimleri Dergisi**  
Usak University Journal of Science and Natural Sciences

<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>  
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.956913>



*Araştırma Makalesi*

**Determination of Genotypic Profiles of *Escherichia coli* Strains by  
PFGE Molecular Method**

*Muhammed İbrahim YAVAN\**, *Alper KARAGÖZ*

*\*Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Fen Edebiyat Fakültesi, Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye*

*Geliş: 24 Haziran 2021*

*Kabul: 22 Kasım 2021 / Received: 24 Haziran 2021*

*Accepted: 22 Kasım 2021*

**Abstract**

From the family Enterobacteriaceae is *Escherichia coli* (*E. coli*) is a pathogenic bacterium that is getting more important, especially in hospitals, common social areas. Owing to the broad-spectrum beta-lactams (ESBL) they produce, they are usually multi-resistant and are common in intestinal and urinary tract infections. It is of great importance to reduce cross-contamination from public areas and to examine and reveal the genotype structure of the bacteria in question, i.e., to reach fingerprints, subtype sequences of strains. 50 *E. coli* strains selected in the study were typified by Pulse field gel electrophoresis.

**Keywords:** *Escherichia coli*, genotyping, PFGE, subtyping.

**Özet**

Enterobacteriaceae familyasından *Escherichia coli* (*E. coli*), özellikle hastanelerde, ortak sosyal alanlarda giderek daha önemli hale gelen patojenik bir bakteridir. Ürettikleri geniş spektrumlu beta-laktamlar (ESBL) sayesinde genellikle çok dirençlidirler ve bağırsak ve idrar yolu enfeksiyonlarında yaygındırlar. Kamusal alanlardan çapraz bulaşmanın azaltılması ve söz konusu bakterilerin genotip yapısının incelenmesi ve ortaya çıkarılması, yani parmak izlerine, suşların alt tip dizilerine ulaşmak büyük önem taşımaktadır. Çalışmada seçilen 50 *E. coli* suşu, Pulse field jel elektroforezi ile tiplendirildi.

**Anahtar Kelimeler:** *Alt tiplendirme, Escherichia coli, genotiplendirme, PFGE.*

©2021 Usak University all rights reserved.

\*Corresponding author:

E-mail: [1843055007@ogr.usak.edu.tr](mailto:1843055007@ogr.usak.edu.tr) (ORCID ID: 0000-0002-8089-2373)

©2021 Usak University all rights reserved.

## 1. Introduction

*Escherichia coli*, which is part of the Enterobacteriaceae family and was first known by the name bacterium colicommune, was named *Escherichia coli* by Chalmer and Castellani in 1919 [1].

Warm-blooded animals and humans *E. coli* of the normal intestinal flora of bacteria that form in the group, as biological classification; Kingdom Eubacteria, Phylum branch, gamma, phylum, class, team and Enterobacteriales Enterobacteriaceae family is located [2,3]. Although rarely occurring outside the capsule, many isolates contain a microcapsule containing the M antigen or a slime layer similarly containing the K antigen in the polysaccharide structure [4,5].

As a highly complex antigenic structure, *E. coli* was classified by Kauffman in 1944 within the framework of its antigenic properties. In line with this classification, it is divided into serological groups in the context of O-specific polysaccharide chain in lipopolysaccharides in the cell wall, and serologic types in the context of K and H antigens [6-11].

Pulsed-field gel electrophoresis (PFGE) is considered the "gold method" of molecular typing methods. PFGE is a genotyping method that has proven to be superior to many other biochemical and molecular typing methods with its high discriminatory power for different bacterial strains [12-21].

In our study, 50 *E. coli* strains were genotypically typed by Pulse Field Gel Electrophoresis technique.

## 2. Materials and Methods

One colony parallel seeding was performed on Nutrient agar and EMB agar from the bacteria identified at species level by biochemical and molecular methods before each study. The purity of the culture was checked after an overnight incubation. The single colonies here were left to incubate overnight by passage, so that they are suitable for single colony cultivation on Nutrient agar. Colonies grown in pure culture were collected with plastic loop and suspended in 1 ml of cell suspension buffer (HST) (100 mM Tris-HCl, 100 mM EDTA, pH: 8.0).

The cell suspension was centrifuged at 2500 x g for 15 minutes (alternatively at 13000 x g for 2 minutes) at 4°C. Once again 1 ml of cold HST was added onto the pellet and vortex was performed for a short time. Bacterial density was adjusted with the help of a spectrophotometer (UV / Vis. Spectrophotometer, Boeco, Germany) to be 1 absorbance at 590nm (approximately McFarland 4 turbidity). Bacteria suspension was kept at room temperature to be embedded in agarose.

Low melting agarose (LMA) of 2% in HST was prepared. An agarose mold for each strain was marked and placed in the ice tray. 200 µl of the bacterial suspension prepared in HST was taken and added to the tube kept at 50°C and containing 200 µl of LMA-SDS. Molds were kept at + 4°C for 10 minutes until the agarose solidified in order to prepare high quality DNA, so that while early cell lysis and endonuclease activity decreased, homogeneous solidification of agarose was achieved.

0.5 ml Cell Lysis Solution-1 (HLS-1) (50 mM Tris-HCl pH: 8.0, 50 mM EDTA, 2.5 mg / ml lysozyme, 1.5 mg / ml proteinase K) was added to 1.5 ml sterile capped tubes. The



agarose-containing bacteria were removed from the mold and placed in the lysis solution. The molds in HLS-1 were kept at 37°C for 1 hour in a shaking water bath. HLS-1 was poured and replaced by 0.5 ml cell lysis solution-2 (HLS-2) (0.5 M EDTA, 1% sarcosyl, 400 µg / ml proteinase K) solution was added to the tubes. Stored at 55 C for 2 hours in shaking water bath.

After the lysis step, the tubes were kept in ice for at least 15 minutes to solidify the agarose mold. The HLS-2 solution was carefully removed from the tubes. 4 ml of sterile ultrapure water (Reagent Grade Type 1) heated to 50°C was added to the tubes with agarose mold and kept in a 50°C shaking water bath for 15 minutes. After the water in the tubes was completely aspirated, the washing process with water mentioned in the third item was repeated twice more. The water in the tubes was completely aspirated. The agarose plates were then washed three times with 4 ml of TE (10 mM Tris-HCL, 0.1 mM EDTA, pH 7.6) buffer, each for 15 minutes at 50°C. Thus, agarose templates containing purified DNA were made ready for cutting with restriction enzymes (RE).

Agarose containing DNA was cut using a scalpel ¼ rate pattern based on a slide. One of the pieces was placed in 100 µl 1x Fast Digest buffer and kept in a shaking water bath at 37°C for 10 minutes. (Other parts were kept in TE buffer.) Enzyme buffers from the tubes were removed and 100 µl of the mixture prepared in number 2 was added to each tube. It was incubated for 2 hours at 37°C. At the end of the incubation, the tubes were kept in the refrigerator for 15 minutes and the molds were made ready for electrophoresis. 1% agarose (pulsed-field certified agarose, Bio-rad Laboratories) was prepared to 100 ml in 0.5x TBE (44.5 mM Trismabase, 44.5 mM Boric acid, 1 mM EDTA, pH: 8.0). 1 g of pulsed-field certified agarose 'was placed in a 200 ml flask and 100 ml 0.5x TBE was added on it, stirring gently to distribute the agar. After the agarose dissolved thoroughly, the flask was kept in a 45-50°C water bath. The cassette to be poured agarose was prepared. Each of the agarose molds cut with the Restriction Enzyme was placed at the ends of the teeth of the 15 tooth comb (exactly parallel to the tip line of the comb. The head and trailing teeth of the comb were left empty. 45-50 C agarose was poured into the cassette, after freezing, the comb and cassette frame were removed and the solidified agarose on the table was placed in the PFGE tank containing 1900-2000 ml 0.5x TBE buffer.

Electrophoresis applied in CHEF-DR II system.

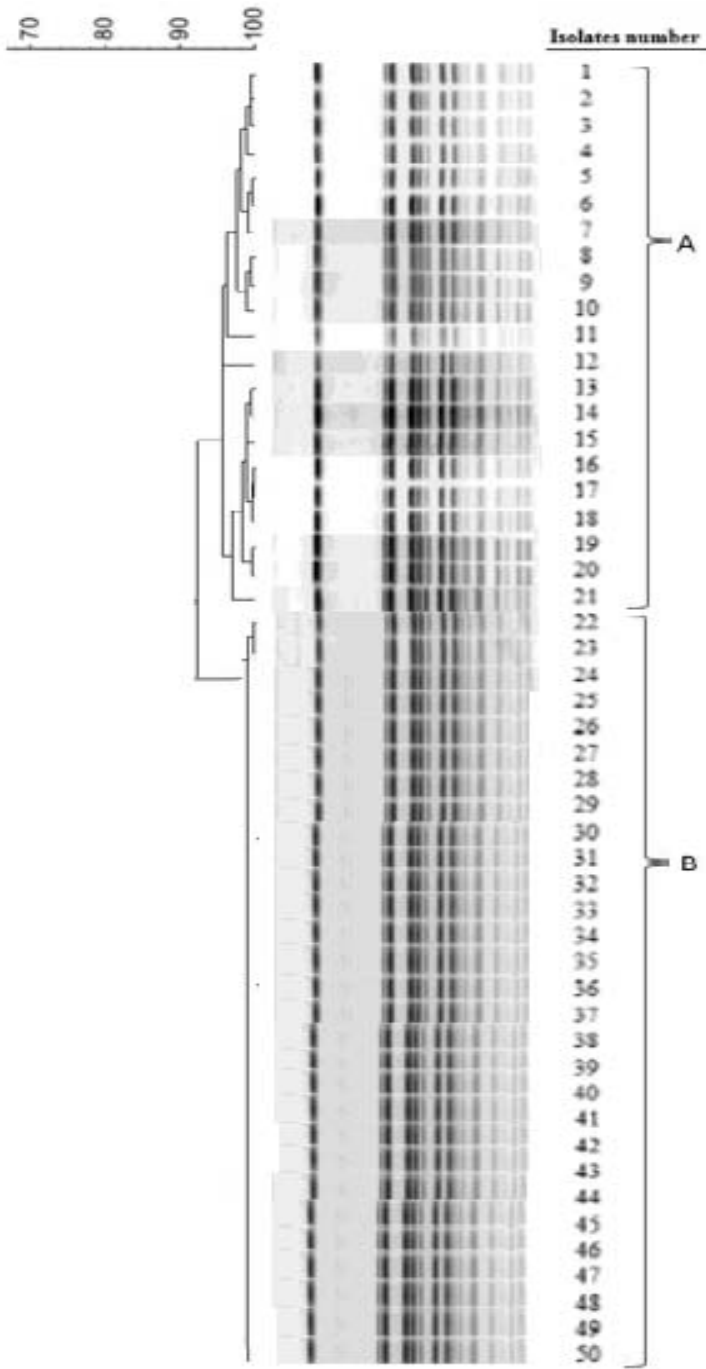
### 3. Results

50 *E. coli* strains were found to be clonally related to all strains as a result of PFGE dendrogram. Two major pulsotypes were found among these strains (A-B).

1<sup>st</sup> Group (A): 21 STRAINS

2<sup>nd</sup> Group (B): 29 STRAINS

Based on the tenover criteria, the similarity rate was found to be 94%. Clone A was 96% similar in itself and clone B was 99% similar in itself. Since these similarities were 85% and above, the strains were evaluated as the same, clonally related and contamination was detected. The clustering rate was found to be 100%. (Figure 1.)



**Figure 1.** PFGE dendrogram image of 50 *E. coli* strains

## 4. Discussion

*E. coli* is a common pathogen and should be investigated for nosocomial infections. To examine clonal relationships of microorganisms; It is getting more important to reveal subtypes of strains in determining whether they have a common origin in terms of hospital outbreaks and food contamination. Methods used in this sense: Amplified fragment length polymorphism (AFLP), flagellin typing (Fla), multilocus enzyme electrophoresis (MEE), nucleotide sequencing, (NS), polymerase chain reaction (PCR), randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) and pulsed field gel electrophoresis (PFGE). The most important point to be considered here is the distinctive power of the technique to be used, as well as parameters such as sensitivity, speed, usability, ease of use, cost, reproducibility should be evaluated altogether. In order to say that the methods are effective, they must meet at least a few of the above criteria together [22-25].

The fact that strains that are genetically independent from each other can be easily distinguished, reproducible, and closely related organisms with the same feature can be considered a common feature for all methods. In the selection of the method, the strain should be determined first, then the method to be used in accordance with this strain should be scanned from the literature and finally, the selected method should be optimized for the study. PFGE, referred as the gold standard method, which is a very successful method for subtyping bacteria [26-29].

On the other hand, one of the biggest disadvantages of these methods is; It is the comparison of the studies in different laboratories, although the chemicals used and the environmental conditions are standardized [18].

The main purpose of our study is to type the strains of *E. coli* bacteria with the PFGE method. The restriction enzyme selection of the bacteria to be used in this method is very important. Considering the restriction enzyme cost, it can be considered as a disadvantage for this method.

50 *E. coli* strains examined with the PFGE method in the study were found to be clonally related to each other and divided into two major pulsotypes. Tenover criteria were evaluated as an aid to this result. Tenover criteria are very useful in genotyping closely related bacteria, and in the study, it was optimized to the PFGE technique to increase the accuracy of the results and to separate the isolates into their own groups. The PFGE method has proven to be a stronger genotyping method compared to other methods due to its discrimination power.

Comparing the methods for separating DNA molecules; The electrical conduction in the gel has been found to be important, especially the direction of the voltage. This method was chosen due to the fact that the discrimination power is more effective owing to the cross-direction and variable voltage of the PFGE method compared to running the molecules at unidirectional constant voltage as in standard gel electrophoresis.

Its discriminatory power is stronger than conventional electrophoresis; YAC has a great role technically in the separation of human chromosomes that are difficult to analyze by shedding light on the development of the cloning system [18].

Considering that the PFGE method takes time, the PCR melting profile technique can be considered as a different method. This technique is valid in terms of discrimination power, reproducibility and suitability for epidemiological analysis, as well as it has been described as a fast method for giving results. PCR with PFGE is said to be similar in MP

separation power. Because the technique is time consuming, multiple strain analyzes can complicate the study and also increase economic costs due to complex equipment requirements [17].

Looking at previous studies, 30 *E. coli* strains were examined and differences were observed in PFGE profiles. In the first profile of the studies, 2 separate strains were identified, and in the second profile 2 similar strains and 5 different strains were identified. In the third profile, 2 closely related; 4 different strains were encountered and 3 strains were analyzed in the last profile.

In our study, 50 *E. coli* strains were examined and all strains were found to be closely related. 2 main pulsotypes were removed. 1. Group A 21 strain; Group B was grouped as 29 strains. Since the profiles supported by the Tenover criteria have 96% of A clone and 99% of clone B, it is concluded that the strains are the same. Different strains in other study may indicate possible contamination.

As a result, PFGE is the gold standard method that can be used in the diagnosis of potential outbreaks in common areas of society, such as hospital intensive care units, prison wards, dormitories, etc. In addition, it provides the opportunity to use in a wide range of areas such as disease susceptibility analysis, personalized drug design, gene therapy, genetic tests, forensic medicine, development of high nutritional value products, and breeding studies. Especially in the diagnosis and treatment of infectious diseases, vital developments have taken place in recent years. The most important situation in epidemic research; It is the appropriate categorization of strains that are unrelated or unrelated to the epidemic by subtyping bacteria. Therefore, PFGE is an important tool for distinguishing unrelated strains in outbreak-related analyzes and can determine the direction of outbreak research. In addition, phage typing may be useful in order to identify an isolate that is not related to the epidemic, although the PFGE method with the XbaI enzyme is sensitive. In addition, phage typing can help confirm the associated strains, but may result in fewer tests by reducing the use of more enzymes. Because the phage typing method is faster than the PFGE technique and can be analyzed with less effort than the PFGE method. Within the framework of all this, phage typing from the very beginning of the study can only distinguish the epidemic strain phage type sample and allow further PFGE analysis.

With these methods developed according to traditional analysis methods, unrelated strains are understood more clearly, much more detailed results are obtained in the gel, and these processes can take place in shorter periods of time.

These methods, which also emerged with the development of old methods, brought the world of science to a different dimension with the fragment patterns they created. The PFGE method has been accepted as the gold standard method since it has the power to separate even large DNA fragments and has been accepted in recent years.

Currently, centers have been opened so that these techniques can be better understood, developed, and new ones can be created. This PFGE method is a very good method used to examine the correlation between different individuals of the same species.

## 5.References

1. Baştürk S. Escherichia coli, Klebsiella pneumoniae, Pseudomonas aeruginosa ve Acinetobacter baumannii Suşlarında Çeşitli Kinolon 49 Grubu Antibiyotiklerin 63 Duyarlılıklarının Araştırılması, Uzmanlık Tezi, Sağlık Bakanlığı Haseki Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İstanbul, 2005.
2. Murray PR, Rosenthal KS and Pfaller MA. Medical Microbiology: Enterobacteriaceae. 5th Edition. Philadelphia: Elsevier Mosby; 2005.
3. Tünger A. Asya Mikrobiyoloji: Bakteriyoloji, Viroloji, Mikoloji, Parazitoloji, İmmünoloji. İzmir: Asya Tıp Kitabevi; 2005.
4. Ustaçelebi Ş. Temel ve Klinik Mikrobiyoloji. 1. Baskı. Ankara: Güneş Kitabevi; 1994.
5. Töreci K. Escherichia Türleri, Enfeksiyon Hastalıkları ve Mikrobiyolojisi. Cilt 2, 2. Baskı. Ankara: Nobel Tıp Kitapevleri; 2002.
6. Bilgehan H. Escherichia. In: Bilgehan H (editör). Klinik Mikrobiyoloji Özel Bakteriyoloji ve Bakteri Enfeksiyonları. 10. Baskı. İzmir: Barış Yayınları Fakülteler Kitabevi; 2000.
7. Baron EJ, Peterson LR and Finegold SM. Enterobacteriaceae. In: Baron EJ, Peterson LR, Finegold SM (eds) Bailey and Scotts. Diagnostic Microbiology. 9th ed. London, St. Louis: Mosby; 1994.
8. Bilgehan H. Klinik Mikrobiyolojik Tanı. 3. Baskı. Ankara: Barış Yayınları; 2002.
9. Brooks GF, Butel JS, Morse SA, eds. Jawetz, Melnick and Adelberg"s. Medical Microbiology. 22nd edition. Newyork: McGraw- Hill; 2001.
10. Norrby SR. Urinary tract infections In: Finch RG, Greenwood D, Norrby SR, and Whitley RJ. Antibiotic and Chemotherapy. 8th edition. Toronto: Churchill Livingstone; 2003.
11. Erayman İ, Erayman B and Arıbaş ET. İdrar örneklerinden izole edilen gram negatif bakterilerin antibiyotik duyarlılıkları. ANKEM Dergi; 2001.
12. Tenover FC, Arbeit RD, Goering RV, Mickelsen PA, Murray BE, Persing DH and Swaminathan B. Interpreting chromosomal DNA restriction patterns produced by pulsed-field gel electrophoresis, criteria for bacterial strain typing, J Clin Microbiol, 1995.
13. Olive DM and Bean P. Principles and Applications of Methods for DNA-Based Typing of Microbial Organisms, Journal Of Clinical Microbiology, 1999.
14. Nameghi SA. Genotyping Escherichia coli isolates by Pulsed-Field Gel Electrophoresis, MSc Thesis, Biolabs, Södertörn Högskola Stockholm, New England, 2007.
15. Schwartz DC, Saffran W, Welsh J, Haas R, Goldenberg M and Cantor CR. New techniques for purifying large DNAs and studying their priorities and packaging, Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, 1982.
16. Kaufmann M, Woodford N and Alan PJ. Molecular bacteriology Protocoly and Clinical Applications. Humana Press; 1998.
17. Félix B, Dao TT, Lombard B, Brisabois AAA and Roussel S. The Use of Pulsed Field Gel Electrophoresis in Listeria monocytogenes Sub-Typing Harmonization at the European Union Level, Gel Electrophoresis –Principles and Basics (Edited by Magdeldin S.), 2012.
18. Basım E, Basım H. Pulsed-Field Gel Electrophoresis (PFGE) Technique and its use in Molecular Biology, Turk J Biol, 2000;25:405-418.
19. Carle GF, Frank M and Olson MV. Electrophoretic separations of large DNA molecules by periodic inversion of the electric field. Science, 1986;232(4746):65-68.

20. Southern EM, Anand R, Brown WR and Fletcher DS. A model for the separation of large DNA molecules by crossed-field gel electrophoresis, *Nucl. Acids Res.*, 1987.
21. Martinović A, Radulović Z, Wind A, Janzen T and Obradović D. Isolation and characterization of bacterial flora from farmhouse fermented milk products of Serbia and Montenegro. *Acta Veterinaria*, 2005; 55(4):307-318.
22. Shah A, Hasan F, Ahmed S and Hameed A. Characteristics, epidemiology and clinical importance of emerging strains of gram negative bacilli producing extended spectrum beta-lactamases, *Research in Microbiology*, 2005.
23. Berezin BE and Towner KJ. *Acinetobacter* spp as nosocomial pathogens: microbiological, clinical and epidemiological features, *Clinic Microbiol Review*, 1996.
24. Durmaz R. IV. Uygulamalı Moleküler Mikrobiyoloji Kursu Kitapçığı Malatya; 2007.
25. Singh A, Goering RV, Simjee S, Foley SL and Zervos MJ. Application of molecular techniques to the study of hospital infection, *Clinic Microbiol Review*, 2006.
26. Seifert H, Schulze A, Baginski R and Pulverer G. Plasmid DNA fingerprinting of *Acinetobacter* species other than *Acinetobacter baumannii*, *J Clin Microbiol*, 1994.
27. Bergogne-Berezin E and Joly-Guillou ML. Hospital infection with *Acinetobacter* spp.: an increasing problem, *J Hosp Infect*, 1991.
28. Andrei A and Zervos MJ. The application of molecular techniques to the study of hospital infection, *Arch pathol lab med*, 2006; 130(5):662-668.
29. Dijkshoorn L., Michel MF, Degener J and Cell E. Envelope protein profiles of *Acinetobacter Calcoaceticus* strains isolated in hospitals, *J Med Microbiol*, 1987.



**Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa  
Bilimleri Dergisi**  
Usak University Journal of Science and Natural Sciences

<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>  
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.957592>



*Araştırma Makalesi*

## Some Affine Surfaces in Simply Isotropic 3-Space

Gülsüm Solmaz<sup>1</sup>, Murat Kemal Karacan<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Uşak University, *Graduate Education Institute, Department of Mathematics, TURKEY*

<sup>2</sup>Uşak University, *Faculty of Science and Art, Department of Mathematics, TURKEY*

Geliş: 25 Haziran 2021 Kabul: 22 Ağustos 2021 / Received: 25 June 2020 Accepted: 22 August 2021

### Abstract

In this paper, we have defined some of the special affine surfaces (Affine spheres, Affine ruled surfaces) and their dual surfaces given by the monge patch in Simply Isotropic 3-space. We also have given the Gaussian and the mean curvatures.

**Keywords:** *Affine spheres, affine ruled surfaces, dual surfaces, simply isotropic 3-space.*

### Özet

Bu makalede, 3-boyutlu basit izotropik uzayda, Monge yaması ile verilen bazı özel Afin yüzeyler ile (Afin küreler, Afin regle yüzeyler) bunların dual yüzeylerini tanımladık. Ayrıca bu yüzeylere ait Gauss ve ortalama eğriliklerini inceledik.

**Anahtar Kelimeler:** *Afin küreler, afin regle yüzeyler, dual yüzeyler, basit izotropik 3-uzay.*

©2021 Usak University all rights reserved.

## 1. Introduction

In mathematics, an affine space is a geometric structure that generalizes some of the properties of Euclidean spaces in such a way that these are independent of the concepts of distance and measure of angles, keeping only the properties related to parallelism and ratio of lengths for parallel line segments. In mathematics, and especially differential geometry, an affine sphere is a hypersurface for which the affine normals all intersect in a single point [5]. The term affine sphere is used because they play an analogous role in affine differential geometry to that of ordinary spheres in Euclidean differential geometry. An affine sphere is called improper if all of the affine normals are constant. In that case, the intersection point mentioned above lies on the hyperplane at infinity [5]. Lone and Karacan studied the dual translation surfaces in three dimensional simply

\*\*Corresponding author:

E-mail: [murat.karacan@usak.edu.tr](mailto:murat.karacan@usak.edu.tr) (ORCID ID: 0000-0002-2832-9444)

©2021 Usak University all rights reserved.

isotropic space and they gave classification of dual translation surface with constant dual isotropic mean curvature or constant dual isotropic Gaussian curvature [4]. Belkhef and Katou classified all affine semiparallel surfaces in  $R^3$  with constant Pick invariant and they characterized affine semiparallel surfaces of constant Pick invariant but of which shape operators are not parallel [1]. Katou studied a new class of affine minimal hypersurfaces as higher dimensional analogues of affine minimal ruled surfaces [3]. Clelland and Miller investigated the geometric properties of hyperbolic affine flat affine minimal surfaces in the equiaffine space  $A^3$  [2]. In this paper we have investigated the curvatures of affine spheres and affine ruled surfaces given by [1,2,3] in simply isotropic 3-space.

## 2. Preliminaries

A simply isotropic space  $I_3^1$  is a Cayley-Klein space defined from the three dimensional projective space  $P(R^3)$  with the absolute figure which is an ordered triple  $(w, f_1, f_2)$ , where  $w$  is a plane in  $P(R^3)$  and  $f_1, f_2$  are two complex-conjugate straight lines in  $w$ . The homogeneous coordinates in  $P(R^3)$  are introduced in such a way that the absolute plane  $w$  is given by  $x_0 = 0$  and the absolute lines  $f_1, f_2$  by  $x_0 = x_1 + ix_2 = 0$ ,  $x_0 = x_1 - ix_2 = 0$ . The intersection point  $F(0:0:0:1)$  of these two lines is called the absolute point. The group of motions of the simply isotropic space is a six-parameter group given in the affine coordinates

$$x = \frac{x_1}{x_0}, y = \frac{x_2}{x_0}, z = \frac{x_3}{x_0}$$

by

$$\begin{aligned} \bar{x} &= a + x \cos \theta - y \sin \theta \\ \bar{y} &= b + x \sin \theta + y \cos \theta \\ \bar{z} &= c + c_1 x + c_2 y + z \end{aligned}$$

where  $a, b, c, c_1, c_2, \theta \in R$ . Such affine transformations are called isotropic congruence transformations or  $i$ -motions [6]. Isotropic geometry has different types of lines and planes with respect to the absolute figure. A line is called non-isotropic (resp. completely isotropic) if its point at infinity does not coincide (coincides) with the point  $F$ . A plane is called non-isotropic (resp. isotropic) if its line at infinity does not contain  $F$ , otherwise. Completely isotropic lines and isotropic planes in this affine model appear as vertical, i.e. parallel to the  $z$ -axis. Finally, the metric of the simply isotropic space  $I_3^1$  is given by

$$ds^2 = dx^2 + dy^2.$$

A surface  $S$  immersed in  $I_3^1$  is called admissible if it has no isotropic tangent planes. For such a surface, the coefficients  $E, F, G$  of its first fundamental form are calculated with respect to the induced metric and the coefficients  $L, N, M$  of the second fundamental form, with respect to the normal vector field of a surface which is always completely isotropic. The (isotropic) Gaussian and (isotropic) mean curvature are defined by



$$K = k_1 k_2 = \frac{LN - M^2}{EG - F^2}, \quad 2H = k_1 + k_2 = \frac{EN - 2FM + GL}{EG - F^2}$$

where  $k_1, k_2$  are principal curvatures, i.e, extrema of the normal curvature determined by the normal section (in completely isotropic direction) of a surface. Since  $EG - F^2 > 0$ , for the function in the denominator we often put  $W^2 = EG - F^2$ . The surface  $S$  is said to be isotropic flat (resp. isotropic minimal ) if  $K$  (resp.  $H$  ) vanishes [6].

We confine our discussion to regular surfaces  $S$  without isotropic tangent planes. Thus, we may write in explicit form  $z = f(u, v)$ . A surface  $S : z = f(u, v)$ , seen as set of contact elements (points plus tangent planes) corresponds to a surface  $S^* = (x^*(u, v), y^*(u, v), z^*(u, v))$  parameterized by

$$\begin{aligned} x^* &= f_u(u, v) \\ y^* &= f_v(u, v) \\ z^* &= uf_u(u, v) + vf_v(u, v) - f(u, v) \end{aligned}$$

Contact elements along isotropic principal curvature lines of  $S$  and  $S^*$  correspond in the duality. Note that  $S^*$  may have singularities which correspond to parabolic surface points of  $S^*$  ( $K = 0$ ). This is reflected in the following relations between the isotropic curvature measures of dual surface pairs:

$$K^* = \frac{1}{K}, \quad H^* = \frac{H}{K},$$

Thus, the dual surface to an isotropic minimal surface is also isotropic minimal [4].

### 3. Some Affine Surfaces and Their Dual Surfaces

In this section, we have investigated some of the special affine surfaces defined by [1,2,3] and their dual surfaces given by the monge patch in Simply Isotropic 3-space. We will also give the Gaussian and the mean curvatures of these surfaces in Simply Isotropic 3-space.

**a) Type 1:** If  $z = uv + g(v)$ , then the surface and its curvatures are given by

$$\begin{aligned} S_1(u, v) &= (u, v, uv + g(v)) \\ K_1 &= -1, \quad H_1 = \frac{g''(v)}{2}. \end{aligned} \tag{1}$$

In this case, the dual surface and the curvatures are given by

$$S_1^*(u, v) = (v, u + g'(v), -g(v) + v(u + g'(v)))$$

$$K_1^* = -1, H_1^* = -\frac{g''(v)}{2}. \tag{2}$$

So, we have following results.

**Corollary 3.1.** There are no isotropic flat surfaces  $S_1$  and  $S_1^*$ .

**Theorem 3.1.** Let  $S_1$  and  $S_1^*$  be a surface of Type 1 and a dual surface of Type 1 in  $I_3^1$ . If the surfaces  $S_1$  and  $S_1^*$  are isotropic minimal then we have  $g(v) = c_1v + c_2, c_1, c_2 \in R$ .

**Proof:** Suppose the mean and dual mean curvatures  $H_1$  and  $H_1^*$  of Type 1 in  $I_3^1$  vanishes identically, from (1) and (2) we have  $g''(v) = 0$  and  $g(v) = c_1v + c_2, c_1, c_2 \in R$ .

Now, we consider dual translation surface of Type 1 with non-zero dual constant mean curvature in  $I_3^1$ . If the mean curvatures  $H_1$  and  $H_1^*$  are non-zero constant, from (1) and (2), we have  $g''(v) - 2H_1 = 0$  and  $g''(v) + 2H_1^* = 0$ . So we get

$$\begin{aligned} g(v) &= H_1v^2 + c_1v + c_2, c_1, c_2 \in R, \\ g(v) &= -H_1^*v^2 + c_1v + c_2, c_1, c_2 \in R. \end{aligned} \tag{3}$$

**Corollary 3.2.** Let  $S_1$  and  $S_1^*$  be a surface of Type 1 and a dual surface of Type 1 in  $I_3^1$ . If the surfaces  $S_1$  and  $S_1^*$  have the constant mean curvatures, then the function  $g(v)$  is given by (3).

**b) Type 2:** If  $z = v \tan u + f(u)$ , then the surface and its curvatures are given by

$$\begin{aligned} S_2(u, v) &= (u, v, v \tan u + f(u)) \\ K_2 &= -\frac{1}{\cos^4 u}, H_2 = v \frac{\sin u}{\cos^3 u} + \frac{f''(u)}{2}. \end{aligned} \tag{4}$$

In this case, the dual surface and the curvatures are given by

$$\begin{aligned} S_2^*(u, v) &= \left( \frac{v}{\cos^2 u} + f'(u), \tan u, -f(u) + u \left( \frac{v}{\cos^2 u} + f'(u) \right) \right) \\ K_2^* &= -\cos^4 u, H_2^* = -\frac{\cos u}{2} (2v \sin u + \cos^3 f''(u)). \end{aligned} \tag{5}$$

So, we have following result.

**Corollary 3.3.** There are no isotropic flat and isotropic minimal surfaces  $S_2$  and  $S_2^*$ .

**c) Type 3:** If  $z = \frac{v^2}{2} + f(u)$ , then the surface and its curvatures are given by

$$S_3(u, v) = \left( u, v, \frac{v^2}{2} + f(u) \right)$$

$$K_3 = f''(u), H_3 = \frac{1}{2}(1 + f''(u)). \tag{6}$$

In this case, the dual surface and the curvatures are given by

$$S_3^*(u, v) = \left( f'(u), v, \frac{v^2}{2} - f(u) + uf'(u) \right)$$

$$K_3^* = \frac{1}{f''(u)}, H_3^* = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{1}{f''(u)} \right). \tag{7}$$

Now, we consider the surface of Type 3 and its dual surface. If the Gaussian curvatures  $K_3$  and  $K_3^*$  are non-zero constant, from (6) and (7), we have  $f''(u) - K_3 = 0$  and  $f''(u)K_3^* - 1 = 0$ . So we get

$$f(u) = K_3 \frac{u^2}{2} + c_1u + c_2, c_1, c_2 \in R,$$

$$f(u) = \frac{u^2}{2K_3^*} + c_1u + c_2, c_1, c_2 \in R. \tag{8}$$

So, we have the following theorem.

**Theorem 3.2.** Let  $S_3$  and  $S_3^*$  be a surface of Type 3 and a dual surface of Type 3 in  $I_3^1$ . If the surfaces  $S_3$  and  $S_3^*$  have constant the Gaussian curvatures, then the function  $f(u)$  is given by (8).

Now, we consider the surface and its dual surface. If the mean curvatures  $H_3$  and  $H_3^*$  are non-zero constant, from (6) and (7), then we have

$$f(u) = \frac{1}{2}(-1 + 2H_3)u^2 + c_1u + c_2, c_1, c_2 \in R,$$

$$f(u) = \frac{u^2}{2(-1 + 2H_3^*)} + c_1u + c_2, c_1, c_2 \in R. \tag{9}$$

**Corollary 3.4.** Let  $S_3$  and  $S_3^*$  be a surface of Type 3 and a dual surface of Type 3 in  $I_3^1$ . If the surfaces  $S_3$  and  $S_3^*$  have constant the mean curvatures, then the function  $f(u)$  is given by (9).

**d) Type 4:** If  $z = ve^u + f(u)$ , then the surface and its curvatures are given by

$$S_4(u, v) = (u, v, ve^u + f(u))$$

$$K_4 = -e^{2u}, H_4 = \frac{1}{2}(ve^u + f''(u)). \quad (10)$$

In this case, the dual surface and the curvatures are given by

$$S_4^*(u, v) = (ve^u + f'(u), e^u, -f(u) + u(ve^u + f'(u)))$$

$$K_4^* = -e^{-2u}, H_4^* = -\frac{e^{-2u}}{2}(ve^u + f''(u)). \quad (11)$$

**Corollary 3.5.** There are no isotropic flat and isotropic minimal surfaces  $S_4$  and  $S_4^*$ .

**e) Type 5:** If  $z = vu + f(v) + vg(v)$ , then the surface and its curvatures are given by

$$S_5(u, v) = (u, v, vu + f(v) + vg(v))$$

$$K_5 = -1, H_5 = \frac{1}{2}(2g'(v) + f''(v) + vg''(v)). \quad (12)$$

In this case, the dual surface and the curvatures are given by

$$S_5^*(u, v) = (v, u + g(v) + f'(v) + vg'(v), -f(v) - vg(v) + v(u + g(v) + vg'(v)))$$

$$K_5^* = -1, H_5^* = \frac{1}{2}(-2g'(v) - f''(v) - vg''(v)). \quad (13)$$

Suppose the mean and dual the mean curvatures  $H_5$  and  $H_5^*$  of Type 5 in  $I_3^1$  vanishes identically, from (12) and (13), we have

$$g(v) = -\frac{f(v)}{v} - \frac{c_1}{v} + c_2, c_1, c_2 \in R \quad (14)$$

or

$$f(v) = -vg(v) + c_1v + c_2, c_1, c_2 \in R. \quad (15)$$

**Corollary 3.6.** There are no isotropic flat surfaces  $S_5$  and  $S_5^*$ .

**Corollary 3.7.** If the surfaces  $S_5$  and  $S_5^*$  are isotropic minimal, then the functions  $f$  and  $g$  are related to each other.

## References

1. Belkhef M, Katou M. Affine semiparallel surfaces with constant Pick invariant. Hokkaido Mathematical Journal, 2005; 34: 355–374.
2. Miller JM, Clelland JN. A characterization of hyperbolic affine flat affine minimal surfaces in  $A^3$ . Differential Geometry and its Applications, 2016; 36: 134–148.
3. Katou M. New affine minimal ruled hypersurfaces, J. Math. Soc. Japan, 2006; 58(3): 869-883.
4. Lone MS, Karacan MK. Dual Translation Surfaces in the three Dimensional Simply Isotropic Space  $I_3^1$ . Tamkang Journal of Mathematics, 2018; 49(1): 67-77.
5. Shikin EV. Affine sphere, Encyclopedia of Mathematics, EMS Press; 1994.
6. Sipus ZM. Translation surfaces of constant curvatures in a simply isotropic space. Period Math Hung, 2014; 68: 160-175.



**Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa  
Bilimleri Dergisi**  
Usak University Journal of Science and Natural Sciences

<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>  
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.991094>



*Araştırma makalesi*

## **Dışmerkez Çelik Çaprazların Yapılar Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi**

*Soner Şeker\*, Ömer Tunç, Dima Börekçi, Batuhan Göktaş*

*İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye*

*Geliş: 5 Eylül 2021*

*Kabul: 22 Kasım 2021 / Received: 5 September 2021*

*Accepted: 22 November 2021*

### **Abstract**

Steel braces are used in steel frames system, in order to resist lateral loads such as seismic and wind. In this study, the contributions of eccentric steel braces on low-rise structures, among the brace types defined in the regulations, are discussed in against the lateral loads in steel structures. For this purpose, the 3- and 5-storey structures, which were designed as a non-braced frame system, were redesigned using eccentric braces defined in the literature. The appearance of the sample buildings in the plan is identical and there are 8 spans in the X direction and 4 spans in the Y direction in the modeled structures. Models; non-braced steel frame, eccentric diagonal brace, eccentric V brace and eccentric inverted V brace were added and analyzed. Considered sample structures; The total weight of the structure, the maximum lateral displacement value and the period values of the structures were compared. In the analysis and design of buildings; Turkey Building Earthquake Regulation (TBDY 2018), Principles for the Design, Calculation and Construction of Steel Structures (ÇYTHYE), TS-498, TS EN 1991-1-3 and TS EN 1991-1-4 standards were used. Structural analyzes were made with the SAP2000 program. As a result of the analysis, it was observed that the eccentric braces used had a positive effect on the lateral displacement of the structure.

**Keywords:** *Steel structures, moment resisting frame, steel braces, eccentric steel braces.*

### **Özet**

Çelik çerçeve sistemlerde, deprem ve rüzgâr gibi yanal yüklerin karşılanması amacıyla çelik çapraz elemanlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada, çelik yapılarda yanal yükleri karşılamak amacıyla yönetmeliklerde tanımlanmış olan çapraz türleri içerisinde, dış merkezi çelik çaprazların az katlı yapılar üzerindeki katkıları ele alınmaktadır. Bu maksatla çaprazsız bir şekilde oluşturulan çerçeve sistem olarak tasarımı yapılmış olan 3 ve 5 katlı yapılar, literatürde tanımlanan dışmerkez çaprazlar kullanılarak yeniden tasarlanmıştır. Örnek yapıların plandaki görüntüsü özdeş olup modellenen yapılarda X doğrultusunda 8 açıklık, Y doğrultusunda ise 4 açıklık bulunmaktadır. Yapı modellerinin; çaprazsız moment aktaran çelik çerçeve, dışmerkez diyagonal çapraz, dışmerkez V çapraz ve dışmerkez Ters V çaprazlar eklenerek Mod Birleştirme Yöntemi ile analizi yapılmıştır. Ele alınan örnek yapılar için; toplam yapı ağırlığı, en büyük yanal yer değiştirme değeri ve yapıların periyot değerleri karşılaştırılmıştır. Yapıların analiz ve tasarımında; Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği(TBDY 2018), Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar(ÇYTHYE), TS-498, TS EN 1991-1-3 ve TS EN 1991-1-4 standartlarından

\*Corresponding author:

E-mail: soner.seker@usak.edu.tr (ORCID ID: 0000-0002-7632-9713)

yararlanılmıştır. Yapısal analizleri ise SAP2000 programı ile yapılmıştır. Analiz sonucunda kullanılan dışmerkez çaprazların yapıya yanal yönde yer değiştirmede olumlu etki ettiği gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çelik Yapılar, moment aktaran çerçeve, çelik çaprazlar, dış merkez çelik çaprazlar.

©2021 Usak University all rights reserved.

## 1. Giriş

Mühendislik ürünü olan her yapının, işlevini sürdürebilmesi için, yapılarda etkili olan tüm yükler altında belirli bir dayanım ve rijitliği sağlaması gerekmektedir. Yapıların tasarımında, ilgili yönetmeliklerin öngörmüş olduğu yükler dikkate alınarak en uygun tasarım ortaya çıkarılmaktadır. Yapılarda her an etkili olan düşey yükler; ölü ve hareketli yüklerden oluşurken, farklı zaman aralığı içinde yatay yönde etki eden yükler ise rüzgâr ve deprem yükleridir. Dinamik yükler olarak da anılan bu yatay yükler, taşıyıcı sistem tasarımında kritik kesiti belirleyici unsur olarak rol alırlar. Zamanı ve şiddeti önceden bilinemediği için yapı dinamiğinin temel unsurunu deprem yükü oluşturur.

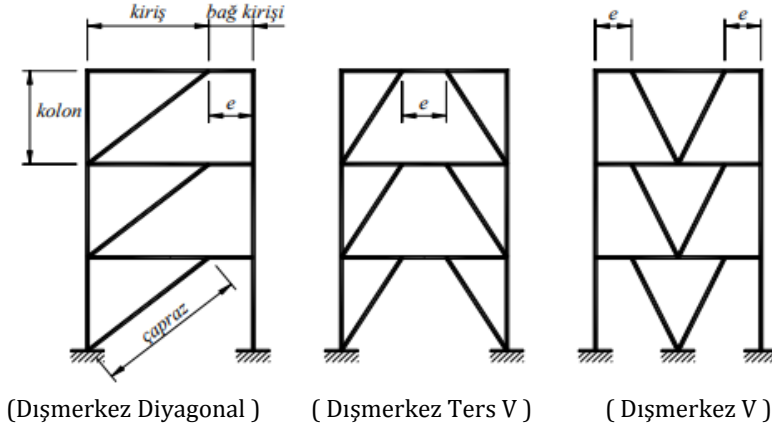
Yapılan çalışmalarda; yapıların deprem etkisi altındaki davranışlarını irdeleyen birçok bilimsel çalışmalara rastlanılmaktadır. Daha önce yaşanan afetler ve depremlerden edinilen tecrübeler sayesinde depreme dayanıklı yapı tasarımında yapılan doğru ve yanlışlıklar gözler önüne serilmiştir.

Son yıllarda çelik yapıların kullanım alanları gün geçtikçe artmaktadır. Çelik yapılar daha çok; endüstriyel yapılar, yüksek katlı yapılar, spor tesisleri vb. yapılarda tercih edilmektedir. Çelik yapıların da deprem anındaki performansını iyileştirecek birçok yöntem geliştirilerek denenmiştir. Bunlardan birisi de çalışma konumuz olan çelik çapraz perdelerdir.

Bu çalışmada, aynı kat planlarına sahip az katlı yapılar, herhangi bir çapraz kullanılmadan moment aktaran çerçeve sistemler olarak tasarımı yapılmıştır. Çapraz kullanılmadan tasarımı yapılmış olan örnek yapılara literatürde bahsi geçen dışmerkez çelik çaprazlar uygulanarak, yapıların periyot, yanal yerdeğiştirmeye ve yapısal ağırlık değerlerindeki değişimler gözlemlenmiştir. Özellikle, yapılarda önemli bir tasarım sınırlayıcısı olan yanal ötelenmenin yüksek yapılarda az katlı yapılarda daha fazla olması bilinmektedir. Çalışmada ise çelik çaprazların etkilerinin, yapı yüksekliklerine bağlı olarak değişimini gözlemlemek adına seçilen örnek yapılar 3 katlı ve 5 katlı modeller olarak belirlenmiştir.

Çelik çaprazların, sadece çelik yapılarda değil mevcut betonarme yapıların yatay rijitliğini artırmaya yönelik katkısının olduğu da yapılan çalışmalarda görülmektedir. Yapılan çalışmalarda, çelik çaprazlar ile yerinde dökme betonarme deprem perdelerinin performans karşılaştırılmaları da incelenmiştir [1,12]. Yönetmeliklerde bahsi geçen sınırlı düzeyde yüksek merkezi çelik çaprazlı perdelerin tasarım kuralları hakkında incelemeler yapılmıştır [2,14,16]. Bazı çalışmalarda; çelik çapraz tiplerinin betonarme deprem perdelerine göre karşılaştırılması yapılmasıyla birlikte çelik çapraz tiplerinin kendi içinde kıyaslanması ve çaprazların moment aktaran çerçevelerin yatay rijitliklerine olan katkıları da ele alınmıştır [3-6,9,10,17]. Ayrıca yönetmeliklerde tanımlanmış olan merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin deprem performansları doğrusal olmayan analiz yöntemiyle sismik performansları ele alınmıştır [7]. Bazı çalışmalarda ise yapılarda kullanılan çapraz türleri farklı yönetmelik kriterleri için değerlendirilerek, karşılaştırılmıştır [8,13]. Ayrıca, çapraz tipinin önemi kadar çaprazlarda kullanılan en kesit türüne yönelik de çalışmalar olduğu görülmektedir [11,20].

Çelik çapraz elemanlarının yapı davranışına olan katkısı ve çalışma prensiplerinin bilinmesi yapı davranışını tahmin etme açısından bir yol göstericidir. Çaprazların kullanıldığı çelik çerçeve sistemler, deprem etkilerine karşı sağladıkları rijitlik nedeniyle son dönemde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [15]. Çerçeve sistemlerde gelen yatay ve düşey yükler kolon ve kiriş yani çerçeve sistem ile taşınmakta iken çaprazların kullanıldığı çerçevelerde ise çapraz elemanlarda yük paylaşımında aktif rol oynamaktadır[18,19]. Çapraz elemanların kullanılma sebebi yapıya yatay stabilite kazandırmak olması sebebiyle bu elemanlar yatay yük aktarımı yapabilecek şekilde tasarımı yapılmalıdır.



Şekil 1. Dış Merkez Çelik Çapraz Tipleri

Araştırma kapsamında 3 ve 5 katlı çelik bir yapı moment aktaran çerçeve olarak ve aynı yapı Dışmerkez Diyagonal çapraz, Dışmerkez V çapraz ve Dışmerkez Ters V çaprazlar eklenerek bu çapraz tiplerinin yapılarda ortaya koydukları etkilerin irdelenmesi amaçlanmıştır.

Çelik yapılar kolon, kiriş ve çapraz çelik elemanlardan oluşan çerçeve sistemlerdir. Çelik çaprazlar yapıyı yatay etkilere karşı rijitliğini artırarak yanal yer değiştirmelerin azalmasına yardımcı olmaktadır. Dışmerkez çelik çerçevelerin en az bir ucu kirişte bağ kirişi adı verilen bir kısma bağlanır. Şekil 1'de Dışmerkez çapraz türleri yer almaktadır.

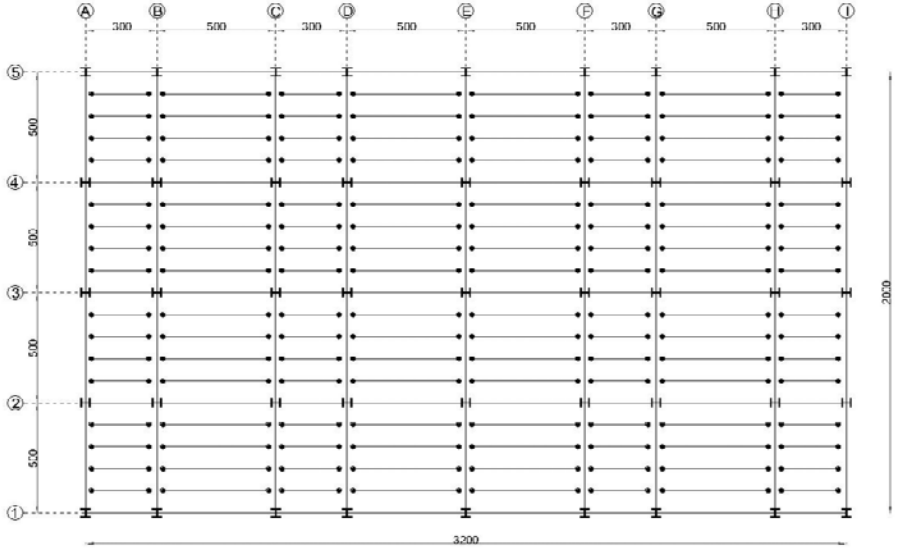
## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada; yapılara etkileyen deprem yüklerin belirlenmesinde TBDY 2018 yönetmeliğinden faydalanılarak, taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılması ÇYTHYE-2016 kriterleri dikkate alınarak belirlenmiştir. [21,24]. Rüzgâr yükü, kar yükü ve döşeme hareketli yükleri ise TS EN 1991 -1- 4, TS EN 1991 -1- 3 ve TS 498 'e göre belirlenmiştir [20,22].

Yapı modellerinin oluşturulması ve analiz aşamasında SAP2000 v19.2.1 yapısal analiz programı kullanılmıştır [25].

Çalışmada ele alınan örnek yapılar 3 ve 5 katlı olarak; X yönünde 8 açıklıklı, Y yönünde 4 açıklıklı olarak simetrik bir şekilde tasarlanmıştır (Şekil 2). Yapıların giriş katlarında; kat





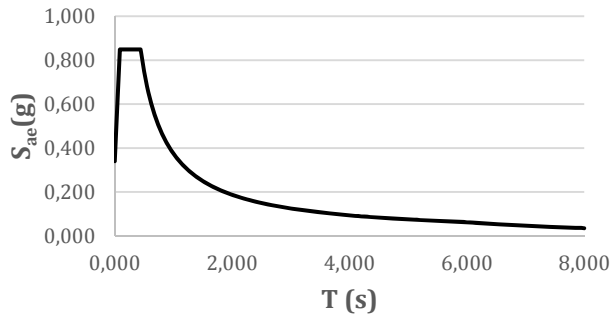
yükseklikleri ticari kaygılar düşünülerek 4 metre diğer katlarda ise 3.25 metre olarak tercih edilmiştir.

Şekil 2. Yapılara ait tipik kat planı

Şekil 2’de çalışmada ele alınan yapılara ait tipik kat planı yer almaktadır. İncelenen 3 ve 5 katlı yapıların her biri için herhangi bir çapraz kullanılmayan çerçeve sistem ve 3 adet farklı dış merkezi çelik çerçeve sistem olarak çözülmüştür. Yapılar; moment aktaran çerçeve sistem, Dışmerkez V çapraz, Dışmerkez Ters V, Dışmerkezi Diyagonal çapraz olarak adlandırılmıştır.

İncelenen yapılar Uşak ilinde yer aldığı düşünülerek, yapı koordinatlarının enlemi ve boylamı sırasıyla  $38.687476^\circ$ ,  $29.45946^\circ$  şeklindedir. Zemin sınıfı ZD olup Türkiye Deprem Tehlike Haritaları interaktif Web Uygulamasından alınan veriler aşağıdaki gibidir.

$S_s = 0.673$   $S_1 = 0.165$   $S_{DS} = 0.849$   $S_{D1} = 0.375$   $T_A = 0.088(s)$   $T_B = 0.441(s)$   $T_L = 6.000(s)$ . Bina önem katsayısı  $I=1.0$  alınmıştır. Mod birleştirme analiz için kullanılan yatay elastik tasarım spektrumu Şekil 3’te görülmektedir.



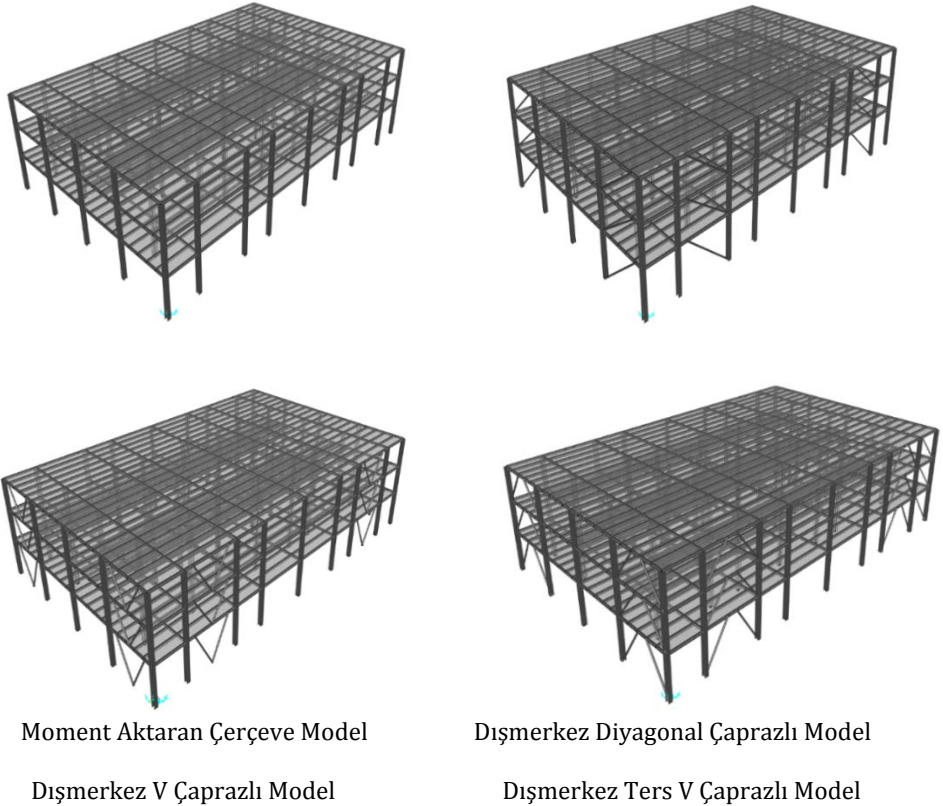
Şekil 3. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

İlgili yönetmeliklerden yapılarda etkili olması öngörülen yük etkileri Sap2000 programındaki hazırlanmış olan modellere tanımlanmıştır. Binanın zati ağırlığı programın bünyesinde mevcuttur. Sistemdeki kar yükü TS-EN-1991-1-3'e göre  $75\text{kg/m}^2$  olarak belirlenmiştir. Yük parametrelerinden birisi olan rüzgâr yükleri ise TS-EN-1991-1-4'te yer alan koşullara bağlı kalarak Sap2000 programına otomatik olarak yüklenmiştir.

### 3. Bulgular

#### 3.1.3 Katlı Çelik Taşıyıcı Sistemde Çelik Çaprazların Etkisinin İncelenmesi

Çelik çaprazların yapılarda, yapısal davranış değerlerine olan etkisinin araştırılması ve en uygun çapraz türünün belirlenmesi amacıyla öncelikle 3 katlı bir yapı modeli incelenmiştir. Yapılan analizler neticesinde herhangi bir çelik çapraz türü kullanılmaksızın boyutlandırılan yapı ağırlığı  $13474\text{ kN}$  olarak ele edilmiştir.



Şekil 4. 3 Katlı yapı örnekleri

Moment aktaran 3 katlı yapıya dışmerkez çaprazlar uygulanarak analiz edilmiştir (Şekil 4). Analizler sonucunda ele alınan örnek yapıya ait elde edilen değerler Tablo 1'de görülmektedir.

**Tablo 1 . 3 Katlı Yapıya Ait Analiz Sonuçları**

3 Katlı Yapı	Ağırlık (kN)	Periyot Mod1 (sn)	Tepe Noktası Yerdeğiştirmesi	
			X Yönü (mm)	Y Yönü (mm)
<b>Moment Aktaran</b>	13474	0.89	12.32	14.96
<b>Dışmerkez Diyagonal</b>	13484	0.77	10.59	11.41
<b>Dışmerkez V</b>	13494	0.62	9.47	10.38
<b>Dışmerkez Ters V</b>	13494	0.61	8.95	9.56

Tablo 1’de 3 katlı yapıya ait 4 farklı model için elde edilmiş olan; toplam yapı ağırlığı, periyot ve her iki doğrultudaki tepe noktası deplasmanları yer almaktadır. Tasarımı yapılan moment aktaran çerçeve sistemlerde çerçeve sistemi oluşturan elemanların boyutları değiştirilmeksizin yapılara dışmerkez çaprazlar uygulanarak, bu çaprazların etkisi gözlemlenmiştir. Moment aktaran modele göre yapı ağırlıklarında gözlenen değişim uygulanan çaprazların ağırlıklarından kaynaklanmaktadır. Bu sebeple; Dışmerkez V ve Dışmerkez Ters V çaprazların eleman sayılarında ki fazlalıktan dolayı Dışmerkez Diyagonal Çapraza göre daha ağır olduğu görülmektedir.

Çelik çaprazların, yapılara yatay rijitlik konusunda yapmış oldukları katkılar yapılara ait periyot değerlerinin çapraz kullanılan modellerde daha düşük olmasından anlaşılmaktadır. Her bir modelin analizi sonucunda elde edilen değerler kıyaslandığında; en büyük katkıyı Dışmerkez Ters V çaprazların kullanıldığı yapılarda gözlemlendiği rahatlıkla söylenebilir. Yine tablodaki değerlerden anlaşıldığı üzere Dışmerkez Ters V çaprazların kullanıldığı yapıların salınımı en fazla sınırlandırıldığı görülmektedir.

Ele alınan örnek yapıda moment aktaran çerçevesel yapıya sadece çapraz elemanlar eklenerek yanal rijitliklerinin arttığı görülmüştür. Yatay yerdeğiştirme değerlerinin önemli bir tasarım sınırlayıcısı olduğu düşünülerek, örnek modellerin çapraz elemanlarla birlikte tekrar analiz edilerek en ekonomik tasarımı yapılmış ve elde edilen değerler Tablo 2’de görülmektedir.

**Tablo 2. 3 Katlı Yapılarda Çapraz Elemanların Etkileri**

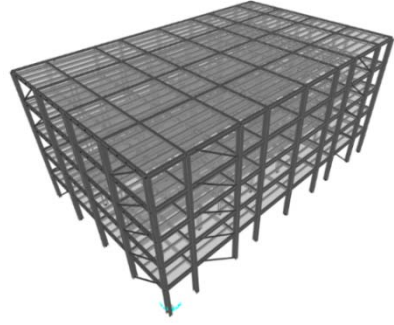
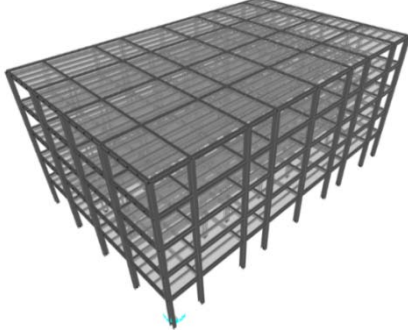
Yapının Tekrar Boyutlandırılmış Hali	Ağırlık (kN)	Periyot Mod1 (sn)	Tepe Noktası Yerdeğiştirmesi	
			X Yönü (mm)	Y Yönü (mm)
<b>Moment Aktaran</b>	13474	0.89	12.32	14.96
<b>Dışmerkez Diyagonal</b>	13111	0.81	11.68	12.23
<b>Dışmerkez V</b>	13268	0.74	7.68	10.74
<b>Dışmerkez Ters V</b>	13258	0.65	7.15	10.69

Tablo 2’ de görüldüğü üzere bu yapı için Dışmerkez Ters V modellenip tekrar boyutlandırılmış modelin yapı ağırlığı azalırken yanal rijitlik bakımından en uygun tercih olabileceği gözükmemektedir. Ele alınan örnek yapıda kullanılan Dışmerkez Ters V çaprazlar, moment aktaran çerçeveden farklı olarak yapının ağırlığında sınırlı bir azalmayı sağlamış olsa da yatay yönde yer değiştirme konusunda ciddi bir katkısının olduğu görülmektedir. Dışmerkez Ters V çaprazlar kullanıldığında tepe noktası

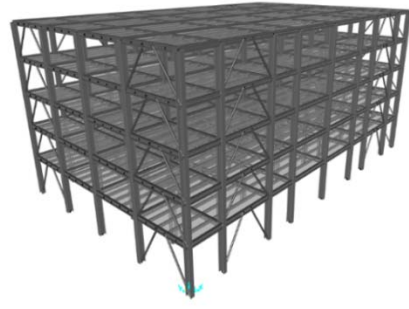
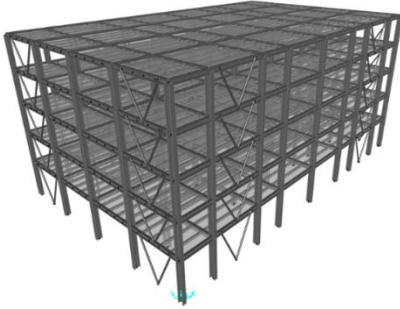
yerdeğiştirmesi değerleri X yönünde yaklaşık %42, Y yönünde ise yaklaşık %29 kadar azaldığı anlaşılmaktadır.

### 3.2. 5 Katlı Çelik Taşıyıcı Sistemde Çelik Çaprazların Etkisinin İncelenmesi

Çelik çaprazların yüksek yapılarda, yapısal



davranış değerlerine olan etkisinin araştırılması ve en



uygun çapraz türünün belirlenmesi amacıyla ele alınan örnek yapı olarak 5 katlı modeller ele alınmıştır (Şekil 5). Moment aktaran 5 katlı yapıya dışmerkez çaprazlar uygulanarak analiz edilmiştir. Analizler sonucunda ele alınan örnek yapıya ait elde edilen değerler Tablo 3'te görülmektedir.

Moment Aktaran Çerçeve

Dışmerkez Diyagonal Çaprazlı Model

Dışmerkez V Çaprazlı Model

Dışmerkez Ters V Çaprazlı Model

### Şekil 5. 5 Katlı yapı örnekleri

Tablo 3’de 5 katlı örnek olarak ele alınan 4 farklı modele ait; toplam yapı ağırlıkları, periyot değerleri ve yapının tepe noktasındaki X ve Y yönünde yapmış olduğu maksimum yer değiştirme değerleri yer almaktadır. Moment aktaran çerçeve ile çaprazların kullanıldığı modeller arasında ortaya çıkan yapı ağırlığı farkları kullanılan çelik çapraz elemanların ağırlıkları kadardır.

**Tablo 3 . 5 Katlı Yapıya Ait Analiz Sonuçları**

5 Katlı Yapı	Ağırlık(kN)	Periyot Mod1(sn)	Tepe Noktası Yerdeğiştirmesi	
			X Yönü (mm)	Y Yönü (mm)
<b>Moment Aktaran</b>	22320	1.17	15.58	22.36
<b>Dışmerkez Diyagonal</b>	22369	1.02	13.60	15.81
<b>Dışmerkez V</b>	22447	0.97	12.81	14.11
<b>Dışmerkez Ters V</b>	22447	0.91	11.74	14.76

Tüm modeller uygulandıkları çelik çaprazlar ile birlikte en ekonomik çözümü verecek şekilde tekrar tasarımı yapıldığında, yapılara ait elde edilen değerler Tablo 4’de görülmektedir.

**Tablo 4. 5 Katlı Yapılarda Çapraz Elemanların Etkileri**

Yapının Tekrar Boyutlandırılmış Hali	Ağırlık(kN)	Periyot Mod1 (sn)	Tepe Noktası Yerdeğiştirmesi	
			X Yönü (mm)	Y Yönü (mm)
<b>Moment Aktaran</b>	22320	1.17	15.58	22.36
<b>Dışmerkez Diyagonal</b>	21751	1.11	17.40	19.33
<b>Dışmerkez V</b>	21770	1.05	15.59	17.79
<b>Dışmerkez Ters V</b>	21770	1.01	14.89	15.99

Tablo-4’de görüldüğü üzere; çelik çaprazların yatay yönde kazandırdığı rijitlikle de periyot değerlerinin düştüğü gözlenmektedir. Burada ki periyot değerinin en düşük olduğu çapraz türünün yine Dışmerkez Ters V çapraz olduğu gözlenmiştir. Yapının tepe noktasında ki yer değiştirme değerlerinde ise periyot değerlerinde olduğu gibi çelik çaprazların eklenmesiyle kazanılan yanall rijitlik sayesinde yerdeğiştirme değerleri azalmaktadır. Tabloda; X yönündeki yer değiştirmelerin Y yönündeki yerdeğiştirmelere göre daha az olduğu gözlenmiştir. Bu durum, yapının Y doğrultusundaki boyutunun, X doğrultusundaki boyutuna göre daha az olmasında kaynaklanmaktadır. En düşük yatay yerdeğiştirme değerlerinin Dışmerkez Ters V çaprazının kullanıldığı yapıda ortaya çıktığı gözlenmektedir. Modellere uygulanan çaprazlarla birlikte tekrar tasarımı yapılmasıyla, yapı ağırlıklarının 5 katlı bir yapı için sınırlı düzeyde azaldığı gözlemlenmiştir. Tablo-4’de görüldüğü üzere incelen örnek modeller arasından Dışmerkez Ters V çapraz kullanılması yanall rijitliklerin artırılması konusunda en uygun tercih olabileceği görülmektedir.

## 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada çelik taşıyıcı sistemden oluşan bir yapıda kullanılan dışmerkez çelik çaprazların yapı davranışı üzerine etkileri irdelenmeye çalışılmıştır. Bu doğrultuda

tasarlanan az katlı sayılabilecek 3 ve 5 katlı modeller Moment Aktaran, Dışmerkez Diyagonal, Dışmerkez V ve Dışmerkez Ters V çaprazlı olarak çözümlenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre çelik çaprazların moment aktaran çerçeveye göre yapıyı yanal yüklere karşı daha rijit bir hale getirdiği görülmektedir. Bu kazanılan rijitlik sayesinde çaprazların kullanıldığı modellerin moment aktaran çerçeve modeline göre periyot değerlerinin azaldığı görülmüştür. Dışmerkez çaprazların eklendiği yapılar içerisinde; Dışmerkez V çapraz ile Dışmerkez Ters V çaprazların, Dışmerkez Diyagonal çaprazla göre olumlu yönde daha iyi bir katkısının olduğu görülmektedir. 3 ve 5 katlı yapıların analizleri neticesinde Dışmerkez Ters V çapraz türünün yapıda periyot ve yer değiştirme sonuçlarına göre en fazla katkıyı yaptığı görülmektedir. Çaprazların kullanıldığı modellerde çaprazlarında etkisi dikkate alınarak tekrar boyutlandırıldığında, yapının toplam ağırlıklarının da azaldığı gözlemlenmektedir. Özellikle yanal ötelemenin etkili olduğu çok katlı yapıların tasarımında, çaprazların kullanımı, yapısal ağırlık üzerindeki değişim oranının daha fazla olacağı beklenilmektedir. Aynı zamanda kat sayısı daha fazla olan yüksek yapılarda kullanılan eleman sayılarının da fazla olması sebebiyle, yapılarda çaprazların kullanılması sayesinde toplam yapı ağırlığını azalması konusundaki etkisinin daha belirgin olması beklenilmektedir.

Sonuçlar irdelendiğinde Dışmerkez çapraz türlerinin yapıya olan en büyük katkısının yatay yer değiştirmeleri sınırlandırması olduğu gözlemlenmiştir. Ele alınan örnek 3 ve 5 katlı yapıların analizleri sonucu elde edilen değerleri incelendiğinde her iki yapı modeli için en etkili sonuç sergileyen çapraz türünün Dışmerkez Ters V çapraz olduğu görülmüştür.

## Kaynaklar

1. Celep D. Çelik bir yapıda deprem yüklerinin çelik çaprazlar veya betonarme perdelerle taşınması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
2. Doğan A. Merkezi Çelik çaprazlı çerçevelerin tasarım kurallarının 2007 deprem yönetmeliğine göre incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
3. Ceylan ÖG. 10 Katlı çelik bir büro binasının Eurocode 3 göre karşılaştırmalı boyutlandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
4. Çileli E. Çok katlı çelik yapılarda çaprazlı çerçeve sistemlerin DBYBHY 2007'ye göre tasarımı ve süneklik düzeylerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2008.
5. Ercan, A. 10 Katlı çelik bir yapının deprem yükleri altında tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008.
6. Turgut CU. Dış merkez çelik çapraz perdeli bir yapının DBYBHY 2007 kurallarına göre değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.
7. Dizdar O. Merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin sismik performansları. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Deprem ve Yapı Bilimleri Anabilim Dalı, Gebze, 2009.
8. Ar E. Çelik yapıların tasarım metodları ve bunların karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2009.

9. Özel Ö. Çok katlı çelik bir yapının tasarımında deprem ve rüzgar yüklerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.
10. Kul E. Çok katlı çelik yapılarda yatay yük kapasitesini artırmada kullanılan elemanların etkinliğinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 2010.
11. Ahcıoğlu MB. Merkezi çelik çaprazlı yapılarda uygun çapraz kesiti geometrisinin ve çapraz türünün belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2011.
12. Sivritepe S. Çok katlı betonarme yapılarda yanal rijitliği arttırmada kullanılan yöntemler. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2011.
13. Ülker M. AISC 360-10 ve Türk Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007)' ne göre çelik yapıların tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2014.
14. Akgönen A. Yüksek sünek merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin yatay yükler altında davranışının incelenmesi. KSU Müh. Bilimleri Dergisi, 2017; 20(3): 16-23.
15. Çavdar Ö. Farklı çapraz elemanlı çelik yapıların dinamik davranışının incelenmesi. 7. Çelik Yapılar Sempozyumu; 27-29 Ekim 2017; Gaziantep, Türkiye.
16. Vetr M. Experimentally and analytically study on eccentrically braced frame with vertical shear links. The Structural Design of Tall and Special Buildings, 2018.
17. Korkmaz A, Ay Z, Çelik D. Merkezi çaprazlı çelik yapıların deprem davranışlarının incelenmesi, Sigma 26(1): 58-68, İstanbul, 2008.
18. Arıbaş S, Sancioğlu S, Çarbaş S. Dışmerkez V çaprazların çelik bir yapı üzerinde incelenmesi. KMÜ Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi, 2019; 1(1): 79-97.
19. Bayram B, Sancioğlu S, Çarbaş S. Çelik bir yapıda dışmerkez diyagonal çaprazların etkisi. KMÜ Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi, 2019; 1(1): 128-145.
20. Yaman Z, Ağcakoca E. Dairesel kesite sahip merkezi çelik çaprazların performans analizi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2018; 22(2): 340-349.
21. TBDY-2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Ankara, Türkiye, 2018.
22. TS EN 1991-1-4.Yapılar Üzerindeki Etkiler - Bölüm 1-4 : Genel Etkiler - Rüzgar Etkileri Ankara : TSE Teknik Kurulu, 2007.
23. TS EN 1991-1-3. Yapılar Üzerindeki Etkiler - Bölüm 1-3 : Genel Etkiler - Kar Yükleri, Ankara : TSE Teknik Kurulu, 2007.
24. Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar. Ankara: Türk Standardları Enstitüsü, 2016.
25. SAP2000, Linear and Nonlinear Static and Dynamic Analysis of Three-Dimensional Structures, Advanced Version 19, Computer and Structures.



**Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa  
Bilimleri Dergisi**  
Usak University Journal of Science and Natural Sciences

<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>  
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.979509>



*Derleme Makalesi*

## **Nohut Üretiminde Sorun Olan Yabancı Otlar ve Kimyasal Mücadele Çalışmaları**

*Burhan DİLEK, Derya ÖĞÜT YAVUZ\**

*\*Bitki Koruma Bölümü, Ziraat Fakültesi, Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye*

*Geliş: 6 Ağustos 2021*

*Kabul: 13 Ekim 2021 / Received: 6 August 2021*

*Accepted: 13 October 2021*

### **Abstract**

The rapid increase in the world's population not only causes destructions on natural resources and the environment but also raises problems in terms of access to food and food safety. Weeds are one of the factors that limit chickpea cultivation, which has an important place in adequate and quality nutrition, has wide adaptability, can be grown in many climates and is not selective in terms of soil demand, and result in yield losses. In this study, the studies on the weed species which cause problems in chickpea production and chemical control methods were reviewed. As a result of this compilation, it is understood that yield losses associated with weeds are also undeniable in the chickpea production areas, as in all cultivated plants in agricultural production, and the problem species should be identified in the early period and appropriate control/control techniques should be made at the appropriate time.

**Keywords:** Chickpea, weeds, herbicide.

### **Özet**

Dünya nüfusundaki hızlı artış bir taraftan doğal kaynaklar ve çevre üzerinde tahribatlar oluştururken, diğer taraftan gıdaya ulaşma ve gıda güvenilirliği açısından sorunları gündeme getirmektedir. Yeterli ve kaliteli beslenmede önemli bir yeri olan, geniş adaptasyon yeteneğine sahip, birçok iklimde yetişebilme özelliği ile toprak isteği açısından seçici olmayan nohut yetiştiriciliğini sınırlandıran ve verim kayıplarına sebep olan faktörlerden biri de yabancı otlardır. Bu çalışmada nohut üretiminde sorun olan yabancı otların türleri ve kimyasal mücadele yöntemleri hakkında yapılan araştırmalar derlenmiştir. Bu bilgiler ışığında, tarımsal üretimde tüm kültür bitkilerinde olduğu gibi nohut üretim alanlarında da yabancı otlardan kaynaklı verim kayıplarının yadsınamaz olduğu, sorun olan türlerin erken dönemde teşhislerinin ve uygun mücadele/mücadele tekniklerinin uygun zamanda yapılması gerekliliği anlaşılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Nohut, yabancı otlar, herbisit.

©2021 Usak University all rights reserved.

\*Corresponding author:

E-mail: [derya.ogutyavuz@usak.edu.tr](mailto:derya.ogutyavuz@usak.edu.tr) (ORCID ID: 0000-0001-9248-410X)

©2021 Usak University all rights reserved.



## 1. Giriş

Dünya nüfusundaki hızlı artış bir taraftan doğal kaynaklar ve çevre üzerinde tahribatlar oluştururken, diğer taraftan gıdaya ulaşma ve gıda güvenilirliği açısından sorunları gündeme getirmektedir. Dünya genelinde tarımı çok eski yıllardan beri yapılmakta olan yemeklik tane baklagiller insan beslenmesinde bitkisel kaynaklı protein gereksiniminin karşılanması bakımından büyük öneme sahiptir. Yüksek oranda ham protein içeren tane baklagiller özellikle lizin, lösin, izolösin gibi temel aminoasitler ile A, B vitamini ve mineral maddeler bakımından oldukça zengin olup [1], özellikle gelişmekte olan ülkelerin protein gereksiniminin karşılanmasında büyük öneme sahiptir.

Baklagiller içerisinde değerli bir bitki olan nohut artan dünya nüfusu için besleyici bir gıda olma özelliğinin yanı sıra iklim değişikliği ile daha da önemli hale gelmektedir [2]. Ülkemizde tarımı yapılan yemeklik tane baklagiller içerisinde kuru fasulye ve mercimekten sonra en fazla yetiştiriciliği yapılan Cicer genusundan *Cicer arietinum*'dur. Kökeni Doğu-Batı doğrultusunda Himalayalar'dan Yunanistan'a, Kuzey-Güney doğrultusunda Kırım'dan Etiyopya'ya kadar olan bölgedir. Mercimekten sonra kuraklığa ve sıcaklığa en çok dayanan bitki olması, nohudun yarı-kurak ve kurak alanların en önemli bitkilerinden birisi yapmaktadır. Bu nedenle, ülkemizin Doğu, Güneydoğu ve Orta Anadolu bölgelerinin tarımsal deseninde kendine yer bulmuştur. Türkiye'de hemen hemen her coğrafik bölgede nohut yetiştirilebilse de Orta Kuzey Anadolu Bölgesi nohut tarımının en fazla yapıldığı bölgedir. Bu bölgeyi sırasıyla Akdeniz, Orta Güney Anadolu, Ege, Orta Doğu Anadolu ve diğer bölgeler izlemektedir [1]. Dünyada nohut üreten başlıca ülkeler sırasıyla Hindistan, Avustralya, Burma, Türkiye, Rusya, Pakistan, Amerika Birleşik Devletleri, İran, Meksika, Tanzanya, Kanada, Arjantin, İspanya, Yemen, Suriye ve Etiyopya olmakla beraber, dördüncü sırada bulunan ancak son yıllarda üretimini büyük ölçüde artıran Türkiye 2017 yılında dünya üretiminin % 3.67'sinden fazlasını oluşturmuştur [3].

Ortalama nohut verimi, üretici ülkeler arasında büyük farklılıklar göstermektedir. İran, Malavi, Fas, Pakistan ve Suriye gibi nispeten verim miktarı düşük ülkelere Etiyopya ve Meksika gibi nispeten yüksek verimlere kadar uzanan bu farklılık, ortalama 500-600 kg ha-1 olarak karşımıza çıkmaktadır. En büyük üretici olan Hindistan'ın ortalama verim miktarı yaklaşık 900 kg/ha olup, dünya üretiminde % 64,7'lik bir paya sahiptir. Meksika'nın sahip olduğu 2000 kg ha-1 gibi yüksek verimliliğin sebebinin ise büyük ölçüde bitkinin çoğunun serin kış mevsiminde sulanması ve yetiştirilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir [3].

Nohut üretimini sınırlandıran ve verim düşüklüğüne sebep olan birçok biyotik ve abiyotik faktörlerin varlığı bilinmekte olup bunlardan Antraknoz, Fusarium solgunluğu, Rhizoctonia ve Pythium kök çürüklüğü, nohutta görülebilen hastalıklar olarak karşımıza çıkmaktadır. Nohut üretiminde dünyada ve ülkemizde sıklıkla görülen hastalıkların başında fungal bir etmen olan *Ascochyta rabiei* (Pass.) Labr. (Nohut Antraknozu) gelmektedir [4]. Nohut yaprak sineği [*Liriomyza cicerina* (Rond.) (Diptera:Agromyzidae)] de nohudun ana zararlılarından olup, bunun yanında nohut yetiştiriciliğini sınırlandıran ve verim kayıplarına sebep olan diğer faktörlerden biri de yabancı otlardır [5].

Bu derlemede ülkemizde iç tüketim yanında ihracat bitkisi olan ve binlerce yıldan bu yana tarımı yapılan ender bitkilerden birisi olan nohut üretiminde sorun olan yabancı otlar, verim kayıpları ve kimyasal mücadele olanakları ele alınmıştır.

## 2. Yabancı Ot Mücadelesinin Önemi ve Verim Kaybı

Erken gelişme dönemlerinde, yavaş gelişme oranı ve sınırlı yaprak alanı gelişimi nedeniyle yabancı otlara karşı rekabet gücü oldukça zayıf bir bitki olan nohut, [6] erken gelişme dönemindeki yavaşlığı ve kısa boy gibi özelliklerinden dolayı, yabancı ot rekabetinde oldukça hassastır ve yabancı ot mücadelesi uygun zamanda yapılmazsa, genellikle % 75'e varan önemli verim kayıpları meydana gelebilmektedir [7]. Yabancı otlar ile kültür bitkileri arasında yer, ışık, su ve karbondioksit rekabeti bulunmakta ve bu nedenle nohutta yabancı ot yönetimi, bitki korumanın ve üretim potansiyelini geliştirmenin önemli bir bileşeni olarak görülmektedir. Yabancı otlardan kaynaklanan kayıplar, hasatta ekstra maliyete ve ürün kalitesinin düşmesine neden olmaktadır [8]. Bazı hastalık ve zararlı etmenlere de konukçuluk etmektedirler [9,10-11]. Yabancı otlar, topraktan bitki besin elementlerini ve suyu daha verimli bir şekilde kullanabilmekte ve çoğu yabancı ot türü daha hızlı büyümekte bu nedenle nohudun güneş ışığını ve fotosentez aktivitesini etkileyerek bitki verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir [12].

Nohut, yabancı ot rekabeti özellikle erken dönemde meydana geldiğinde yeterli derecede rekabet yeteneğine sahip bir bitki değildir [13]. Yabancı otların, kışlık baklagil üretiminde tane veriminde % 50 oranında azalmaya neden olduğu, bazı yıllarda ise verim almayı bile engellediği yapılan çalışmalarla belirtilmiştir [14]. Nohutta yabancı otlardan kaynaklı verim kaybının % 40-90 olduğu belirtilirken [15] Solh ve Pala [16] yapmış oldukları çalışmada nohutta yabancı otlardan kaynaklanan verim kaybını % 40-87 olarak belirtmişlerdir. Yabancı otların şiddetli istilasının nohudun yetiştirilme süresi boyunca tohum veriminde yaklaşık % 66.4 ve 48.3 azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir [17]. Farklı araştırmacılar tarafından farklı ülkelerde ve bölgelerde yürütülen çalışmalarda, Hindistan'da % 40-94, Batı Asya'da % 40-75, Kuzey Afrika'da % 13-98 ve İtalya'da % 35 oranında yabancı otların sebep olduğu verim kayıpları belirtilmiştir [18]. Barker [13] tarafından yabancı otların nohuttun erken gelişme döneminde % 81 ile 97 gibi oldukça yüksek oranlarda verim kaybına sebep olduğu ifade edilmiştir.

## 3. Nohut Üretiminde Sorun Olan Yabancı Ot Tür ve Yoğunluklarının Belirlenmesi Amacıyla Yürütülen Çalışmalar

Nohut üretiminde karşılaşılan zorlukların başında yer alan yabancı otlarla etkili bir mücadele için öncelikle yabancı ot türlerinin belirlenmesi oldukça önemli olup, birçok türün erken gelişme döneminde tespit edilmesi zor olsa da mücadele açısından oldukça önemlidir. Belirli bir yerin yabancı ot florası hakkındaki bilgi, etkili bir yabancı ot yönetimi stratejisi için ilk ve en önemli adımlardan birisidir. Nohut üretim alanlarını istila eden yabancı ot türleri, ülkedeki iklim koşullarına bağlı olarak bölgeden bölgeye değişiklik gösterebilmektedir [19]. Floradaki yabancı otların ortaya konulması, yapılacak mücadele stratejileri ve uygulanacak yöntemlerin belirlenmesi açısından da önemlidir [20]. Dünyada ve ülkemizde farklı bölgelerde nohut üretim alanlarında survey çalışmaları yürütülmüş ve bölgenin ekolojik özelliklerine, topoğrafik yapısına, toprak yapısına, ekim sıklığına, ekim şekline, ekim nöbeti sistemine, sulama durumuna, tercih edilen çeşitlere bağlı olarak yabancı ot türlerinde ve yoğunluklarında farklılıkların gözlemlenebileceği birçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur [21,22,23,24,25,26-27].

Son yıllarda ülkemizde ve dünyada nohut üretim alanlarında sorun olan yabancı ot türlerinin tespitine yönelik çalışmalar sunulmuştur.

Yemelik tane baklagillerde yabancı ot sorunlarının değerlendirildiği survey çalışmaları sonucunda; Gaziantep'te *Avena sterilis*, *Chrozophora tinctoria*, *Euphorbia* spp.,

Kahramanmaraş'ta *Sinapis arvensis*, *Scandix pecten-veneris*, *Chenopodium album*; Mersin'de *C. album*, *Chondrilla juncea*, *Galium aparine*; Adana'da *Convolvulus arvensis*, *C. juncea*, *Centaurea cyanus*; Antalya'da *Salvia syriaca*, *A. sterilis*, *Tragopogon* spp. en yoğun görülen türler olarak ifade edilmiştir [28]. Diyarbakır ve yöresinde nohut tarlalarında sorun oluşturan yabancı otlardan *Cichorium intybus*'un il genelinde m<sup>2</sup> de 1 adetten fazla yoğunluk gösteren önemli bir tür olduğu ifade edilmiştir [29]. Karaman ve yöresinde nohut ekim alanlarında en yaygın türlerin sırasıyla *C. album*, *C. arvensis*, *Amaranthus retroflexus* olduğu belirtilmiştir [30]. Tokat ve Zile yöresinde yapılan çalışmada, *Avena sterilis*'in en yoğun tür olduğunu belirtilmiştir [31]. Kahramanmaraş ilinde yürütülen çalışmada ise birim alandaki yoğunluğu bakımından *C. album*, *A. retroflexus*, *S. arvensis*, *Cynodon dactylon*, *Elymus repens* ilk sıralarda yer alan türler olmuştur [32]. Hindistan'ın iki farklı şehrinde yapılan çalışmada; Raipur şehrinde yürütülen çalışma alanında sırasıyla *Medicago denticulata*, *Convolvulus arvensis*, *Chenopodium album*, *Melilotus indica* ve *Bracharia mutica*'nın baskın yabancı ot türlerinden bazıları olduğu tespit edilmiştir [33]. Monokotiller arasında *Bracharia mutica*, *Echinochloa crus-galli*, *Cynodon dactylon* ve *Cyperus rotundus* ile dikotiledonlardan *Amaranthus viridis*, *Digera arvensis*, *Physalis minima*, *Euphorbia hirta*, *Parthenium hysterophorus* ve *Alternanthera sessilis*'in Maharashtra şehrinde öne çıkan yabancı ot türlerinden olduğu belirtilmiştir [34]. Hindistan'ın Kanpur şehrinde yapılan başka bir çalışmada ise *Chenopodium album*, *Parthenium hysterophorus*, *Cynodon dactylon*, *Asphodelus tenuifolius*, *Fumaria parviflora*, *Anagallis arvensis*, *Cronopus didymus* ve *Spergula arvensis* çalışma alanında hakim olan türler olurken [35] Jodhpur şehrinde yürütülen çalışmada ise *Chenopodium murale*, *Chenopodium album* ve *Rumex dentatus* istilası gözlemlenmiş, bunlar arasında *Chenopodium murale*'nin en baskın yabancı ot türü olduğu belirtilmiştir [36]. Etiyopya, Haramaya'da yapılan çalışmada *Solanum nigrum*, *Medicago polymorpha*, *Galinsoga parviflora*, *Commelina benghalensis*, *Parthenium hysterophorus* ve *Cyperus rotundus*'un önemli türlerden olduğu ifade edilmiştir [37].

Ülkemizde farklı illerde ve bölgelerde nohut üretim alanlarında yapılan yabancı ot tür ve yoğunlukları ile ilgili çalışmalar incelendiğinde; çalışmaların oldukça sınırlı sayıda olduğu görülmüş ve survey sonuçlarına göre öne çıkan türler *Avena sterilis*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Chondrilla juncea*, *Convolvulus arvensis*, *Cichorium intybus*, *Cynodon dactylon*, *Elymus repens*, *Galium aparine* ve *Sinapis arvensis* olarak kaydedilmiştir.

Verim ve kaliteyi etkileyen yabancı ot türlerinin ve yoğunluklarının belirlenmesi, bölge için önemli türlerin ve ileri süreçte risk oluşturabilecek türlerin ortaya konulması açısından oldukça önemli bir adımdır. Ayrıca yabancı otun mücadelesine yönelik çalışmaların geliştirilmesi açısından da tür ve yoğunlukların belirlenmesi önem taşımaktadır. Söz konusu türlerin yaygınlığına bağlı olarak etkili kontrol yöntemleri erken dönemde uygulanmadığı ve kültürel faaliyetlere dikkat edilmediği takdirde gelecek dönemlerde yabancı ot sorunu artarak önemli verim kayıplarının yaşanmasına zemin oluşturabilecektir. Solh ve Pala [16] yabancı ot kontrolünde toprak işleme, ekim yöntemleri ve ekim zamanlarının etkili olduğunu, yabancı ot mücadelesinin yapılmadığı kışlık nohut ekiminde 1250 kg ha<sup>-1</sup> olan verimin, yabancı ot kontrolü yapıldığında 1500 kg ha<sup>-1</sup> a kadar çıktığını belirtmişlerdir. Ayrıca yabancı ot kontrolünün yapıldığı yazlık ekimde ise verimin 1150 kg ha<sup>-1</sup> dan 1250 kg ha<sup>-1</sup> a kadar yükseldiği ifade edilmiştir. Bhalla ve ark. [38] çalışmalarında nohutta herbisit uygulamasının % 50-54 oranında yabancı ot kontrolü sağladığını ifade etmişlerdir. Nohut üretiminde çıkış öncesi herbisitlerin % 12-14 ve çıkış sonrası herbisitlerin % 6-23'lük verim artışı sağladığı belirtilmiştir [39]. Etkili bir yabancı ot kontrolü ile nohut veriminin % 17-105 arasında artışının olabileceği ifade edilmiştir [18].

#### 4. Nohut Üretiminde Yabancı Otların Kontrolünde Kimyasal Mücadele Çalışmaları

İnsan sağlığının, çevrenin ve biyolojik çeşitliliğin korunmasının ön plana çıktığı günümüzde zirai mücadelenin agro-ekosistem ve sürdürülebilir tarımsal üretim dikkate alınarak yapılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Yabancı otların zararını en aza indirmek amacıyla çeşitli mücadele yöntemleri uygulanmaktadır. Birçok kültür bitkisinde olduğu gibi nohut üretiminde de yabancı ot kontrol metotları; kültürel mücadele, mekanik mücadele, kimyasal mücadele olarak sıralanabilir. Yabancı otların nohutta zararlarının en aza indirilmesinde ürün rotasyonu, iyi bir tohum yatağı hazırlığı, ekim derinliği, ekim öncesi yüzlek sürüm yapmak gibi bazı kültürel önlemlerin alınması gerekmektedir. Yapılan çalışmalarda yabancı otların baklagil bitkilerinde verimi önemli ölçüde etkilediği, verim azalmalarına neden olduğu bildirilmektedir. Bu nedenle verimi arttırabilmek amacıyla en az bir kere yabancı ot mücadelesi yapılması zorunluluğu bulunmaktadır. Ancak ülkemizde nohudun sıraya ekimi yaygın olmaması nedeniyle bu işlem genellikle el çapası ya da el ile yolma şeklinde yapılmaktadır. Ürünün maddi getirisinin mücadele masrafları için yetersiz olması nedeniyle birçok üretici nohudun ekim işlemini tamamladıktan sonra nohudu kendi gelişimine bırakmaktadırlar.

Nohut, erken gelişme döneminde yavaş gelişme oranı nedeniyle hem sulu hem de kurak alanlarda yabancı otlar tarafından ciddi şekilde istila edilebilmektedir. Bu nedenle yabancı otların yeni alanlara girmesini, yerleşmesini ve yayılmasını en aza indirmek için yapılacak kültürel mücadele yöntemleri, verim açısından oldukça önemli olup, ekim zamanı da yabancı ot-kültür bitkisi arasındaki rekabet yeteneklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Erken gelişme döneminde yabancı ot rekabetinden korumak ve yabancı ot popülasyonunun azaltılması amaçlanmaktadır. Kullanılan hasat ve toprak işleme aletlerinin temizliği, yabancı otların tohum bağlamadan alandan uzaklaştırılmaları, sertifikalı tohumluk kullanımı gibi faaliyetlerle yabancı otların yoğunluğu önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Nohut ekiminden 15-20 gün önce yapılan yüzlek toprak işleminin çimlenen kışlık tek yıllık yabancı otları yok etmek hem de yazlık yabancı ot tohumlarının çimlenmesini teşvik ederek oluşan yabancı ot fidelerinin ekim işlemi ile ortadan kaldırılmasına hizmet etmektedir [40]. Ayrıca iyi bir toprak hazırlığı ile hem toprakta yeteri kadar nem birikmekte hem de yabancı ot yoğunluğunda önemli ölçüde azalmalar kaydedilmektedir. Ayrıca dekara kullanılan uygun tohum miktarı ve sıra arası mesafe gibi tarımsal uygulamaların da yabancı otları etkili bir şekilde baskılayabilmesine katkı sağlamaktadır. Malik ve ark. [41] yaptıkları çalışmada nohut ekim tarihinin 20 Kasım'dan 5 Aralık'a kadar gecikmesiyle *Chenopodium album* yoğunluğunun azaldığını, *Lathyrus aphaca*'nın ise arttığını gözlemlemişlerdir. Blessdal [42] kullanılan tohum oranı ve sıra arasındaki değişiklikler sayesinde artan bitki yoğunluğunun, yabancı otların yoğunluğunu etkili bir şekilde bastırıldığını ve gelişimini azalttığını bildirmiştir. Wish ve ark. [43] Avustralya'nın New South Wales eyaletinde yaptıkları çalışmada, sıra arası 32 cm ekilen bitkilerden elde edilen nohut veriminin, otsuz koşullarda ve geniş sıra (64 cm) aralıklı ekimlerden elde edilen verimden daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Numan ve ark. [44] nohutta yabancı ot mücadelesinde en ekonomik ve faydalı yöntemin iki kez elle yolma olduğunu, bitki için maksimum besin mevcudiyeti nedeniyle artan verim ve verim bileşenlerinin, toprağı (köklerin nüfuz etmesi için) gözenekli hale getirdiği ve toprağın su tutma kapasitesini arttırdığını belirtmişlerdir.

Yabancı ot rekabetine karşı oldukça hassas olan nohut yetiştiriciliğinde yabancı otlar uygun zamanda kontrol edilmezse, çoğu zaman önemli kayıplar meydana gelmektedir. Bu kayıpların önlenmesinde en etkili yabancı ot kontrol yöntemlerinden biri herbisitlerdir. Herbisitler, 20. yüzyılın en etkili yabancı ot mücadele aracı olarak kullanılmakta olup

yabancı ot yoğunluğunu ve toprakta tohum bankası rezervini azaltmada herbisitlerin önemli etkileri bulunmaktadır [45].

Tohum kaynaklarının yenilenmesini sınırlayan yabancı ot yönetim programlarının tasarlanması oldukça önemli olup, ekim nöbeti, herbisitler ve toprak işleme gibi uygulamalar topraktaki tohumların sayısının ve çeşitliliğinin sınırlandırılmasında önemli rol oynamaktadır. Yabancı ot tohum yoğunluğunun düşürülmesinden sonra yeterli miktarda herbisitün uygun zamanda, uygun dozda kullanılmasıyla bu yoğunluk düşürülebilir.

Nohut yetiştiriciliğinde sorun olan yabancı ot türlerinin mücadelesinde hem işçilik maliyeti hem de işçi bulmakta yaşanan sıkıntılardan dolayı elle yolma, çapalama işlemi zor bir hal almış durumdadır. Elle yabancı ot mücadelesi geniş alanlarda uygulanması hem zor hem de zaman alıcı pahalı bir yöntemdir [46]. Bu nedenle etkili yabancı ot yönetimi genellikle kimyasal mücadele ile sağlanmakta ve yapılan çalışmalarda nohutta kimyasal mücadele yöntemleri ile yabancı otların yaklaşık % 80-83 oranında kontrol altına alındığı ve % 50 tane verimi artışı sağlandığı belirtilmektedir. Tarımsal uygulamaların en önemli ve vazgeçilmezlerinden birisi olan herbisit uygulamaları günümüzde; etkisini kısa sürede göstermesi, etki süresinin uzun olması, uygulama kolaylığı ve üretim maliyetlerini düşürmesinden dolayı yabancı otlarla mücadelede dünyada en yaygın kullanılan ve üretim artışında da önemli rolü olan kontrol yöntemidir. Söz konusu özelliklerinden dolayı herbisitler, üreticiler için vazgeçilmez bir yöntem olup herbisitlerin günümüzde kullanımı gün geçtikçe de artış göstermektedir [47, 48-49]. Tohum bağlama döneminde yavaş gelişimi, yabancı otlar ile mücadelede önemli olan gölgelemenin seyrek oluşu, çoğu zaman yabancı otlara karşı kimyasal mücadeleyi zorunlu kılmaktadır [50].

Entegre yabancı ot yönetimi uygulamalarından biri olan herbisitler nohudun çıkışından 20 ve 40 gün sonra çapalama ile entegre halinde uygulanabilmektedir [51]. Bitkinin çimlenme dönemi, yabancı ot mücadelesinde herbisitün uygulanacağı ve etkili olacağı uygun zaman olarak görülmektedir.

Nohut yetiştiriciliğinde yabancı otların kimyasal mücadelesinde farklı ülkelerde farklı etkili maddeler ruhsatlı olup, ülkemizde; çıkış öncesi flurochloridone, isoxaflutole, linuron, metolachlor+terbuthylazine, pendimethalin; çıkış sonrası ise aclonifen, quizalafop-p-ethyl, pyridate etkili maddeler kullanılmaktadır [40]. Toprağa uygulanan herbisitlerin avantajı, kültür bitkisi ile yakın zamanda çimlenen yabancı otların sayısını azaltmaları ve canlılığı devam eden yabancı otların çıkış sonrası herbisit uygulamalarına karşı duyarlı hale getirmeleridir. Toprağa uygulanan herbisitler ekimden önce uygulanmışsa genellikle toprağa karıştırılmakta ve bu sayede herbisitlerin çevre koşullarından etkilenmesi önlenerek etkinliğinin optimum olması amaçlanmaktadır [52]. Ekimden sonra toprak herbisitleri kullanıldığında, kültür bitkisi çıkışından önce toprak yüzeyine uygulanmaktadır. Çıkış öncesi kullanılan herbisitler, tarımsal üretimde önemli bir yere sahip olup yabancı ot yoğunluğunu azaltarak çıkış sonrası uygulamaları tamamlamakta ve çıkış sonrası uygulamaların seçimi ve zamanlaması için avantaj sağlamaktadırlar [53]. Çıkış öncesi herbisitleri seçerken çok sayıda faktör dikkate alınmaktadır. Uygulama ile kontrol edilecek olan yabancı ot yoğunluğu oldukça önemlidir. Toprak tipi, nem ve toprak organik madde miktarı önemli faktörler olup kullanılacak herbisitlerin dozlarını belirlemede etkin rol oynarlar [54]. Toprağın iyi işlenip keseksiz olmasına ve herbisitlerin homojen dağılımına özen gösterilmesi gerekmektedir. Çıkış öncesi herbisit uygulamalarının etkinliğinde, uygulamadan sonra toprak nem önemli olup, nem olmadan bu tür herbisitlerin etkinliği de düşmektedir.

Çıkış sonrası herbisitler ise kültür bitkisi ve yabancı ot tohumları çimlenip toprak yüzeyine çıktıktan sonra kullanılmaktadır [55].

Dünyada nohut üretiminde sorun olan yabancı otların mücadelesinde herbisitler, herbisit kombinasyonları ve mekanik mücadelenin değerlendirildiği çok sayıda çalışma mevcut olup, ülkemizde ise konu ile ilgili sınırlı sayıda olan benzer çalışmalardan elde edilen sonuçlar kronolojik olarak sunulmuştur.

Balyan ve ark. [56] tek başına 1.0 ve 1.5 kg ha<sup>-1</sup> dozlarda sırasıyla fluchloralin ve pendimethalin uygulanmasının, fluchloralin+pendimethalin ve fluchloralin+metribuzin kombinasyonundan nohut bitkisinin gelişimini ve verimini olumlu yönde etkilediğini tespit etmişlerdir. Yapılan çalışma sonuçlarında özellikle metribuzin uygulamasının, yabancı ot kontrolüne kıyasla önemli derecede daha iyi bitki gelişimi ve nohut verimi artışı sağladığı belirtilmiştir.

Samsun ekolojik şartlarında, kışlık nohut ekiminde yabancı otlarla mücadelede en uygun yöntemin belirlenmesi amacıyla farklı kültürel ve kimyasal yabancı ot mücadele metotlarının değerlendirildiği çalışmada; yabancı otların kültürel mücadelesinde devamlı ve iki kez yabancı ot kontrolü yapılmıştır. Kimyasal mücadelesinde ise bazı herbisit ve herbisit kombinasyonları ele alınmıştır. Devamlı yabancı ot kontrolü ile en etkili yabancı ot kontrolü ve en yüksek tane verimi sağlanmıştır. Ancak bu uygulamanın iş gücü ve zaman bakımından ekonomik olmadığı, çıkış öncesi Igran+Kerb (300+50 gr da<sup>-1</sup>) ve Maloran+Kerb (250+50 gr da<sup>-1</sup>) herbisit karışımlarının tavsiye edilebileceği belirtilmiştir. Yabancı otlardan kaynaklı tane verim kayıplarının ise % 20.97-72.08 arasında değişiklik gösterdiği bildirilmiştir [57].

Nohutta yabancı otların kontrolünde çıkış öncesi yedi, çıkış sonrası on uygulama ile el çapası, elle yolma ve yabancı otlu bırakılarak yürütülen çalışmada; dar yapraklı yabancı otlara karşı, clethodim ve haloxyfop ile geniş yapraklı yabancı otların kontrolünde bentazone, cyanazine, MCPB, metribuzin, ve terbuthylazine etkinliği ele alınmıştır. Çalışma sonucunda en iyi yabancı ot kontrolü ve nohut bitkisinde en yüksek kuru madde oranının, çıkış öncesi cyanazine, terbuthylazine, cyanazine ile metribuzin kombinasyonu ve elle yolma işleminden elde edildiği belirtilmiştir [58].

Hindistan'ın Andhra Pradesh eyaletinde yapılan bir çalışmada, fluchloralin'in çıkış öncesi alachlor ve isoproturon uygulamalarından daha etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Nohutta herbisit kullanılmasıyla yabancı otların çoğunlukla kontrol altına alınabildiği ve tane veriminde artış sağlandığı bildirilmiştir [59].

Tahran'da nohutta yabancı ot mücadelesinde bazı herbisitlerin (chlorbromuron, methabenzthiazuron, terbutryn, cyanazine, propyzamide) performansının değerlendirildiği çalışmada; kimyasal yöntemlerin tane verimini arttırdığı, ancak elle yolma işlemiyle en yüksek verim artışının sağlandığı ifade edilmiştir [60].

Ege Bölgesi'nde iki farklı ekolojik alanda (Bornova ve Tavas) nohut ekim alanlarında yabancı otların kontrolü amacıyla; ekim öncesi (trifluralin), çıkış öncesi (imazethapyr, terbutryn, linuron) ve çıkış sonrası (linuron) uygulaması ile nohudun çıkışından 40 ve 70 gün sonra el çapası uygulamaları ile nohut bitkisinin kapsül bağlama döneminde elle yolma yöntemlerinin etkileri ele alınmıştır. Trifluralin, terbutryn ve el çapası uygulamalarında % 90 ve üzeri etki elde edilmiştir. Sonuçta uygun toprak ve yağış koşullarında çapalama, ekim öncesi (trifluralin) ve çıkış öncesi (imazethapyr, terbutryn, linuron) uygulamaların verim artışı sağladığı, kurak geçen yıllarda herbisitlerin

etkinliğinin azaldığı ve çıkış sonrası uygulanan linuron'un nohutta her iki lokasyonda da % 80-85 oranında fitotoksik etkiye neden olduğu belirtilmiştir [61].

İtalya'da iki farklı şehirde (Gallina, Caltagirone) killi ve kumlu topraklarda Sultano nohut çeşidinde çıkış öncesi (imazethapyr+pendimethalin), (imazafos+pendimethalin) ve (pendimethalin) uygulamaları ve çiçeklenme döneminde elle yolma işleminin seçiciliği ve etkinliğinin değerlendirildiği çalışma sonucunda; killi topraklarda yapılan uygulamaların fitotoksik etkisinin olmadığı, ancak kumlu toprak koşullarında bitki gelişimi ve ürün veriminde azalmalar kaydedildiği, fitotoksik etkiler gözlemlendiği belirtilmiştir. Killi toprak koşullarında çıkış öncesi herbisit uygulamalarıyla önemli derecede verim artışının sağlanabileceği ifade edilirken, en düşük verimin hektara 3 litre imazafos+pendimethalin uygulamasından elde edildiği bildirilmiştir [62].

Nohutta tane verimi ve bin tane ağırlığı üzerine yabancı ot kontrol yöntemlerinden, mekanik yöntemler, çıkış öncesi (chlorbromuron tek başına veya mekanik yöntemlerle kombinasyon halinde) herbisit uygulamaları ile farklı etkili madde karışımlarının (terbutryn+terbuthylazine+clomazone) etkinliği değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, tek başına chlorbromuron uygulaması yetiştirme sezonu süresince fitotoksikite neden olmadan geniş yapraklı yabancı otların kontrolünde en iyi sonucu (%98) sergilemiştir. Terbutryne+terbutylazine+clomazone karışımlarının uygulandığı bitkilerde birkaç gün içerisinde kaybolan orta dereceli fitotoksik etkiler gözlemlenmiştir. Yapılan uygulamaların verime ve bin tane ağırlığına olan etkileri arasında istatistiki olarak farklar görülmemiş olsa da en yüksek verim oranının mekanik uygulamaların yapıldığı bitkilerden elde edildiği ortaya konulurken, chlorbromuron tek başına uygulanması ve mekanik mücadele yöntemlerinin tane veriminde 87-108 kg da<sup>-1</sup> oranında artışa sebep olduğu belirtilmiştir. Herbisit karışımlarında ise düşük oranda fitotoksikite gözlenmiş olup tane veriminin 99 kg da<sup>-1</sup> olarak kaydedildiği ifade edilmiştir [63].

Hindistan'da nohutta yabancı ot kontrolünde, çıkış öncesi farklı herbisitler uygulanmış ve elde edilen sonuçlara göre hektara 1-1.5 kg pendimethalin uygulaması ve ekimden 30 gün sonra yapılan elle yabancı ot kontrolünde en yüksek (% 85.5) oranda yabancı ot kontrolü sağlanmıştır. Pendimethalin uygulanan parsellere oranla kontrol parsellerinde ilk yıl % 44, ikinci yıl % 41 oranında verimin azaldığı ve pendimethalin'in metolachlor'dan daha etkili olduğu bildirilmiştir [64].

Kantar ve ark. [65] Erzurum kuru şartlarında, nohudun (cv. Aziziye-94) tohum ve toplam ürün verimi üzerine otluk kontrol ve elle yolma işlemi ile dokuz herbisit (linuron, methabenzthiazuron, terbutryne, imazethapyr, fluazifop-p-butyl terbutryne+propyzamide, methabenzthiazuron+propyzamide, linuron+propyzamide, terbutryne+fluazifop-p-butyl) etkileri ele alınmıştır. Terbutryne+fluazifop-p-butyl, imazethapyr, linuron+propyzamide uygulamaları her iki yılda etkili bulunurken, methabenzthiazuron yağışlı geçen dönemde yeterli, ancak kurak geçen yılda ise zayıf etki göstermiştir. Terbutryne+fluazifop-p-butyl uygulamasının en etkili herbisit olduğu ifade edilmiştir. Kullanılan bu herbisitler ile *Cirsium arvense*, *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus* ve *Equisetum arvense*'nin etkin bir şekilde kontrolü sağlanmıştır. Sonuç olarak, etkili herbisitlerin Erzurum şartlarında nohutta kullanılması ile otluk kontrole göre ürün artışı sağlanabileceği, bununla birlikte bir kez elle yabancı ot alımıyla da yabancı otların kontrol altına alınabileceği kanısına varıldığı belirtilmiştir.

Hindistan'da nohut üretiminde yabancı otların kontrolünde elle yolma ve herbisitlerin (linuron, pendimethalin, isoproturon) etkinliğinin ele alındığı çalışma sonucunda; yabancı ot kontrolü yapılmayan parsellerde verimin % 54-56 oranında azaldığı ve 69 kg

da<sup>-1</sup> verim elde edildiği, en yüksek tane verimi (159 kg da<sup>-1</sup>) ve yabancı ot kontrolünün ise (% 93.3) linuron uygulaması ile sağlandığı belirtilmiştir. Ayrıca pendimethalin ve isoproturon uygulamalarının, elle yapılan yabancı ot kontrolü kadar etkili olduğu ve tane verimini artırdığı ifade edilmiştir [66].

Malik ve ark. [67] çıkış sonrası fluazifop butyl'in 0,75 kg ha<sup>-1</sup> uygulamasının yabancı otları kontrol etmede etkili olduğunu belirtmişlerdir. Singh ve ark. [19] çıkış öncesi veya sonrası pendimethalin ve isoproturon uygulamasının ve çıkış öncesi pendimethalin'in ekimden 45 gün sonra çapalama ile uygulanmasının nohut üretiminde yabancı ot kontrolünde etkili olduğunu belirtmişlerdir.

İki farklı lokasyonda (Ceylanpınar, Diyarbakır) ILC 482 nohut çeşidinde yabancı otlarla en uygun mücadele yönteminin belirlenmesi amacıyla; trifluralin, imazethapyr (çıkış öncesi ve çıkış sonrası), linuron, terbutryn, cyanazin ve çapa uygulaması otlu kontrol ile karşılaştırılarak verim, verim unsurları ve nodülasyon üzerine etkileri incelenmiştir. Ceylanpınar'da *Amaranthus albus*, *Polygonum bellardii*, *Lactuca serriola*, *Vicia cracca* ve *Hordeum* spp., Diyarbakır'da ise *Anagallis arvensis* ve *Cichorium intybus* baskın yabancı ot türleri olarak kaydedilmiş ve çalışma sonucunda, nohutta en etkili yabancı ot mücadele yönteminin, çapa uygulaması olduğu belirtilmiştir. Ceylanpınar'da terbutryn ve linuron; Diyarbakır'da ise imazethapyr (çıkış öncesi) ve linuron uygulamalarının yabancı ot kontrolü ve verim açısından diğer herbisitlere göre daha iyi sonuç verdiği ifade edilmiştir [68].

Lyon ve Wilson [69] tarafından Sidney'de yapılan çalışmada, ekim öncesi ethalfluralin 0.84 kg ha<sup>-1</sup> nin ve çıkış öncesi pendimethalin 1.12 kg ha<sup>-1</sup> nin birbirinden önemli ölçüde farklı sonuçlar vermediği de belirtilmiştir.

Orta Anadolu koşullarında nohutta yabancı ot kontrolü amacıyla farklı toprak işleme yöntemleri ve fosforlu gübrelere verim ve verim öğelerine etkilerinin değerlendirildiği çalışmada; 2 farklı toprak işleme (pullukla, rototiller), 3 yabancı ot kontrol yöntemi (otlu, elle kontrol ve herbisit) ve 3 fosfor dozu (30, 60 ve 90 kg) ele alınmıştır. Rototiller ile toprak işlemenin hem maliyeti düşürmesi hem de tahıl ve baklagil ekim nöbetinde toprakta canlı kök kanallarının bozulmadan kalmasını sağlaması açısından önemli olduğu vurgulanmıştır. Elle yolmanın mümkün olmadığı geniş alanlarda, herbisitlerin yabancı ot kontrolünde iyi bir çözüm sağlayabileceği, fosforlu gübre uygulamasının da nohutta verim artışına neden olabileceği belirtilmiştir [70].

Karaman ili nohut üretim alanlarında sorun olan yabancı otlar ve mücadele zamanının belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada; *Chenopodium album*, *Convolvulus arvensis* ve *Amaranthus retroflexus* türlerinin yoğun olduğu belirtilmiştir. Yabancı otlarla mücadelede kritik periyodun, nohudun çıkışından itibaren 8. ve 9. haftalara kadar olduğu ve bu süreler dışında yapılan mücadelenin verim artışı açısından önemli bir etkisinin olmayacağı ortaya konulmuştur. Yabancı otlardan kaynaklı nohuttaki ürün kaybının ise % 29.09 olduğu belirtilmiştir [31].

Nohut üretiminde verim ve kalite unsurlarını olumsuz yönde etkileyen problemlerden biri olan yabancı otların kontrolünde bazı herbisitler ve kombinasyonlarının değerlendirildiği çalışmada; çıkış öncesi pendimethalin 1 kg ha<sup>-1</sup> uygulamasını takibinde çıkış sonrası imazethapyr 50 g ha<sup>-1</sup> ekimden 20 ve 40 gün sonra elle yolma uygulamalarıyla en yüksek yabancı ot kontrolü sağlanmıştır. Pendimethalin 0.5 kg ha<sup>-1</sup> ekimden 45 gün sonra elle yolma ile kombinasyonu yaklaşık 88 kg ha<sup>-1</sup> civarında kuru madde birikimi sağlamış, ekim öncesi trifluralin 0.5 kg ha<sup>-1</sup> ile ekimden 45 gün sonra yapılan elle yolma kombinasyonu ise, 114 kg ha<sup>-1</sup> kuru madde birikimine neden olmuştur.



Bu nedenle, entegre uygulamaların, tek başına herbisit uygulamalarından daha iyi performans gösterdiği bu nedenle de entegre yöntemlerin herbisitlerin tek başına uygulanmasından önemli ölçüde üstün olabileceği ifade edilmiştir [71].

Isparta koşullarında nohutta yabancı ot mücadelesinde İspanyol nohut çeşidinde yabancı otlara karşı trifluralin (ekim öncesi), linuron (çıkış öncesi ve sonrası) ve bunların bir, iki ve üç defa çapalama ile kombinasyonun değerlendirildiği çalışma sonucunda; ekim öncesi trifluralin'in nohutta önemli derecede fitotoksik etki yaptığı, çıkış sonrası linuron uygulamasının da bitkide az da olsa fitotoksik etkiye neden olduğu fakat nohut bitkisinin bunu zamanla tolere ettiği belirtilmiştir. Ekim+çıkış öncesi linuron+3 çapa uygulaması ile yüksek verim (115.3 kg da<sup>-1</sup>) elde edilirken, en düşük verim 24.4 kg da<sup>-1</sup> ile trifluralin+ekim+çıkış öncesi linuron uygulamasında görülmüştür. Ekim+çıkış öncesi linuron+1 çapa uygulaması ise en iyi mücadelenin olduğu uygulama olarak ifade edilmiştir [72].

Nohutta sonbahar ve ilkbahar döneminde sulfentrazone uygulamasının yabancı otlar üzerine olan etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada; bahar döneminde yapılan sulfentrazone ile *Sinapis arvensis* kontrolünde en yüksek etkinin ve kontrolün sağlandığı belirtilmiştir [73].

Isparta koşullarında Gökçe nohut çeşidinde yabancı otlarla en uygun mücadele yönteminin belirlenmesi amacıyla; linuron-50 (çıkış öncesi), imazethapyr (çıkış öncesi) ve aclonifen (çıkış sonrası) etkili maddeleri ile çapa uygulamasının (çıkıştan sonra 12, 24, 36, 48 ve 60. günlerde) verim ve verim unsurları üzerine etkilerinin değerlendirildiği çalışma sonunda; en etkili yabancı ot mücadele yönteminin, çıkıştan sonra 36. günde yapılan çapa uygulamasının olduğu ifade edilmiştir. Yabancı ot kontrolü ve verim değerleri bakımından imazethapyr diğer herbisitlere göre daha iyi etki göstermiştir. Yabancı ot mücadelesinin yapıldığı uygulamalarda mücadele yapılmayan kontrol parsellerine göre % 105 ile 142'ye varan verim artışının kaydedildiği belirtilmiştir [18].

Nohutta yabancı ot mücadelesinde kritik periyodun belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışma; kritik periyodun başlangıcı ve sonu, üreticiler için % 5 seviyesinde kabul edilebilir verim kaybına göre, lojistik ve 'Gompertz' modeller kullanılarak belirlenmiştir. Bu modellemede mücadele zamanı, nohudun yetiştirme sürecinde toplam sıcaklık isteği esas alınarak, yabancı otlu ve otsuz parsellerden elde edilen eğrilerin karşılaştırılması ile belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada % 5 seviyesinde kabul edilebilir verim kaybına göre kritik periyot, birinci yıl için çıkıştan sonra 2.32 inci hafta ile hasat arası, ikinci yıl için çıkış ile hasat arası ve üçüncü yıl için 0.34 üncü hafta ile hasat arası dönemler olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak, yabancı ot mücadelesinin nohut üretiminde oldukça önemli bir rolü olduğu belirtilmiştir [74].

Nohutta farklı ekim ve yabancı ot kontrol yöntemlerinin verim ve verim öğeleri üzerine etkilerinin belirlenmesi konulu çalışmada 2 farklı ekim yöntemi (serpme ekim, sıraya ekim), beş yabancı ot kontrol yöntemi (otlu, elle kontrol, imazethapyr, linuron, prometryne) ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre nohudun rekabete girmeden gelişimini normal bir şekilde sürdürmesi ve bakım işlerinin kolay yapılabilmesi açısından sıraya ekim, yabancı ot kontrol yöntemleri açısından ise elle kontrol uygulanmasının tercih edilmesi önerilmiştir. Ancak elle kontrolün mümkün olmadığı geniş alanlarda herbisitlerin iyi bir çözüm sağlayabileceği belirtilirken, imazethapyr'ın verim öğeleri açısından daha iyi sonuçlar verdiği ifade edilmiştir [75].

Khope ve ark. [76] yaptıkları çalışmalarında ekimden 30 gün sonra quizalofop 50 g ha<sup>-1</sup> uygulaması ile daha yüksek nohut verimi kaydetmişlerdir. Quizalofop'un ekimden 20 ve

30 gün sonra 40 g ha<sup>-1</sup> ve 50 g ha<sup>-1</sup> ile imazethapyr'ın 25 g ha<sup>-1</sup> ve 40 g ha<sup>-1</sup> olmak üzere farklı dozlarının karşılaştırıldığı çalışma sonucunda, en yüksek tane veriminin ekimden 20 gün sonra quizalofop 40 g ha<sup>-1</sup> dışındaki tüm quizalofop uygulamalarından elde edildiği bildirilmiştir. Tüm bu sonuçların yanı sıra nohutta, chlorimuron-ethyl'in ciddi fitotoksitesinin olduğu ve yabancı otları kontrol etmede etkili olmadığı da belirtilmiştir.

Nohut alanlarında yabancı otların kimyasal ve kültürel mücadelesi amacıyla pendimethalin+ekimden 40 gün sonra elle yolma işlemi ile etkili yabancı ot kontrolü sağlandığı ve yüksek verim elde edildiği bildirilmiştir [77].

Kaushik ve ark. [78] çıkış sonrası imazethapyr 75 g ha<sup>-1</sup> ile ekimden 50 gün sonra elle yolma uygulaması ile metrekareye düşen düşük yabancı ot yoğunluğu (2.91) olarak kaydedilmiştir. Bu uygulamayı çıkış öncesi pendimethalin 0.75 g ha<sup>-1</sup>+ekimden 25 gün sonra elle yolma kombinasyonu metrekarede 3.19 yabancı ot ile takip etmiştir. Metrekaredeki en yüksek yabancı ot yoğunluğunun ise çıkış öncesi alachlor 2 kg ha<sup>-1</sup> uygulamasında olduğu belirtilmiştir.

Pendimethalin 0.75 kg ha<sup>-1</sup> ekimden 45 gün sonra bir kez elle yolma ile kombinasyonunda etkili yabancı ot kontrolünün elde edildiği belirtilmiştir [79].

Abbas ve ark. [80] metolachlor+pendimethalin 2230 ml ha<sup>-1</sup> uygulamasının yabancı otların kontrolünde umut verici sonuçlar gösterdiğini belirtmişlerdir. Kachhadiya ve ark. [81] ekimden 30-35 gün sonra oxyfluorfen 0,12 kg ha<sup>-1</sup>+elle yolma ile çıkış öncesi fluchloralin 0,675 kg ha<sup>-1</sup>+çıkış sonrası imazethapyr 0,05 kg ha<sup>-1</sup> uygulaması sonunda yabancı otların kuru ağırlığının önemli ölçüde daha düşük kaydedildiğini ortaya koymuşlardır. Çıkış öncesi pendimethalin 0,75-1,5 kg ha<sup>-1</sup> ve çıkış sonrası quizalofop-p-ethyl 40-100 g ha<sup>-1</sup> uygulamalarının etkili olduğu vurgulanmıştır [82].

Dewangan ve ark. [33] çıkış öncesi oxyfluorfen+metribuzin 125 + 350 g ha<sup>-1</sup>'in tank karışımlarının kullanılmasıyla, kontrole göre verimde (% 73.10) kayda değer bir artış olduğunu ortaya koymuşlardır. Ancak ekimden 20 gün sonra metribuzin 250 g ha<sup>-1</sup> ve 12 gün sonra oxyfluorfen 125 g ha<sup>-1</sup> uygulamalarında nohutta fitotoksik etkilerin görüldüğü belirtilmiştir.

Sulu koşullarda yetiştirilen nohutta çıkış öncesi ve sonrası herbisit uygulamaları ile elle yolma ve çapalamanın yabancı otlar ve nohut verimine olan etkilerinin değerlendirildiği çalışmada on farklı uygulama ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek nohut verimi ve net getiri ile en düşük yabancı ot kuru ağırlığı ve en yüksek etki seviyesi (% 83) çıkış öncesi pendimethalin+ekimden sonraki 30-35 gün sonra elle yolma uygulaması ve çıkış öncesi pendimethalin+imazethapyr+ekimden 30-35 gün sonra yapılan çapalama ile elde edildiği belirtilmiştir [83].

Nohut ekim alanlarında sorun olan yabancı otların kimyasal mücadelesinde aclonifen etkili maddeli herbisit tavsye ve azaltılmış dozlarının üç farklı nohut çeşidinde (Azkan-Hisar-Sarı 98) kullanılmasının nohutta bazı parametreler üzerine olan etkisinin değerlendirildiği çalışmada; klorofil oranı (KLO), yaprak alan (YA), kök uzunluğu (KU), nodül ağırlığı (NA), nodül sayısı (NS), bitki boyu (BB) ve kök kuru ağırlığı (KKA) parametrelerine etkileri incelenmiştir. Yapılan uygulamalar sonucunda *Rhizobium ciceri* ırkı ile aşılamanın NS ve NA, çeşitler içerisinde ise NA ve YA, parametrelerine etkileri istatistiki olarak önemli bulunmuş ve herbisit incelenen parametreler üzerinde nohut gelişimine olumsuz bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir [84].

Nohut ekim alanlarında sorun olan *Sinapis arvensis* mücadelesinde acetonfen'in tavsiye dozu ve azaltılmış dozlarının yalnız başına ve katkı maddesi ilavesi ile birlikte Azkan nohut çeşidinde kullanılmasının nohut gelişimi ve *S. arvensis* kontrolündeki etkinliğinin saksı koşullarında değerlendirildiği çalışma sonucunda; herbisit uygulaması yapılan bitki grupları, kontrol ile kıyaslandığında nohut kuru ağırlığında olumsuz etki görülmezken, söz konusu yabancı otun mücadelesinde etkili olduğu bildirilmiştir [85].

Linuron etkili maddeli herbisitlerin farklı dozlarının üç farklı nohut çeşidinde (Azkan-Hisar-Sarı 98), nohudun bazı parametreleri üzerine etkisinin değerlendirildiği çalışmada steril edilmiş topraklarda aşılı (*Rhizobium ciceri*) ve aşısız olmak üzere iki farklı koşulda herbisit etkileri ele alınmıştır. Linuron tavsiye dozu esas alınarak farklı dozlarda çıkış öncesi uygulanmış ve klorofil oranı (KLO), yaprak alanı (YA), kök uzunluğu (KU), nodül ağırlığı (NA), nodül sayısı (NS), bitki boyu (BB), bitki çıkış oranı (BÇO) ve kök kuru ağırlık (KKA) parametrelerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; bakteri aşılması KKA, KU, NS, NA ve BB parametrelerinde, çeşitler açısından KKA, KU ve BB parametrelerinde istatistiki olarak önemli bulunurken diğer parametreler arasındaki fark önemsizdir. Herbisit dozları açısından ise KLO harici tüm parametrelerde istatistiki farkın önemli olduğu bildirilmiştir [86].

Baklagillerde özellikle nohut üretiminde yabancı otların mücadelesinde çıkış öncesi uygulanan pendimethalin birçok türün mücadelesinde kullanılan yaygın bir herbisit olduğu ifade edilirken, çıkış sonrası geniş yapraklı yabancı otları etkili bir şekilde kontrol etmek için yeterli bir herbisit bulunmadığı vurgulanmıştır [87].

Dubey ve ark. [87] nohut ekiminden 35 gün sonra çıkış sonrası oxyfluorfen 200 g ha<sup>-1</sup> ve clodinafop 60 g ha<sup>-1</sup>un kök nodüllerinin oluşumu üzerinde toksik etkisini gözlemlemiş, çıkış sonrası pendimethalin 1 kg ha<sup>-1</sup>, clodinafop 60 g ha<sup>-1</sup> uygulamasının dar ve geniş yapraklı yabancı otları etkili bir şekilde kontrol ettiği belirtilmiştir. Nohutta yabancı ot kontrol etkinliği, tane ve saman verimi açısından en etkili uygulamanın çıkış öncesi pendimethalin 1 kg ha<sup>-1</sup>, çıkış sonrası clodinafop 60 g ha<sup>-1</sup> veya quizalofop 60 g ha<sup>-1</sup> olduğu belirtilmiştir.

Rupareliya ve ark. [88] yapmış oldukları çalışma sonucunda çıkış öncesi oxyfluorfen 0.18 kg ha<sup>-1</sup> ve imazamox+imazethapyr 0.03 kg ha<sup>-1</sup> karışımı ile çıkış sonrası ekimden 40 gün sonra en düşük kuru yabancı ot ağırlığı (83 kg ha<sup>-1</sup>) kaydedilmiştir. Ayrıca imazamox+imazethapyr 0.03 kg ha<sup>-1</sup> uygulaması ile en yüksek yabancı ot kontrolünün (% 92.23) sağlandığı bildirilmiştir.

Yadav ve ark. [89] ekimden 20 gün sonra çıkış öncesi pendimethalin 0.60 kg ha<sup>-1</sup>+çıkış sonrası imazethapyr 60 g ha<sup>-1</sup> uygulamasının önemli ölçüde daha yüksek verim kaydettiğini ve çıkış öncesi pendimethalin 0.60 kg ha<sup>-1</sup>+çıkış sonrası imazethapyr 40 g ha<sup>-1</sup> ile elde edilen etkilerin benzer olduğu bulunmuştur.

Merga ve Alemu [37] s-metolachlor 1.0 kg ha<sup>-1</sup> uygulamasının nohut çıkışından 5 hafta sonra elle yolma ile kombinasyonunda en düşük toplam yabancı ot yoğunluğunun (21.78 m<sup>-2</sup>) elde edildiği belirtilmiştir.

Kışlık nohut ekim alanlarında yabancı ot mücadelesinde farklı meme tiplerinin uygulama zamanlarına göre etkinliğinin belirlenmesi amacıyla bazı herbisitler; (M1) standart yelpaze hüzmeli meme (çıkış öncesi), (M2) çıkış öncesi meme tipi (çıkış öncesi), (M3) çarpmalı meme tipi (çıkış öncesi), (M4) hava emişli meme (çıkış sonrası), (M5) ikiz hüzmeli hava emişli meme (çıkış sonrası) iki farklı uygulama hacminde (200 ve 400 l ha<sup>-1</sup>) uygulanmıştır. Uygulamalar sonucunda yabancı ot kontrol etkinlikleri ve verim

değerleri ele alındığında, 400 l ha<sup>-1</sup> uygulama hacmi ve hava emişli meme (M4), % 86.6 biyolojik etkinlik değerleri ve 476 kg da<sup>-1</sup> verim değeri ile en yüksek sonuçların elde edildiği uygulamalar olarak bildirilmiştir [90].

Kumar ve ark. [91] çalışmalarında çıkış öncesi pendimethalin 1 kg ha<sup>-1</sup>+çıkış sonrası quizalofop 60 g ha<sup>-1</sup> uygulamasının yabancı otların en düşük besin tüketimi sağladığını, çıkış öncesi pendimethalin 1 kg ha<sup>-1</sup>+çıkış sonrası imazethapyr 40 g ha<sup>-1</sup> uygulamasının ise bitkide en yüksek besin alımını ve en yüksek verimi sağladığını belirtmişlerdir.

## **5. Sonuçlar ve Öneriler**

Tarımsal üretim toplumun beslenmesi için stratejik önemde olup, artan nüfusun gıda ihtiyacının karşılanması, gıda güvenliğinin ve doğal kaynakların korunması gibi faktörler tarımsal üretimin önemini daha da arttırmaktadır. Tarımsal üretimin sürdürülebilirliğinin sağlanmasında, ürün artışında, uygun sulama ve gübreleme pratikleri, toprak işleme teknikleri gibi faaliyetlerin yanında bitki koruma faaliyetlerinin de önemi büyük olup, bitkisel üretimi sınırlandıran, verim ve kalite kayıplarına sebep olan bitki koruma sorunlarından biri de yabancı otlardır. Yabancı otların mücadelesinde genel olarak kültürel önlemler, mekanik mücadele, fiziksel mücadele, biyolojik mücadele ve kimyasal mücadele ile entegre mücadele teknikleri kullanılmaktadır. Ancak uygulamanın kolay olması, daha yüksek etkinlik, hızlı sonuç ve maliyetinin düşük olması, seçiciliği, doğru zamanda ve düzgün bir ilaçlama tekniği ile etkinliğin sağlanması gibi avantajlarından dolayı herbisit uygulamaları ön plana çıkmaktadır. Ancak hatalı uygulamalar sonucunda karşılaşılan çevre problemleri ve etkinlikte azalmalar gibi sorunları da beraberinde getiren herbisitlerin entegre mücadele kapsamında değerlendirilmesiyle söz konusu olumsuz etkilerin en aza indirilmesi ve kültür bitkisinde doğrudan ve dolaylı verim artışına katkı sunması ümit verici bir duruma gelmiştir.

Nohut yetiştiriciliğinde sorun olan bazı yabancı ot türlerinin mücadelesinde özellikle üretici koşullarında zaman zaman sorunlar olduğu yönünde geri bildirimler alınmaktadır. Ülkemizde nohut üretim alanlarında yabancı ot türlerinin kimyasal mücadelesinde ruhsatlı olan herbisitlerin oldukça sınırlı sayıda olması, özellikle de mücadelesinin zor olduğu bilinen çok yıllık türlerin üretim alanlarında yaygın ve yoğun olarak yer alması söz konusu türlerden kaynaklı verim kayıplarının önlenmesinde etkili, ekonomik ve çevre dostu önlemlerin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Dünyada nohut üretim alanlarında yabancı otların mücadelesindeki gelişmelere paralel olarak ülkemizde herbisitler ile yürütülen araştırma sonuçları değerlendirildiğinde; halihazırda ruhsatlı aktiflerin ele alındığı güncel çalışma sayısı oldukça sınırlı durumdadır. Herbisitlerin tank karışımlarının, kombinasyonlarının, koruyucu önlemler ile birlikte değerlendirilmesinin özellikle de farklı toprak işleme yöntemlerinin ekim zamanı ile bölgelere göre ele alınmasının, mücadelesi zor olan türlerin hakim olduğu alanlarda etkili kontrolünün sağlanması açısından önemini ortaya koymaktadır. Sağlıklı bir çevre, sürdürülebilir tarım ve ekonomik kayıpların önlenmesinde herbisitlerin kullanım biçiminden kaynaklanan eksikliklerin ve hataların önüne geçilmesi, diğer mücadele teknikleri ile kombinasyonlarının ortaya konulması, özellikle de mücadelesi zor olan hakim türlerin ele alınmasının hem üretici hem de ülke ekonomisine katkı sunacağı düşünülmektedir. Sonuç olarak; erken gelişme döneminde rekabet yeteneği oldukça düşük olan nohutta yabancı otlarla mücadele programlarının koruyucu önlemler dikkate alınarak ekim ve çıkış öncesi herbisit uygulamalarının optimizasyonu ve entegre çalışmaları ile desteklenmesinin gerekliliği ayrıca yabancı ot türlerinin doğru teşhisi ve uygun zamanda doğru doz ile tekniğine uygun biçimde mücadelesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

## Teşekkür

Bu çalışma, Burhan DİLEK'in Uşak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarım Bilimleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak yürütülen çalışmasının bir bölümünden hazırlanmıştır.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

## 6. Kaynaklar

1. Şehirli, S. Yemeklik tane baklagiller. AÜ Ziraat Fak. Yayınları, 1089, Ders Kitabı, Ankara; 1988. p. 314, 435.
2. Muelbauer FJ, Sarker A. Economic importance of chickpea production, value, and world trade. Journal Cogent Food & Agriculture, 2017; 5(1), 5-12.
3. FAO, 2019. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü İstatistikleri. www.faostat.fao.org/ [Erişim tarihi: 14 Mayıs 2019]
4. Anonim, 2011 [Erişim tarihi:1 Ağustos 2021]  
<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=63>
5. Chisaka H. Weed damage to crops: yield loss due to weed competition. integrated control of weeds; ed. by J.D. Fryer ve S. Matsunaka. University of Tokyo Press.1-16, Tokyo, Japan; 1977.
6. Ratnam M, Rao AS, Reddy TY. Integrated weed management in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Indian J. Weed Sci, 2011; 43: 70-72.
7. Chaudhary BM, Patel JJ, Delvadia DR. Effect of weed management practices and seed rates on weeds and yield of chickpea. Indian Journal of Weed Sciences, 2005; 37: 271-272.
8. Miller P, McKay K, Jenks B, Riesselman J, Bussan AJ. Growing chickpea in the northern great plains. Fargo, North Dakota: North Dakota State University, 2002. <https://www.pulseusa.com/docs/chikpea.pdf>.
9. Güncan A. Yabancı ot mücadelesi. Selçuk Üniversitesi Yayınevi, Konya, 2014.
10. Mennan H, Uygur FN. Samsun ili buğday ekim alanlarında görülen yabancı otların saptanması. OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 1994; 9 (2), 25-35.
11. Tepe I. Yabancı otlarla mücadele. Sidas Medya Ziraat Yayın No:031, İzmir, 2014.
12. Rao VS. Principles of Weed Science, Oxford and IBH publishing Co.Pvt.Ltd New Delhi; 2000.
13. Barker B. Critical Weed free period of pulses. pulse advisor- Saskatchewan Pulse Growers, 2017; p. 1-3.
14. Basler F. Weeds and their control. In: Lentils. (Eds:C. Webb and G. Hawtin). Common wealth Agricultural Bureaux, Slough, UK, 1981.
15. Bhan VM, Kukula S. Weeds and their control in chickpea. In: Saxena MC, Singh KB editors. The Chickpea. Wallingford: C.A.B. International; 1987.
16. Solh MB, Pala M. Weed control in chickpea. International Chickpea and Pionpea Newsletter, 1990; 9: 93-92.

17. Mohammadi G, Javanshir A, Khoorie FR, Mohammadi SA, Zehtab Salmasi S. Critical period of weed interference in chickpea. *Weed Research*, 2005; 45(1): 57-63.
18. Şanlı A, Kaya M, Kara B. Nohut (*Cicer arietinum* L.) 'ta yabancı ot mücadele zamanları ile herbisit uygulamalarının verim ve bazı verim unsurlarına etkileri. *Anadolu Tarım Bilim. Dergisi*, 2009; 24(1): 13-20.
19. Singh A, Vashist KK, Kang JS. Chemical weed control in irrigated desi gram (*Cicer arietinum* L.). *Indian Journal of Weed Science*, 2003; 35(1-2): 136-138.
20. Shahzad M, Farooq M, Hussain M. Weed spectrum in different wheat-based cropping systems under conservation and conventional tillage practices in Punjab, Pakistan. *Soil Till Res*, 2016; 163: 71-9.
21. Kraehmer H, Stübler H. Technical demands and political restrictions for weed control. *Julius-Kühn-Archiv*, 434, 2012.
22. Uludağ A. Weed infestation level changes in cereal in Diyarbakir, Turkey. 10th EWRS Symposium, Poznan, 1997. p. 22.
23. Özaslan C. Diyarbakır ili buğday ve pamuk ekim alanlarında sorun olan yabancı otlar ile üzerindeki fungal etmenlerin tespiti ve bio-etkinlik potansiyellerinin araştırılması. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, TÜRKİYE, 2011.
24. Töre Ö. Tokat ili buğday ekim alanlarında sorun olan yabancı ot türleri ile bunların yaygınlık ve yoğunluklarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, TOKAT, 2014.
25. Pala F, Mennan H. Diyarbakır buğday tarlalarında bulunan yabancı otların belirlenmesi. *Bitki Koruma Bülteni*, 2017; 57(4): 447- 461.
26. Önen H, Akdeniz M, Farooq S, Hussain M, Özaslan, C. Weed flora of citrus orchards and factors affecting its distribution in western mediterranean region of Turkey. *Planta Daninha*, 2018; 36.
27. Sırrı M. Buğday ekim alanlarında sorun oluşturan türleri: Siirt ili örneği. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2019; 6(2):142-152.
28. Kadioğlu İ, Uluğ E, Üremiş İ. Akdeniz bölgesi yemeklik baklagillerinde (Nohut, Fasulye) görülen yabancı otlar ile yaygınlık ve yoğunluklarının belirlenmesi, Türkiye II. Herboloji Kongresi, 1997; 195.
29. Demir A, Tepe I. Diyarbakır ili nohut ekiliş alanlarında saptanan önemli yabancı ot türleri, yaygınlık ve yoğunlukları. *Türkiye Herboloji Dergisi*, 2001; 4 (1), 21-29
30. İşler N. Tokat (Zile'de) nohut (*Cicer arietinum* L.) yetiştirilen alanlarda sorun olan yabancı otların Belirlenmesi ve yabancı ot alımının verim ve nodozite oluşumuna etkileri üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, TÜRKİYE, 2003.
31. Eroğlu N. Karaman'da nohutlarda sorun oluşturan yabancı otlar ve kritik periyodun belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, TÜRKİYE, 2006.
32. Üstüner T. Determination of weed density, frequency and general coverage areas in chickpea fields in Kahramanmaraş, *Turkish Journal of Weed Science*, 2006; 19(2), 38-48.
33. Dewangan M, Singh AP, Chowdhury T, Kumar D, Kumar B. Management of complex weed flora in chickpea. *Indian Journal of Weed Science*, 2016; 48(1): 79-82.
34. Gore AK, Chavan AS, Gokhale DN, Thombre KM. Evaluation of new herbicides on weed flora and productivity of Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2018; 7(5): 3682-3687.

35. Pooniya V, Rai B, Jat RK. Yield and yield attributes of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as influenced by various row spacings and weed control. *Indian Journal of Weed Science*, 2009; 41(3-4): 222-223.
36. Yadav VL, Shukla UN, Mehriya ML. Weed Dynamics and Yield of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) as Influenced by Pre and Post-Emergence Herbicides. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2018; 7(7): 2523-2532.
37. Merga B, Alemu N. Integrated weed management in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Cogent Food and Agriculture*, 2019; 5: 1-18.
38. Bhalla CS, Maliq RK, Vewan RP, Bhan VM. Herbicidal weed control in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *World Weeds*, 1998; 5(1-2): 121-124.
39. Hassan G, Khan MI, Khan I. Effect of herbicides doses on fresh and dry biomass of different biotypes of *Asphodelus tenuifolius* at various growth stages. *Sarhad Journal of Agriculture*, 2007; 24(1): 101-105.
40. Güncan A, Karaca M. Yabancı ot mücadelesi. Selçuk Üniversitesi Basım Evi, Konya, 2018.
41. Malik RK, Balyan RS, Bhan VM. Effect of herbicides and planting dates on weeds in chickpea. *Indian Journal of Weed Science*, 1988; 20(2): 75-81.
42. Blessdal JKA. *The Biology of Weeds* (Harper JL). Blackwell Science, Publ. Oxford, UK, 1960; 133-142.
43. Whish JPM, Sindel BM, Jessop RS, Felton WL. The effect of row spacing and weed density on yield loss of chickpea. *Australian Journal of Agricultural Research*, 2002; 53: 1335-1340.
44. Numan A, Ali N, Khan MI, Rehman MU and Qadir A. Yield and yield parameters of chickpea varieties under different weed population in Thal area of Khyber Pakhtunkhwa. *International Journal of Green and Herbal Chemistry*, 2017; 7(1): 119-129.
45. Hossain MM, Begum M. Soil weed seed bank: Importance and management for sustainable crop production-A review. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 2015; 13 (2), 221-228.
46. Young FL, Matthews J, Al-Menoufi A, Sauerborn J, Pieterse AH, Kharrat M. Integrated weed management for food legumes and lupins. In: Knight, R. (Ed.), *Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21 th Century*, Kluwer Academic Publishers, Netherland, 2000; pp. 481-490.
47. Sönmez S. Türkiye herbisit pazarı-Türkiye I. Herboloji Kongresi, 1991 3-5 Şubat, Adana, Türkiye, 1991. p. 17-22.
48. Güncan A. Yabancı Otlar ve Mücadele Prensipleri. Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Konya, 2002.
49. Mengüç C. Herbisit toksisitesi ve yabancı otlara karşı alternatif mücadele stratejileri. *Turk J Weed Sci*, 2018; 21(1): 61-73.
50. Mitkov A, Yanev M, Neshev N, Tonev T. Possibilities for chemical control of the weeds at chickpea (*Cicer arietinum* L.). In: *Proceedings of the 52nd Croatian and 12th International Symposium on Agriculture "Field Crop Production"*, 12-17 February, Dubrovnik, Croatia, 2017.
51. Sunil CM, Shekara BG, Ashoka P, Murthy KK, Madhukumar V. Effect of integrated weed management practices on nutrient uptake in aerobic rice. *Research on Crops*, 2011; 12 (3): 629-632.
52. Cioni F. Pre-emergence dose rate reduction in spring and autumnal sugar beet sowing. In: *Proceedings of the 60th IIRB Congress*. Cambridge, 1997. p. 431-437.
53. May JM, Hilton JG. Reduced rates of pre-emergence herbicides (1982-1984). In: *77th Report of the Norfolk agricultural station*, 1985. p. 14-21.
54. Cioni F, Maines G. Weed control in sugarbeet. *Sugar Tech*, 2010; 12(3), 243-255
55. May JM, Wilson RG. Weed and weed control. In *Sugar beet*, London, 2006.

56. Balyan RS, Malik RK, Vedwan RPS, Bhan VM. Chemical weed control in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Tropical Pest Management, 1987; 33(1): 16-18.
57. Kahraman A. Samsun ekolojik şartlarında nohutta yabancı otlarla mücadele yönteminin tespiti ve verime etkisi üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, TÜRKİYE, 1993.
58. Plew JN, Hill GD, Dastgheib F. Weed control in chickpeas (*Cicer arietinum*). Proceedings Agronomy Society of N.Z; 1994.
59. Sesharee A, Prasad PVN, Rao KL, Rao KHP. Integrated weed management in gram (*Cicer arietinum*). Indian Journal of Agronomy, 1996; 41(3): 496-497.
60. Hosseini NM. Comparison of several herbicides for control of chickpea weeds. Iranian Journal of Plant pathology, 1997; 33(3-4): 73.
61. Uzun A, Topuz M. Ege Bölgesinde nohut alanlarında yabancı ot mücadelesi üzerinde araştırmalar. Türkiye II. Herboloji Kongresi 1-4 Eylül, İzmir Ayvalık, Ege Üniv. Basımevi. 1998.
62. Bacchi M, D-Alessandro F, Gallo G, Venora G. Selectivity and efficacy of some pre-emergence herbicides in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Comtes rendus 6 Eme Symposium mediterraneen EWRS, Montpellier, France, 13-15 Mai, 1998; 321-322.
63. Skrobakova E. The effect of pre-emergence treatment with herbicides on yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Rostlinna Vyroba, 1998; 44(4): 183-186.
64. Vaishya RD, Rai OP, Singh SS. Weed control in chickpea with pre-emergence herbicides in Eastern Uttar Pradesh. Indian Jour. Of Pulses Research, 1999; 12(2): 197-200.
65. Kantar F, Elkoca E, Zengin H. Chemical and agronomical weed control in chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Aziziye-94). Turkish Journal. of Agric. and Forestry, 1999; 23(6): 631-635.
66. Thakar S, Brar LS, Walia US. Comparative efficiency of herbicides for weed control in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Crop Research, 2000; 19(1): 1-5.
67. Malik MR, Haqqani AM, Habib-ur-Rehman, Ozair CA and Malik BA. Economic efficacy of different pre and post-emergence herbicides to control weeds in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Biological Sciences, 2001; 1(5): 372-377.
68. Demir A, Tepe I, Erman M. Nohutta (*Cicer arietinum* L.) farklı mücadele yöntemlerinin yabancı otlarıya, verime, bazı verim unsurlarına ve nodülasyona etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 2005; 15(1): 71-77.
69. Lyon DJ, Wilson RG. Chemical weed control in dryland and irrigated chickpea. Weed Technology, 2005; 19(4): 959-965.
70. Kayan N. Orta Anadolu koşullarında farklı toprak işleme yöntemleri, yabancı ot kontrolü ve fosforlu gübre dozlarının nohutta verim ve verim öğelerine etkileri. Doktora Tezi, Fen bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE, 2005.
71. Singh S, Walia US, Singh B. Effective control of weeds in chickpea (*Cicer arietinum*). Indian Journal of Weed Science, 2008; 40(1-2): 51-55.
72. Tanrıöver M. Isparta koşullarında nohutta yabancı ot mücadelesi üzerinde araştırmalar Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya, TÜRKİYE, 2008.
73. Johnson E, Blackshaw R, Sapsford K, Holm F. Fall vs spring applied sulfentrazone for weed management in Chickpea (*Cicer arietinum*). 5th Meeting International Weed Science Congress, Haziran, 2018; Vancouver, 2008. p. 192.
74. Tepe I, Erman M, Yergin R, Bükün B. Kuru tarım koşullarında yetiştirilen nohutta yabancı ot mücadelesinde kritik periyodun belirlenmesi. Türkiye III. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri, 15-18 Temmuz 2009; Van, Turkey, 2009. p.45.



75. Korkmaz Y, Kayan N. Farklı ekim ve yabancı ot kontrol yöntemlerinin nohutta (*Cicer arietinum*) verim ve verim öğelerine etkileri, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2010; 23(2): 157-162.
76. Khope D, Kumar S, Pannu RK. Evaluation of post-emergence herbicides in chickpea (*Cicer arietinum*). Indian Journal of Weed Science, 2011; 43(1-2): 92-93.
77. Bhutada PO, Bhale VM. Efficacy of herbicides and cultural management on weed control in Gram (*Cicer arietinum*). IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science, 2013; 4(5): 01-02.
78. Kaushik SS, Rai AK, Sirothia P, Sharma AK, Shukla AK. Growth, yield and economics of rain-fed chickpea (*Cicer arietinum* L.) as influenced by integrated weed management. Indian Journal of Natural Products and Resources, 2014; 5(3): 282-285.
79. Chandrakar S, Sharma A, Thakur DK. Effect of weed management on weeds and yield of chickpea varieties (*Cicer arietinum* L.). Advance Research Journal of Crop Improvement, 2015; 6(1):1-4.
80. Abbas G, Ahmed A, Amer M, Abbas Z, Mudassir-ur-Rehman, Hussain A, Khan GA. Impact of pre-emergence herbicides for the control of weeds in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under hot arid climate. Journal of Bioresource Management, 2016; 3(2): 54-60.
81. Kachhadiya SP, Savaliya JJ, Bhalu VB, Pansuriya AG, Savaliya SG. Evaluation of new herbicides for weed management in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Legume Research, 2009; 32(4): 293-297.
82. Pedde KC. Chemical weed control in chickpea (*Cicer arietinum* L.). M.Sc. Thesis. Vasantrao Naik Marathwada Krishi Vidyapeeth, Parbhani, 2016. pp. 135.
83. Rathod PS, Patil DH, Dodamani BM. Evaluation of time and dose of imazethapyr in controlling weeds of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Legume Research, 2017; 40(5): 906-910.
84. Ögüt Yavuz D, Topal N, Cerit O, Çetin O. Aclonifen etkili maddeli herbisitinin nohut (*Cicer arietinum* L.) gelişimine olan etkileri, Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 2017. ICAE- IWCB 2017 Special Issue.
85. Ögüt Yavuz D, Köktaş D. Nohut ekim alanlarında sorun olan *Sinapis arvensis* L. (Yabani hardal) mücadelesinde Aclonifen etkinliği, Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 2017. ICAE- IWCB 2017 Special Issue.
86. Topal N, Ögüt Yavuz D, Ateş MS. Aşılı (*Rhizobium ciceri*) ve aşısız toprak koşullarında linuron etkili maddeli herbisitinin farklı nohut çeşitlerine etkileri, Academia Journal of Engineering and Applied Sciences, ICAE-IWCB 2017 Special Issue.
87. Dubey SK, Kumar A, Singh D, Partap T, Chaurasiya A. Effect of different weed control measures on performance of chickpea under irrigated condition. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 2018; 7(5): 3103-3111.
88. Rupareliya VV, Chovatia PK, Vekariya SJ, Javiya PP. Evaluation of pre and post emergence herbicides in chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Journal of Chemical Studies, 2018; 6(1): 1662-1665.
89. Yadav VL, Shukla UN, Raiger PR, Mandiwal M. Efficacy of pre and post-emergence herbicides on weed control in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Indian Journal of Agriculture Research, 2019; 53(1): 112-115.
90. Bolat A, Bayat A, Tetik Ö, Türkeri M. Nohut ekim alanlarında yabancı ot mücadelesinde farklı meme tiplerinin uygulama zamanlarına göre etkinliğinin belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 2019; 29 (3): 397-405.

91. Kumar N, Kumar S, Sharma S. Efficacy of different herbicides on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Archive of Applied Sciences and Technology, 2020; 11(3): 91-97.



**Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa  
Bilimleri Dergisi**  
Usak University Journal of Science and Natural Sciences

http://dergipark.gov.tr/usufedbid  
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.979710>



Derleme Makalesi

**Biyolojik Mücadelede *Trichoderma*'lar ve Biyolojik Kontrol  
Mekanizmaları**

Deniz BULUT, Havva DİNLER\*

\*Bitki Koruma Bölümü, Ziraat Fakültesi, Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye

Geliş: 6 Ağustos 2021

Kabul: 13 Ekim 2021 / Received: 6 August 2021

Accepted: 13 October 2021

**Abstract**

Pesticides have been widely preferred in chemical control for many years in the management against plant diseases in agricultural production. Intensive and uncontrolled use of pesticides, deterioration of the natural balance, negative effects on the environment and human health, as well as residue problems of chemicals cause serious problems in marketing. Due to the prohibition of most chemical fungicides by the European Union, it has brought along the search for new methods in the control of plant diseases as a sustainable alternative. The first method that comes to mind in the management against plant diseases, which can be sustainable, environmentally friendly and effective for a long time, is biological control. In recent years, many studies have been conducted on biological agents. *Trichoderma* species from these biocontrol factors are used as biocontrol agents in the control of plant pathogenic fungi. At the present time, commercial products of *Trichoderma* are used as biopesticide, soil conditioner and plant growth regulator. In this review, the importance of *Trichoderma* in biological control, the mechanisms of action of *Trichoderma* species and their use in biotic and abiotic stress conditions were examined.

**Keywords:** Biological control, plant pathogens, antagonist microorganism, *Trichoderma* spp..

**Özet**

Tarımsal üretimde bitki hastalıklarıyla mücadelede pestisitler uzun yıllardan bu yana kimyasal mücadelede yaygın olarak tercih edilmektedir. Pestisitlerin yoğun ve kontrolsüz bir şekilde kullanımı doğal dengenin bozulması, çevre ve insan sağlığına olumsuz etkileri ayrıca kimyasalların kalıntı sorunları da pazarlamada ciddi sıkıntılara sebep olmaktadır. Çoğu kimyasal fungisitlerin Avrupa Birliği tarafından yasaklanması nedeniyle sürdürülebilir bir alternatif olarak bitki hastalıklarının mücadelesinde yeni yöntem arayışlarını beraberinde getirmiştir. Bitki hastalıklarıyla mücadelede sürdürülebilir, çevre dostu ve uzun süre etkili olabilecek ilk akla gelen yöntem biyolojik mücadele olmaktadır. Son yıllarda biyolojik ajanlara yönelik yapılan çalışmalar hız kazanmaktadır. Bu biyokontrol etmenlerinden *Trichoderma*'lar bitki patojeni fungusların mücadelesinde uzun süredir çok yönlü biyokontrol ajanı olarak yer almakta ve günümüzde *Trichoderma*'ların ticari ürünleri; biyopestisit, toprak düzenleyici ve bitki gelişim düzenleyici olarak da kullanılmaktadır. Bu derlemede biyolojik mücadelede *Trichoderma*'nın önemi, *Trichoderma* türlerinin etki mekanizmaları ile biyotik ve abiyotik stres koşullarında kullanımları konusunda yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyolojik mücadele, bitki hastalıkları, antagonist mikroorganizmalar, *Trichoderma* spp.,

©2021 Usak University all rights reserved.

\*Corresponding author:

E-mail: [havva.dinler@usak.edu.tr](mailto:havva.dinler@usak.edu.tr) (ORCID ID: 0000-0002-7011-5183)

©2021 Usak University all rights reserved.

## 1. Giriş

Tarımsal üretim, dünya genelinde insanların geçim kaynağı olmasının yanı sıra insan ve hayvan beslenmesinde ve endüstri alanlarında ana hammadde kaynağı olarak yer almaktadır. İklim değişikliklerinden ve yeni ortaya çıkan hastalık ve zararlı türlerinden dolayı, 2050 yılına kadar dünya genelinde yaklaşık 9,8 milyar insanın besin ihtiyacını karşılamak için tarımsal ürünlerin veriminin % 70 oranında artırılması gerekmektedir [1]. Çeşitli ülkelerde yetiştiriciliği yapılan kültür bitkilerinde bitki patojeni fungus, bakteri, virüs, nematodlar, böcekler, yabancı otların neden olduğu biyotik faktörlerden dolayı % 31-42 oranında verim kayıpları belirtilirken, bununla birlikte ekstrem hava koşulları, tuzluluk, alkalilik, asitlik, toprak kirleticiler, kuraklık, sel vb. abiyotik faktörler de toprak sağlığının bozulmasına neden olmaktadır. Tarımsal üretimin iyileştirilmesi ve artırılmasının başlıca yollarından biri de bu stres kaynaklı kayıpların azaltılmasıdır.

Tarımsal üretimde bitki hastalıklarıyla mücadelede kimyasal mücadele uzun yıllardır yaygın olarak tercih edilen yöntemlerdendir. Pestisitlerin yoğun ve kontrolsüz bir şekilde kullanımını doğal dengenin bozulması, çevre ve insan sağlığına olumsuz etkileri ve ayrıca kimyasal fungusitlerin çoğunun Avrupa Birliği tarafından yasaklanması nedeniyle bitki hastalıklarının mücadelesinde sürdürülebilir, alternatif yeni yöntem arayışlarını da beraberinde getirmiştir [2]. Dolayısıyla tüm bu olumsuz etkileri nedeniyle son yıllarda hastalıklarla mücadelede kimyasalların kullanımını azaltmak amacıyla yeni alternatif yöntemler oldukça gerekli hale gelmiştir. Günümüzde dikimden önce toprağa uygulanan kimyasallar, uygun uygulama yöntemleriyle birlikte etkili araçlar ile kullanılırsa topraktaki inokulum miktarının önemli ölçüde azaltılabileceği bildirilmiştir [2].

Bitki dikimi yapılmadan önce buhar uygulaması, solarizasyon ve anaerobik toprak dezenfasyonu gibi kimyasal olmayan uygulamalar, toprakta inokulum miktarının azalmasına neden olmakta, ancak kullanılan bu yöntemlerin etkileri sınırlı kalmaktadır [3, 4]. Bu amaçla bitki hastalıklarıyla mücadele sürdürülebilir, çevre dostu ve uzun süre etkili olabilecek ilk akla gelen yöntemlerden biri biyolojik mücadele olmaktadır. Biyolojik mücadele bitki hastalıklarıyla savaşmada bu gereksinimleri karşılayan ve tarımda yaygın olarak kullanılan bir alternatif mücadele yöntemi olarak görülmektedir [5,6-7].

Son yıllarda biyolojik ajanlara yönelik çalışmalar hız kazanmakta ve yöntemin tercih edilmesinde ki öncelik pestisit kullanımının azaltılarak veya daha az miktarlarda kullanılmalarının sağlanmasıdır [8,9]. Günümüzde biyolojik kontrol etmenlerinden *Aspergillus*, *Gliocladium*, *Trichoderma*, *Ampelomyces*, *Candida*, *Coniothyrium*, *Bacillus*, *Pseudomonas* ve *Agrobacterium* genusları bitki hastalıklarıyla biyolojik mücadelede yaygın olarak kullanılmaktadır [10,11,12,13, 14,3-4].

Bu biyokontrol etmenlerinden *Trichoderma*'lar bitki patojeni fungusların mücadelesinde uzun süredir çok yönlü biyokontrol ajanı olarak yer almıştır. *Trichoderma* türlerinin izole edilmesi oldukça kolay olup, fungus organik maddeler üzerinde hızla büyümekte ve çeşitli bitkilerin köklerinden, çürümüş kabuk dokularından, sklerotlardan veya fungusların diğer üreme organlarının üzerinden izole edilebilmektedir [10-15]. *Trichoderma* türlerinin bitki hastalıkları ile mücadelede uzun süredir kullanılan çok yönlü etkili biyokontrol etmenleri olduğu çok sayıda çalışmada belirtilmiş [16] ve günümüzde *Trichoderma*'ların ticari ürünleri, biyopestisitler, toprak düzenleyicileri ve bitki gelişim düzenleyicileri olarak kullanılmaktadır [10,17,18-19]. Son yıllarda toprak kaynaklı patojenlerle mücadelede etkili, ekonomik ve ticari olarak üretimi yapılan biyokontrol ürünleri arayışı ortaya çıkmıştır. Bitki hastalıklarıyla mücadelede günümüzde bazı biyolojik kontrol ajanları, hali hazırda preparat haline getirilerek tarla koşullarında

kullanılmaları amacıyla ticari olarak formülasyon haline getirilmektedir [20]. Bu antagonistlerin mikoparazitizm, yer-besin için rekabet, antibiyotik ve sekonder metabolit üretimi, bitki savunmasını uyarma şeklinde farklı etki mekanizmaları mevcut olup [21,22,8-9] bitki gelişimi ve ürün verimini de arttırmaktadırlar [23].

Bitki patojenleri kullanılan kimyasal pestisitlerden dolayı direnç kazanmakta ve patojenler fungusitlere dirençli hale gelmektedirler. Bu nedenle çoğu zaman bitki hastalıkları ile mücadele etmek, kontrol altına almak oldukça güç olmaktadır. Kimyasal pestisitlerin uygunsuz kullanımından dolayı, üretim maliyetlerinin artması ve gelirin azalması nedeniyle üreticiler, biyokontrol etmenlerinin önemli etkilerinden dolayı, ekonomik, çevre dostu, biyotik ve abiyotik stres koşullarını yöneten, sürdürülebilir, etkili entegre mücadele arayışındadırlar [24]. Günümüzde, *Trichoderma* spp., sürdürülebilir hastalık mücadele (yönetim) programlarında bitki hastalıklarını kontrol etmek amacıyla kullanılmaktadır.Etkili ve verimli şekilde kullanılması için ajanların etki mekanizmalarının nasıl işlediği ve bu mekanizmaların etkisini azaltan ve sınırlandıran faktörlerin neler olduğunun bilinmesi gerekmektedir. Böylelikle, biyokontrol ajanlarının uygulanması ve kullanımı konusunda etkili yöntemler geliştirilebilir. Bu derlemede biyolojik mücadelede *Trichoderma*'nın önemi, *Trichoderma* türlerinin etki mekanizmaları ile biyotik ve abiyotik stres koşullarında kullanımları konusunda yapılan çalışmalar incelenmiştir.

## 2. *Trichoderma* spp. ile İlgili Genel Bilgiler

*Trichoderma*'lar, ilk olarak Almanya'da 1794 yılında Persoon tarafından teşhis edilmiş ve daha sonra birçok araştırmacı tarafından *Trichoderma* türleri üzerinde yoğun çalışmalar yapılmıştır. Weindling [25], *Trichoderma lingnorum*'un (*viride*), toprak kökenli fungal patojen olan *Rhizoctonia solani*'ye ve daha sonraları aynı *Trichoderma* türünün *Phytophthora*, *Pythium*, *Rhizopus* ve *Sclerotium rolfsii*'ye mikoparazitik etki gösterdiği bulunmuştur [26]. *Trichoderma* türlerinin mikoparazit özellikleri ve üretmiş oldukları antibiyotikler ile ilk olarak 1934'lü yıllarda antifungal etkilerinin belirlenmesi [27] konunun önemi iyice artmış ve günümüze kadar birçok çalışma yapılmıştır. *Trichoderma*'ların bitki hastalıklarıyla mücadelede özellikle de toprak kaynaklı patojenlere karşı etkilerinin yanında aynı zamanda toprakta bitki kalıntılarını ayrıştırmak, rizosfer kolonizasyonunu, bitkiler tarafından makro ve mikro besin elementlerinin alınımını artırarak bitki büyümesini, kök gelişimini teşvik etmek ve bitki savunma mekanizmalarını arttırmak gibi çeşitli özellikleri de bulunmaktadır [19,18-24].

*Trichoderma* türleri dünya genelinde geniş bir yayılım gösteren hemen hemen her türlü toprakta, çürümüş bitki parçalarında ve diğer substratlarda yoğun olarak bulunabilen, anaerobik, fakültatif ve kozmopolit funguslardır [28,29]. *Trichodermalar* (teleomorph: Hypocrea); funguslar alemi, Ascomycota şubesi; Pezizomycotina alt şubesi; Euascomycetes veya Sordariomycetes sınıfı; Hypocreales takımı; Hypocreaceae familyasında yer almakta ve 200'den fazla türü kapsamaktadır [24]. *Trichoderma* türleri biyotik ve abiyotik stres yönetimi, bitki büyümesini teşvik edici enzimler ve antibiyotik üretimi/endüstriyel kullanımlar, moleküler biyoloji, transgenik ürünler ve ticari biyofungusitler vb. gibi alanlarda kapsamlı bir şekilde çalışılmakta ve kullanılmaktadır. Organik maddenin polisakaritlerinin ayrışmasında önemli bir rol oynarlar ve bitki kök ekosistemlerinin rizosferinde ve kök yüzeyinde bulunabilirler [30,31]. *T. harzianum*, *T. viride*, *T. virens*, *T. asperellum* vb. 200'den fazla *Trichoderma* türü dünyanın her yerinde farklı ekosistemlerde rapor edilmiştir [32,33-34]. Kozmopolitler, tarım topraklarında, çöl topraklarında, meralarda, bataklık arazilerde, göllerde, çeşitli ekosistemlerde tuzlu

topraklarda her yerde bulunabilirler [18]. Ancak *T. agresivum*, *T. pleurotophilum* ve *T. fulvidum*; *Agaricus bisporus* (kültür mantarı) ve *Pleurotus ostreatus* (kavak mantarı)'da yeşil küf hastalığına neden olmaktadır. Bu *Trichoderma* türleri, yer ve besin maddesi için etkin bir şekilde rekabet ederek, hücre dışı enzimler, toksik sekonder metabolitler, uçucu organik bileşikler üreterek mantarın büyümesini engeller ve ürünlerde önemli verim kayıplarına neden olabilirler [35,36-37]. Bu nedenle, *P. ostreatus*'da (kavak mantarı) yeşil küfe neden olan *T. pleurotum* ve *T. pleurotica*'nın hızlı bir şekilde tanımlanmasında, patojenlerin PCR analizi ile teşhis yöntemleri geliştirilmiştir [38]. Benzer şekilde, *T. longibrachiatum*'un bağışıklığı düşük insanlarda ortaya çıkan fungal patojen olduğu rapor edilmiştir [22,39]. Endofit olarak yaşayan *Trichoderma* türleri yaprak, kök, odun parçaları, tek yıllık ve odunsu bitkilerin birçok dokusunda tespit edilmiş fungal patojenleri baskı altına alarak konukçuya birçok avantaj sağlamaktadır [40,41,42-43]. Bitki konukçusu için oldukça faydalı biyoaktif sekonder metabolitleri salgırlarlar. *Gen* aktivasyonu modelini değiştirerek mikrobiyal etkileşimleri ve bitki fizyolojisini etkilerler [44]. Azotlu gübrelerin daha yüksek alınmasını sağlayan fitohormonların üretimine yardımcı olur, otçulları ve patojenleri engelleyen biyoaktif ikincil toksik metabolitlerin üretimi, hastalıklara karşı direnci artırır ve bitkilerin kuraklığa alışmasına yardımcı olur, ağır metal toleransı, düşük pH, yüksek tuzluluk, daha fazla fotosentetik ürün üretimini sağlarlar [45,46]. Hindistan'da Pusa Basmati-1 çeltik çeşidinde *T. asperellum* ve *T. asperelloides* [47]; Çin'de *Dendrobium nobile* (orkide) de *T. chlorosporum* [48]; *Theobroma cacao* (kakao)'da Brezilya'da *T. martiale* [49], ABD [50] *T. hamatum* ve Endonezya'da *T. asperellum* [51]; Amazon havzasında *Hevea* spp.'den *T. amazonicum*[30]; olmak üzere yapılan çalışmalarda farklı ülkelerde birçok endofit tür tespit edilmiştir.

Bununla birlikte mercimekte *T. gamsii* [52] ve Himalaya izolatu *T. gamsii*, *Phoma herbarum*, *Fusarium flocciferum*'nin mücadelesinde umut verici biyokontrol ajanları olduğu kabul edilmiştir [53]. Endofitik *Trichoderma* türleri *Pinus halepensis*'in (halep çamı) fidelerinde *Gremmeniella abietina*'nin meydana getirdiği nekroz belirtilerinin azalmasına neden olmuştur [54]. Bu tür endofitik *Trichoderma* türlerinin hastalık ve zararlılarla mücadelede bitki koruma yöntemleri içinde kullanılması bitkisel üretimde tarımsal girdileri en aza indirmek açısından oldukça önemlidir [30,55-56].

### 3. *Trichoderma* spp.'nin Biyolojik Kontrol Mekanizmaları

*Trichoderma* türlerinin biyolojik kontrol mekanizmaları onlarca yıldır incelenmektedir [18,57]. Bu non-patojen olan toprak kaynaklı mikroorganizmalar, fungal patojenlere karşı antagonist ve mikoparazit etkilere, bitki kök sisteminin ve bitki savunma mekanizmalarını uyarma yeteneğine sahiptirler [58]. Fitohormon aracılığıyla ortaya çıkan savunma mekanizmaları, sistemik kazanılmış dayanıklılık (SAR) ve uyarılmış sistemik dayanıklılık (ISR) olarak bilinir [59]. Bitkilere faydalı funguslar olan *Trichoderma* türleri, jasmonatlara (JA) ve etilene (ET) bağlı olmalarından dolayı, ISR mekanizmalarını uyarma yetenekleri ile bilinmektedir [58]. Bazı *Trichoderma* türlerinin salisilik asit (SA) aracılığıyla bitki savunmasını uyardığı da bildirilmiştir [60,61].

Antagonistik mikroorganizmalar, toprak kökenli patojenlerin gelişimini doğrudan veya dolaylı olarak kontrol edebilirler. Bitki hastalıklarına karşı etkili biyokontrol ajanı olan *Trichoderma* türleri yer ve besin için rekabet ederek, çevre koşullarını değiştirerek veya bitki büyümesini ve bitki savunma mekanizmalarını, antibiyosisi teşvik ederek veya doğrudan mikoparazitizm gibi mekanizmalarla dolaylı olarak etki hareket edebilirler [10,8-19]. Antagonist *Trichoderma* spp.'nin patojen funguslara karşı etki mekanizması, yer ve besin için rekabet, patojenin sporlarının çimlenmesini engelleyen metabolit üretimi ve patojenin doğrudan temas yoluyla toksik olarak ve antibiyosisi ile hücreleri

öldüren hidrolitik enzimlerin sentezi gibi interaksyonu çeşitli şekillerde gerçekleşmektedir [9]. Biyolojik mekanizmalar, yer ve besin için rekabet; antibiyosis; mikoparazitizm; konukçu bitkinin savunma mekanizmasının uyarılması; vb. bitki hastalıklarının kimyasal mücadelesine alternatif olarak biyotik stres/hastalıkların kontrol altına alınmasına yardımcı olmaktadır [17;Tablo 1].

Tablo 1. *Trichoderma* spp.'nin bitki patojenlerine karşı biyolojik kontrol mekanizmaları

Mekanizma şekli	Mekanizma	Görevi
Dolaylı (indirect) olarak antagonizm	Yer, besin-beslenme için rekabet	Kökleri çok hızlı bir şekilde kolonize eder ve besin maddelerini kullanır. Fiziksel olarak alan işgal eder.
	Konukçu dayanıklılığının uyarılması	Bitki ile işbirliği, bitki hormonları salisilik asit, jasmonek asit ve etilenin aracılık ettiği bir sinyal ağı aracılığıyla moleküler tanımayı sağlar. İlgili metabolitlerin ve fenilalanin amonyak liyaz (PAL), kitinaz, glukanaaz, vb. enzimlerin üretimi aracılığıyla bitki savunma reaksiyonunda bir dizi biyokimyasal değişiklik başlatır.
Doğrudan (direct) antagonism	Hyperparazitizm/baskı altına alıp engellemek	Hücre duvarını parçalayan kitinaz, $\beta$ -1, 3 glukanaaz, glikozit hidrolazlar, proteazlar vb. enzimler fungal bitki patojenlerinin hücre duvarının parçalanmasına ve ölümüne neden olur.
Birleşik (mixed) antagonizm	Antibiozis/ Liziz	Düşük moleküler ağırlıklı sekonder metabolitlerin aracılık ettiği biyoajanlar ve bitki patojenleri arasındaki antagonistik etkileşim veya patojenlerin büyüme ve gelişimini etkileyen biyoajanların antibiyotikleri, örn. gliovirin, gliotoksin, pironlar ve peptaiboller, vb.

### Yer ve besin için rekabet

*Trichoderma* türleri dünyada geniş bir yayılış alanına sahip, hemen hemen her türlü habitatlarda gelişen oldukça hızlı büyüyen funguslardır ve diğer funguslar gibi heterotroftir ve toprak kökenli patojenlerle; *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium* gibi diğer mikroorganizmalar ile yer ve besin maddesi için karbon, nitrojen, fosfor, demir, mineraller vb. için rekabet ederler [62]. Yer ve besin için patojenlere karşı çok etkili rakip olan [63] *Trichoderma* spp., herbisitler, fungusitler ve fenolik bileşikler dahil olmak üzere birçok toksik bileşiğe doğal olarak dayanıklıdır. Bu nedenle, spor çimlenmesini engelleyen (fungustatik), hücreleri öldüren (antibiyosis) veya rizosferi değiştiren (örneğin, patojenlerin gelişmemesi için toprağı asitleştirerek) metabolik bileşikler üreterek hızla gelişir ve patojenlerin gelişimini engellerler [9]. Açlık, mikroorganizmalar

için en yaygın ölüm nedeni olup, az miktarda olan sınırlı besin için rekabet, özellikle bitki hastalıklarının biyolojik kontrolünde oldukça önemlidir. Demir alımı, ipliksi (filamentous) funguslar için gereklidir ve demir eksikliğinde funguslar, sideroforlar olarak adlandırılan düşük moleküler ağırlıklı ferrik demire özgü şelatörler salgılayabilir ve demiri şelatlayan ve diğer fungusların büyümesini durduran yüksek verimli sideroforlar üretebilirler [9]. Bu nedenle, toprak özellikleri biyolojik kontrol ajanı olarak *Trichoderma*'yı etkilemektedir.

### Antibiyosis ve lizis

**Antibiyosis;** Düşük moleküler ağırlıklı metabolik bileşikler veya bunlar tarafından salgılanan antibiyotikler nedeniyle bir organizmanın diğeri tarafından büyüme ve gelişiminin engellenmesidir. *Trichoderma* türleri, gliovirin, a-piron, peptaiboller, trikotoksinler, asperelinler, trikopolinler, alametisinler, 6-pentil- $\alpha$ -piron, massoilakton, heptelidik asit [64]; gibi uçucu ve uçucu olmayan toksik metabolitler salgırlar, patojenlerle interaksiyonlarında antagonistik sinyal molekülleri olarak hareket eder, büyümelerini etkileyerek [18,9] patojen kolonizasyonunu engellerler [65]. Mikroorganizma tarafından salgılanan hidrolitik enzimler ve antibiyotikler, antagonizm seviyesini arttırmaktadır. *Botrytis cinerea* ve *Rhizoctonia solani*' ve karşı *T.harzianum*'dan elde edilen endokitinaz enzimi ile gliotoksin hidrolitik enzimler ve peptaibol hücre dışı enzimleri ve  $\alpha$ -piron arasında oldukça yüksek düzeyde bir sinerjistik antagonizm gözlemlendiği belirtilmiştir [66,8]. *B. cinerea* propagüllerine antibiyotik kombinasyonları ve birkaç çeşit hidrolitik enzim uygulandığında ve *F. oxysporum*'da sinerjizm oluşmuş, ancak antibiyotiklerden sonra enzimler eklendiğinde ise sinerjizm daha düşük bulunmuş, bu da sinerjistik etkileşimi oluşturmak için hücre duvarı bozulmasının gerekli olduğunu göstermiştir [8].

**Lizis;** Bitki ve hayvan hücrelerinin hidrolitik enzimler tarafından parçalanmasıdır. *Trichoderma*'lar kitini, proteinleri, selülozu, DNA'yı vb. çözen hücre duvarı lizis enzimi yani kitinaz, glukanaz vb. polimerik bileşikler salgırlar[67].

### Mikoparazitizm

*Trichoderma* ve patojen arasındaki doğrudan etkileşime mikoparazitizm denir. İlk defa 1932 yılında Weindling *Trichoderma* türlerinin biyokontrol ajanı olduğunu ve ayrıca *T. lignorum* (*viride*) hiflerinin *R. solani*'yi parazitleyerek öldürmesini mikoparazitizm olarak ifade etmiştir [26]. Mikoparazitizm, hücre duvarının litik enzim üretimini içeren karışık mekanizmadır [18]. *Trichoderma* spp.'nin litik enzimleri, fungal patojenlerinin hücre duvarlarının sindiriminde rol aldığı [68,69], patojen kontrolünde aktif olarak bulunduğu bilinmektedir [70]. Kitin ve  $\beta$ -1,3-glukanlar, fungus hücre duvarlarının ana yapısal bileşenleridir [71,72-73]. *Trichoderma* spp. bir çok fungusu parazitleyerek, diğer fungusları da tespit ederek ve onlara doğru miselyum geliştirerek doğrudan biyokontrol sağlar. Belirli mesafeden algılama ise, çoğunlukla kitinaz, glukanaz ve proteazlar olmak üzere hücre duvarını parçalayan enzimlerin ekspresyonundan kaynaklanmaktadır [18]. Her enzimin yapısı bir *Trichoderma* türünden diğerine farklılık gösterir. Fungusların ekzokitinazları yapısal olarak düşük seviyelerde salgıladığı düşünülmektedir. Kitinazlar fungusun hücre duvarlarını bozduğunda, ekzokitinazları uyaran oligomerleri serbest bırakırlar ve saldırı başlar. Chet ve ark. [74] mikoparazitizmin, kemotropizm ve tanıma; tutunma ve sarma; hücre duvarı penetrasyonu; ve konukçu hücrenin sindirimi olarak dört aşamada gerçekleştiğini ifade etmektedir. Sırayla birinci aşamada mikoparazit konukçuya yönelerek kemotrofik gelişir, daha sonra ikinci aşamada diğer konukçu olan bitki patojeni fungusları tanıır, onlara doğru gelişir, üçüncü aşamada hücre duvarını parçalayan hidrolitik enzimler salgırlar ve dördüncü olan son aşamada da konukçu olan



patojenin hiflerine bağlanarak, hiflerini sarar. Ardından konukçu yüzeyinde bir appressorium oluşturarak, konukçu hücreye nüfuz ederek konukçu hifleri parazitlemektedir [75]. Mikoparazitizmin moleküler düzeyde uyarılması ilk olarak 1994'te [76], endokitinaz kodlayan bir genin (ech42) düzenlenmesine dayalı olarak ortaya konmuştur. Ech42, *T. harzianum* ve *R. solani* arasındaki mikoparazitik interaksiyon sırasında belirlenmiştir. Ayrıca başka bir çalışmada, *T. atroviride*'nin P1 mutant suşunda, fungus hücre duvarlarından saflaştırılmış kolloidal kitin içeren uygulamalarda mikoparazitizmi uyarmak için ekzokitinaz naçi veya endokitinaz ech42 geninin ekspresyonuna ihtiyaç duyulduğunu göstermiştir [19]. Farklı *Trichoderma* türleri, fungusun misellerini enfekte eden selüloz, kitinaz, proteaz, glikozit,  $\beta$ -1,3-glukanaz,  $\beta$ -1,6-glukanaz, N-asetil- $\beta$ -d-hidrolazlar gibi birçok hücre dışı enzim üretirler [18]. *Trichoderma* spp. tarafından kitinaz, glukanaz ve proteaz gibi litik enzimlerin üretimi ve düzenlenmesi de mikoparazitizm/biyokontrol sürecinde önemli rol oynamaktadır [77].

Bu enzim proteinlerini kodlayan genlerin, bitkilerde birçok patojen funguslara karşı direnç oluşturdukları bilinmektedir [78,79]. *Trichoderma* spp.'nin selüloz üretiminde oldukça önemli bir yere sahip oldukları belirtilmiştir [80,81]. Birçok araştırmacı tarafından 1990'lı yıllarda yapılan çalışmalarda, biyokontrol enzimlerin yapılarının çok kompleks olduğu ve bunların çoğunu kodlayan genlerin izole edildiği ve sekans analizlerinin yapıldığı ifade edilmiştir [82,83]. Enzimlerin fungitoksik olduğu ve enzim karışımlarının antifungal özelliklerinin sinerjistik olduğu ve *Trichoderma*'dan elde edilen farklı kitinolitik veya glukanolitik enzimlerin, farklı organizmalardan gelen enzimler gibi sinerjik olduğu belirtilmektedir [84].

Biyokontrol ajanlarının bitki patojeni funguslara karşı antagonistik etkilerini arttırmak amacıyla farklı enzimler üreten *Trichoderma* türleri ile birçok çalışma yapıldığı bilinmektedir [85].

### ***Trichoderma* spp.'nin bitki gelişimini teşvik etmesi**

*Trichoderma* spp. bitki gelişimini teşvik edici, verimi arttırıcı etkileri ve aynı zamanda bitki hastalıklarıyla mücadelede biyokontrol ajanı olarak kullanılan çok yönlü işlevleri olan simbiyotik funguslardandır [86]. *Trichoderma* türleri sadece patojenler için bir biyokontrol ajanı değil, aynı zamanda bitki büyümesi ve kök gelişimini (biyo gübre) arttıran ve bitki savunma mekanizmalarını uyaran antagonistlerdir [18]. Bazı *Trichoderma* türlerinin epidermise nüfuz ettiği ve kök yüzeylerinde sağlam ve uzun süreli kolonizasyon oluşturduğu ifade edilmekte [18] marul, domates ve biberde bitki gelişimini arttırdığı gözlenmiştir [87]. Yapılan bir çalışmada; *Trichoderma harzianum* T-22 türü uygulanan mısır bitkilerinde birkaç ay sonra bitki kökleri, kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında yaklaşık iki kat daha uzun olduğu belirtilmiştir [18]. Cutler ve ark. [88,89], *Trichoderma koningii* (koniningin A) ve *Trichoderma harzianum* (6-pentyl alpha pryone) türlerinin ürettiği sekonder metabolitlerin bitki büyüme düzenleyicileri olarak görev yaptığı ortaya konulmuştur. *Trichoderma* uygulanan bitkilerde, sitokinin (Zeatin) ve gibberellin benzeri moleküller (GA3 veya GA4) [90], fitohormonlar [18,91,92,93-94] da dahil olmak üzere sekonder metabolitlerin üretimi ile bitki gelişim parametreleri, bitki gelişimi [18,91] ve veriminin [95] artması sayesinde fotosentez oranı [96], besin maddesi alımı, abiyotik ve biyotik strese toleransın artması nedeniyle çeltik ve mısır gibi birçok üründe bitki gelişimi, verim ve ürün miktarı artışı kaydedilmiştir. *Trichoderma* türleri ayrıca glukonik ve sitrik asit üreterek, toprak pH'ını düşürmekte ve fosfatların, mikro besin maddelerinin, demir, magnezyum ve manganez gibi mineral bileşenlerin çözünürlüğünü arttırmaktadır [9,97-19]. Günümüzde *Trichoderma*'lar; biyopestisit,

biyogübre, bitki gelişimi ve verim arttırıcı, ayrıca besin maddesi çözücü ve organik madde ayrıştırıcıları olarak pazarlanmaktadır [98]. *Trichoderma* spp. toprakta fosforu çözerek alınabilir forma getirerek, organik maddeyi ayrıştırmakta ve bitkilerde mikro besin maddelerinin artmasına yardımcı olmaktadır [87,94]. *Trichoderma erinaceum* tohum çimlenme oranı, fide gücü, daha yüksek klorofil içeriği, daha fazla besin maddesi birikimi ile Karuna ve Sahabhagidhan çeltik çeşitlerinin gelişimini teşvik ederek ve verim artışı sağlayarak biyokontrol ajanı ve biyogübre görevi üstlenerek biyotik ve abiyotik stres koşullarında stres yönetimi ile ilişkili olan bazı enzimlerin artışı sağlamıştır [94].

### ***Trichoderma* spp.'nin bitkilerde savunma reaksiyonunu uyarması**

Yapılan çalışmalarda *Trichoderma* spp.'nin bitkilerde antagonistik mikroorganizmalara karşı kitinaz, glukanaz ve peroksidaz gibi proteinlerin gen ekspresyonunu uyardığı [99, 100-97] ve bitkilere *Trichoderma* ile ön uygulama yapılmasının hastalıklara karşı direnci artırdığı ifade edilmiştir [18]. *Trichoderma* spp. fırsatçı (opportonistic) istilacı, bitki büyümesini hızlandıran ve bol miktarda spor üreten funguslar olup, hücre çeperini parçalayan enzimlere (örneğin, selülaz, kitinaz ve glukanaz) sahip ve antibiyotik üreten antagonistlerdir [19]. Ayrıca, *Trichoderma* spp.'nin varlığı, bitkilerde aşırı duyarlılık (HR), sistemik kazanılmış dayanıklılık (SAR) ve uyarılmış sistemik dayanıklılığı (ISR) teşvik etmektedir [9,19;Tablo 2]. Bu konuda yürütülen çalışmalarda, domateste *T. hamatum*'un bitki fizyolojisinde ve hastalık direncinde aktif olarak sistemik değişikliklere neden olduğu [101], hıyar bitkilerinde ise, *T. asperellum*'un, fenilalanin ve hidroperoksidaz liyazı kodlayan iki savunma geninin sistemik uyarılmış reaksiyonu ve *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*'a karşı fitoaleksinlerin sistemik olarak birikimini aktive ettiği bildirilmiştir [99]. *T. harzianum* ve *Ganoderma boninense* uygulanmış palmye ağacında kitinaz ekspresyonunun savunma geni, sadece *G. boninense* ile uygulanan bitkilerle karşılaştırıldığında arttığı ifade edilmiştir [102]. Ayrıca yapılan bazı çalışmalarda *Trichoderma* spp.'nin sistemik dayanıklılığa dolaylı olarak katkıda bulunabileceği belirtilmiştir [103, 104]. Harman ve ark. [18], *Trichoderma* spp. lokal veya sistemik dayanıklılığı uyarması nedeniyle bitki hastalıklarıyla mücadelede önemli bir faktördür. Dolayısıyla *Trichoderma* spp.'nin konukçu bitkilerde lokal veya sistemik dayanıklılık reaksiyonlarını teşvik eden belirli bileşikler ürettiği [91,105], bu nedenle *Trichoderma*'ların bitki kök kolonizasyonunun hastalıkla mücadelede etkili olduğu ve söz konusu konukçu bitki, patojen, biyokontrol etmeni ve çeşitli çevresel faktörler arasında karmaşık bir interaksiyon olduğu ortaya konulmuştur [18,106-101].

Endofitik *Trichoderma*, bitki gen ekspresyonundaki değişiklik nedeniyle bitki fizyolojisini değiştirmekte, besin maddesi alımını ve hastalıklara karşı direnci arttırmaktadır. Toprağa ve tohuma uygulanan *T. asperellum*, *T. harzianum* vb. metabolik değişiklikleri uyarak bitki patojenlerine karşı SAR'ı teşvik etmektedirler [107].

Tablo 2. *Trichoderma* spp.'nin bitkilerde uyarılmış sistemik dayanıklılık (ISR) mekanizması

<b><i>Trichoderma</i> spp., Bitki ve Patojen</b>	<b>Uyarılmış sistemik dayanıklılık (ISR)</b>	<b>Kaynak</b>
<i>T. harzianum</i> (T-39): Domates, biber, tütün, marul, fasulye: <i>Botrytis cinerea</i>	Yapraklarda hastalık yok	De Meyer ve ark. [107]
Bağ: <i>Plasmopara viticola</i>	Savunma mekanizmalarının uyarılması	Levy ve ark. [108]
Hıyar, fasulye, domates ve çilek: <i>B. cinerea</i> ; <i>Podosphaera xanthii</i>	Yaprak hastalıklarından korunma	Levy ve ark. [108]
<i>T. harzianum</i> T-22; <i>T. atroviride</i> P1 Fasulye: <i>B. cinerea</i> , <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>phaseoli</i>	Yapraklarda antifungal bileşiklerle ilişkili yolların uyarılması	Harman ve ark. [97]
<i>T. harzianum</i> T-1 & T-22; <i>T. virens</i> T3 Hıyar: Green-mottle, mosaik virus	Türlerin köke inokulasyonu ile yaprakların hastalıktan korunması	Lo ve ark. [104]
<i>T. harzianum</i> T-22 Domates: <i>Alternaria solani</i>	Türlerin köke inokulasyonu ile yaprakların hastalıktan korunması	Seaman [109]
<i>Trichoderma</i> GT3-2 Hıyar: <i>Colletotrichum orbiculare</i> , <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>lachrymans</i>	Lignifikasyonla ilgili savunma genlerinin aktivasyonu	Koike ve ark. [110]
<i>T. harzianum</i> Biber: <i>Phytophthora capsici</i>	Fitoaleksinin kapsidiolün artan üretimi	Ahmed ve ark. [103]
<i>T. asperellum</i> (T-203) Hıyar: <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>lachrymans</i>	Jasmonik asit/etilen sinyalizasyonu ile ilgili proteinlerin ekspresyonu	Shoresh ve ark. [111]
<i>T. harzianum</i> Tr6, & <i>Pseudomonas</i> sp. Ps14 Hıyar: <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis</i>	Her iki tür de savunma genleri aktivasyonu	Alizadeh ve ark. [112]
<i>T. virens</i> & <i>T. atroviride</i> Domates: <i>A. solani</i> , <i>B. cinerea</i> , ve <i>P. syringae</i> pv. <i>tomato</i> (Pst DC3000)	SAR'ın uyarılması ile ilişkili olarak salgılanan proteinler Sm1 ve Epl	Salas-Marina ve ark. [113]
<i>T. virens</i> G-6, G-6-5 ve G-11 Pamuk: <i>Rhizoctonia solani</i>	Fungitoksik terpenoid fitoaleksinin oluşumu ile bitkinin korunması	Howell ve ark. [114]

### ***Trichoderma* spp.'nin bitki kök kolonizasyonu**

*Trichoderma* spp. ile yapılan çalışmalar, fungusun kök kolonizasyonunu, peroksidaz, kitinaz,  $\beta$ -1, 3 glukanaz, fenilalanin ve biyosentetik sinyalizasyonu başlatan hidroperoksidaz liyaz enzimler ile bitki savunma reaksiyonlarını uyardığı ve düşük moleküler ağırlıklı fitoaleksinin birikimini sağladığı belirtilmiştir [114,99-18]. Yedidia

ve ark. [21] yapılan çalışmada *T. harzianum* T-203 ırkının hıyarda bitki kökünü penetre ettiği, epidermis ve dış kortekste gelişme gösterdiği, bu durumun da peroksidaz ve kitinaz üretimini uyardığı ifade edilmiştir. Bu nedenle, *Trichoderma*'nın bitki köklerinde kolonize olması ve bitkinin de hastalıklardan korunması bu interaksiyonun simbiyotik bir ilişki olduğunu göstermektedir. Son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda *Trichoderma* spp.'nin sadece bitkilerin kök yüzeylerinde değil aynı zamanda bitkilerin çeşitli kısımlarında da endofitik olarak geliştikleri belirtilmiştir [56]. Dolayısıyla bu endofitik türlerin bitki gelişimini teşvik ederek, bitkiyi çeşitli biyotik ve abiyotik stres koşullarından koruduğu ortaya konulmuştur [50].

### ***Trichoderma* spp.'nin antibiyotik ve sekonder bileşik üretimi**

*Trichoderma* türleri tarafından üretilen sekonder bileşikler ve antibiyotikler, antagonistik etkileri nedeniyle biyolojik mücadelede önemli bir rol oynamaktadır [19,115]. Sivasithamparam ve Ghisalberti [116]*Trichoderma* türlerinin polipeptidler, pironlar ve terpenler gibi antibakteriyel ve antifungal antibiyotikler dahil olmak üzere bazı sekonder bileşikler ürettiğini bildirmişlerdir. Antibiyotikler ve sekonder metabolitler savunma reaksiyonunda, simbiyosiste, besin maddesi taşınımında, farklılaşmada, spor oluşumunu ve çimlenmeyi uyarma veya engellemede önemli rol oynamaktadır [117,19]. Antibiyotikler genellikle patojenlere karşı biyokontrol etkisi ile ilişkilendirilmektedir. *T. harzianum*'un pyrone benzeri antibiyotik üretimi, *Ganumannomyces graminis*'e karşı biyokontrol etkisi göstermiştir [118]. Peptit antibiyotik paraselsin, *Trichoderma* spp.'de özdeşleşen ilk sekonder metabolittir [119,120]. Sivasithamparam ve Ghisalberti [116], *Trichoderma* spp. tarafından üretilen sekonder metabolitlerin; uçucu bileşikler (örn., 6-pentil-alfa-pirron), suda çözünür bileşikler (örn. heptelidik asit) ve alfa-aminoizobutirat yönünden zengin, N-asetillenmiş ve C-ucunda bir amino alkol grubuna sahip 12-22 amino asitten oluşan doğrusal oligopeptitler olan peptaibol bileşikleri olmak üzere üç kategoriye ayrılabilir. Öne sürülmüştür.

### ***Trichoderma* spp.'nin diğer kullanım alanları**

Reese [121] *Trichoderma reesei*'nin selülaz enzimi ürettiğini tespit etmesinin ardından, fungusun önemli bir selülaz veya enzim üreticisi olmasının yolu açılmıştır. *Trichoderma* spp. tarafından üretilen selülaz esas olarak malt (malting), fırınlama (baking) ve etanol üretiminde kullanılmaktadır [122]. İpliği yapıda selüloolitik *Trichoderma* spp. çok çeşitli selülaz ve hemiselülazlar üretirler. Lignoselülozik biyomas kağıt hamuru, kağıt ve tekstil endüstrilerinde [123], kullanılmasına rağmen asıl etanol gibi biyoyakıtların üretiminde yer almaktadır [124,125]. *Trichoderma* türleri güvenli endüstriyel enzim üretimi için de kullanılmaktadır [126]. Maserating enzimler, meyve suyu üretiminde mayalanma işlemini iyileştirmek ve çiftlik hayvanları ile evcil hayvan besinlerinde yem katkı maddesi olarak yer almaktadır [127]. Yapılan çalışmalarda *Trichoderma*'lar ayrıca tohum çimlenmesinde de kullanılmaktadır. *T. viride* ve *T. reesei* uygulanmış tohumlarda kontrol bitkilerine kıyasla ayçiçeği tohumlarının çimlenmesini önemli ölçüde arttırdığı belirlenmiştir [128]. Yetiştiriciliği yapılan birçok üründe bitki gelişimini arttırmak ve hastalıklardan korumak amacıyla bazı *Trichoderma* türlerinin ticari olarak üretimi yapılmakta olup, bir çok üründe kullanım alanına sahiptir [129, 28]. Günümüzde RootShieldTM, BioTrek 22TM, T22GTM ve T-22HBTM (Bio-works, ABD); SuprevisitTM (Borregaard BioPlant, Danimarka); BinabTM (Bio-Innovation İsveç); TrichopelTM, TrichojetTM, TrichodowelsTM ve TrichosealTM (Agimm, Yeni Zelanda); TriecoTM (Ecosense Labs, Hindistan) ve Tricho-green (Mycology Lab, Malezya) ticari olarak piyasada yer alan formülasyonlardır. Bu preparatların tümü biyo-kontrol ajanı olarak ruhsatlı olmayıp, bitki büyüme düzenleyicisi, bitki gelişimini teşvik edici ve toprak düzenleyicileri olarak da pazarlanmaktadır.

## 4. *Trichoderma*'ların Biyotik ve Abiyotik Stres Koşullarında Kullanımları

### Biyotik Stres Yönetiminde *Trichoderma*'lar

*Trichoderma* spp. tahıl, baklagiller, yağlı tohumlu bitkiler, meyveler ve sebzeler, ticari ürünler ve diğer ekonomik öneme sahip ürünlerde çökerten (*Pythium* spp.), gövde kanseri/çürüme (*Phytophthora* spp.) solgunluk (*Fusarium* spp.), kök çürüklüğü, öz çürüklüğü (*Rhizoctonia* spp., *Macrophomina phaseolina*, *Sclerotium* spp., *Sclerotinia* spp., *Botrytis* spp.), gövde çürüklüğü (*Aspergillus* spp.), yaprak lekeleri (*Alternaria* spp.) gibi bir çok fungal hastalıkların biyolojik mücadelesinde etkili biyokontrol ajanlarıdır [24; Tablo 3].

### Abiyotik Stres Yönetiminde *Trichoderma*'lar

*Trichoderma* spp.'nin bitkileri kuraklık, tuzluluk, alkalilik, allelopati, oksidatif stresler, ağır metal birikimi gibi abiyotik stres faktörlerine karşı koruma ve rizobakterilere benzer şekilde bitki ve kök büyümesini arttırarak; artan besin alımı ve oksidatif strese karşı uyarılmış koruma gibi etkilerinin olduğu yapılan araştırmalarla ortaya konulmuştur [151,152].

### Kuraklık Stresi

Kuraklık veya su eksikliği, kısa bir süre için bile olsa, çeltik üretiminde verimi azaltan son derece önemli abiyotik stres faktörlerindedir. *T. harzianum* T-22 ile kök kolonizasyonu, peroksidaz, kitinaz,  $\beta$ -1,3-glukanazlar, hidro-peroksit liyaz enzimlerinin ve bitkiye stres koşullarında uzun süre dayanıklılık sağlayan lipoksijenaz, fitoaleksin ve fenol bileşiklerinin miktarlarını arttırmaktadır. Süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz ve katalaz enzimleri (CAT), zararlı reaktif oksijen türleri (ROS), süperoksit ( $O_2^-$ ) ve hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) düzeylerini ortadan kaldırmak için enzimatik radikal temizleyiciler olarak görev yaparak bitkilerin su eksikliğine yani kuraklık, metil viologen (MV) maruz kalması ve diğer abiyotik streslere direnmesini sağlayan yükseltgenme-indirgenme durumuna yardımcı olmaktadır [95]. *T. harzianum* Th-56 ( 30 g/lit) ile çeltik (cv. PSD-17) köklerinin daldırılması kök ve sürgün uzunluğu, yaprak alanı indeksi, toplam kuru madde, nisbi nem ve klorofil içeriği ile membran stabilite indeksinin, katalaz ve peroksidaz aktivitesinin artmasına ve yaprak kıvrıcılığı, uç yanıklığı ve yaprak yanıklığı/yaşlanan yaprak sayısında azalmaya, serbest prolin birikimi ve daha iyi kuraklık toleransına neden olmaktadır. Dolayısıyla *Trichoderma* uygulaması kuraklık koşullarında bitkiler tarafından üretilen serbest radikaller ve zararlı bileşiklerin uzaklaştırılmasını sağlamakta ve böylece çeltiğin kuraklıktan etkilenmesini önlemektedir [153]. Domateste *Trichoderma* spp. [91,95]; Kakao'da *T. hamatum* DIS2196 [50]; ve mısırdaki *T. harzianum* [154] ile yapılan çalışmalarda kuraklık stresi ile mücadelede benzer sonuçların elde edildiği yapılan çalışmalar sonucunda ortaya konulmuştur.

Tablo 3. Bitki hastalıklarıyla mücadelede bazı *Trichoderma* türleri

Bitki ve Patojen	Biokontrol ajanları	Uygulama	Kaynaklar
Çeltik ( <i>Oryza sativa</i> ) <i>Magnaporthe oryzae</i> <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Ustilaginoidea virens</i>	<i>T. harzianum</i> <i>T. harzianum</i> , <i>T. viride</i> , <i>T. harzianum</i>	Tohum, yaprak Tohum, Fide Tohum	Chou ve ark. [130] Pal ve McSpadden Gardener [131] Kannahi ve ark. [132]
Buğday ( <i>Triticum aestivum</i> ) <i>Neovossia indica</i> <i>Ustilago segetum tritici</i>	<i>T. viride</i> , <i>T. harzianum</i> <i>T. viride</i> , <i>T. lignorum</i>	Tohum Tohum& toprak	Aggarwal ve ark. [133,134]
Mısır ( <i>Zea mays</i> ) <i>Fusarium graminearum</i> Post-fowering stalk rot complex	<i>T. harzianum</i> <i>T. harzianum</i> (IARI)	Tohum& toprak Tohum	Kandasamy ve ark. [135]
Sorgum ( <i>Sorghum bicolor</i> ) <i>Gloeocercospora sorghi</i> <i>Colletotrichum sublineolum</i>	<i>T. harzianum</i> <i>T. harzianum</i> WKY1	Yaprak Tohum, toprak	Purohit ve ark. [136] Wesam ve ark. [137]
Nohut ( <i>Cicer arietinum</i> ) <i>F. oxysporum f. sp. ciceris</i> <i>R. solani</i> <i>R. bataticola</i> <i>Sclerotium rolfsii</i>	<i>T. harzianum</i> , <i>T. viride</i> , <i>Trichoderma</i> spp. <i>T. viride</i> , <i>T. virens</i> ; <i>T. harzianum</i> , <i>T. viride</i>	Tohum biyo-kapsül; biyopriming; biyogübre Tohum, biyokapsüller Tohum-biyopriming Toprak-zenginleştiren biyogübre	Pandey ve ark. [138] Jaisanive ark. [139] Dubey ve ark. [140] Pandey ve ark. [138] Mukherjee ve ark. [31]
Güvercin bezelyesi ( <i>Cajanus cajan</i> ) <i>Fusarium udum</i>	<i>T. viride</i> , <i>T. harzianum</i>	Tohum, toprağa biyogübre	Ram ve Pandey [141]
Maş fasulyesi ( <i>Vigna radiata</i> ) <i>Macrophomina phaseolina</i> <i>R. solani</i>	<i>Trichoderma</i> spp. <i>T. viride</i> , <i>T. harzianum</i> , <i>T. virens</i>	Tohum, toprak biyokapsül Tohum-biyopriming Toprak- zenginleştiren biyogübre	Meena ve ark. [142] Pandey ve ark. [138] Dubey ve Patel [143]
Soya fasulyesi ( <i>Glycine max</i> ) <i>M. phaseolina</i> Myrothecium Yaprak Lekesi, Antraknoz <i>Rhizoctonia</i>	<i>T. harzianum</i> , <i>T. viride</i> <i>T. viride</i>	Tohum biyopriming Toprak- zenginleştiren biyogübre Tohum kaplama	Pandey ve Gohel [144] Falah Kuchlan ve ark. [145]
Yerfıstığı ( <i>Arachis hypogaea</i> ) <i>S. rolfsii</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Cercosporidium personatum</i>	<i>T. harzianum</i> <i>T. viride</i> <i>T. harzianum</i>	Tohum & toprak Tohum & toprak Tohum ve yaprak	Rakholiya ve ark. [146] Hossain ve Hossain [147]
Patates ( <i>Solanum tuberosum</i> ) <i>R. solani</i>	<i>T. virens</i> , <i>T. atroviride</i>	Toprak uygulaması	Hicks ve ark. [148]
Patlıcan ( <i>Solanum melongena</i> ) <i>Pythium ahanidermatum</i>	<i>T. harzianum</i>	Tohum & toprak	Nirmalkar ve ark. [149]
Domates ( <i>Solanum lycopersicum</i> ) <i>Pythium indicum</i> <i>Meloidogyne javanica</i>	<i>T. harzianum</i> <i>T. harzianum</i>	Tohum uygulaması Toprağa ön uygulama	Nirmalkar ve ark. [149] Sharon ve ark. [150]

## Tuz Stresi

Tuz stresi tüm dünyada tarımsal üretimde verimi kısıtlayan en önemli abiyotik stres faktörlerinden biri olup, bitkilerde büyüme ve gelişmeyi olumsuz yönde etkileyerek üründe verim ve kaliteyi etkilemekte hatta bitkilerde ölümlere neden olmaktadır.

Tuz stresine maruz kalan *Ochradenus baccatus*'un bitki fizyolojisini olumsuz etkilemiş ve tohum çimlenmesi, bitki büyümesi, pigment içeriği, membran stabilite indeksi, bitki dokularında su ve toplam lipid içeriğinde önemli bir düşüşe neden olmuştur. Fenol, diasilgliserol, sterol ester, doymamış yağ asitlerinin, süperoksit dismutaz, katalaz, peroksidaz, askorbat peroksidaz, glutatyon redüktaz enzimatik antioksidanlar, lipid peroksidasyonun sentezini hızlandırarak ve seviyelerini arttırarak; sürgünlerde Na<sup>+</sup> ve K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> ve Ca<sup>2+</sup> içeriğini önemli ölçüde azalmasına sebep olmuştur. Yapılan çalışmada *T. hamatum* uygulaması sonucunda, yukarıda ifade edilen metabolik süreçler ve tuz stresinin bitki büyümesi üzerindeki zararlı etkisinin azaldığı belirtilmiştir [155]. *T. asperellum* [156] ve *T. asperellum* ACCC30536 türlerinden "1-aminosiklopropan 1-karboksilat (ACC) deaminaz (ACCD) enzimlerinin belirlenmesi, diğer yararlı mikroorganizmalarda olduğu gibi *Populus* sp.' nin tuzluluk toleransını artırabilen TaACCD genini ortaya çıkardığı belirtilmiştir [157]. Tuz stresinin ortadan kaldırılması amacıyla *T. hazianum* uygulaması konusunda yapılan bazı çalışmalarda, domates [95]; hardal [158]; mısır ve çeltik [151] ile diğer bitkilerde [152] benzer sonuçların elde edildiği sonuçlar rapor edilmiştir.

## Topraklarda Ağır Metal Stresi

Topraklarda biriken ağır metaller hem çevre kirliliği hem de ekosistemde olumsuz etkilere yol açmakta, atmosferde biriken ağır metaller toprak ve suya karışarak bitkilere ve yine topraktan hayvan ve insanlara geçebilmektedir. Bu durum (ağır metal stresi) bitkisel üretimde bitki fizyolojisini olumsuz yönde etkileyerek verim de azalmalara neden olmaktadır.

Yapılan çalışmalarda soğanda *T. asperellum* uygulaması Cu birikiminin azaltılmasına ve soğan yapraklarında bir yerden başka bir yere taşınmasına yardımcı olmuş [159]; *T. atroviride*'nin hardalda kullanıldığı çalışmada ise kadmiyum ve nikelin foto ekstraksiyon etkisini geliştirerek hücrel toksisitesini azalttığı belirtilmiştir [160]. *T. harzianum*, ağır metallere, tuzluluğa karşı toleransı, *R. solani* ve *Pseudomanas syringae*'ye karşı dayanıklılığı arttırmaktadır [161].

## Aşırı Sıcaklık ve Soğuk Stresi

Bitkiler, hücrel bileşenlerin zarar görmesine neden olan şiddetli stres koşulları altında birikmiş reaktif oksijeni uzaklaştırılmazlar. Bu gibi durumlarda, *Trichoderma* uygulanan bitkilerde, reaktif oksijen türlerini uzaklaştırma yeteneklerini artırarak stresten korunabilmektedirler. *T. harzianum* AK 20G ırkı lipid peroksidasyon oranını ve elektrolit sızıntısını azaltarak yaprak su içeriğinin ve prolin birikiminin artmasına yardımcı olmakta böylelikle soğuk stresinin olumsuz etkilerinin azalmasına katkı sağlamaktadır [162]. Yapılan çalışmada benzer şekilde, *T. harzianum* uygulanmış *Arabidopsis* bitkilerinde, sıcaklık şoku proteinlerinin üretimi nedeniyle bitkinin sıcaklık stresini tolere ettiği belirtilmiştir [163].

## 5. Sonuç

*Trichoderma* genusu ilk olarak 1930'da Weindling tarafından biyolojik kontrol ajanı olarak tespit edilmesiyle birlikte günümüze kadar söz konusu konu ile ilgili birçok çalışmada *Trichoderma* spp.'nin bitki hastalıklarına karşı etkili bir biyolojik kontrol ajanı olduğu ortaya konulmuştur. *Trichoderma* spp.'nin fitopatojen fungusların mücadelesinde biyolojik kontrol mekanizmaları üzerine yapılan çalışmalarda, hem enzimleri kodlayan birkaç genin izolasyonu yapısal veya düzenleyici proteinler hem de *Trichoderma* türlerinin konukçuda spesifik tanınmasını sağlayan sinyal bileşenleri gibi mekanizmaların daha iyi anlaşılmasına yol açmıştır. Bu konuda ülkemizde ve dünyada hali hazırda birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya da devam etmektedir. Dolayısıyla bu etki mekanizmalarının bilinmesi ile tarımsal üretimde hem hasat öncesi hem de hasat sonrası dönemlerde görülen fungal patojenlerle mücadelede daha etkili *Trichoderma* türleri tespit edilerek, farklı kombinasyonlarının değerlendirilmesiyle başarılı sonuçlar elde edilebilir. *Trichoderma* türlerinin konukçu bitki-patojen arasındaki interaksyonu doğru ve etkili bir şekilde yönetildiğinde biyolojik kontrol başarıya ulaşmakta ve ayrıca bitkilerde savunma reaksiyonlarının arttırdığı da bilinmektedir. Dolayısıyla *Trichoderma* spp.'nin etkili bir biyokontrol ajanı olarak kullanılması kesinlikle sürdürülebilir hastalık yönetiminde etkin kontrol yöntemlerinden biri olarak görülmektedir.

## Teşekkür

Bu çalışma, Deniz BULUT'un Uşak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarım Bilimleri Anabilim Dalı'nda yürütmüş olduğu yüksek lisans tezinin bir bölümünden hazırlanmıştır.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

## 6. Kaynaklar

1. FAO. The future of food and agriculture—trends and challenges. FAO, 2017; Rome, p. 163.
2. Koike ST, Gordon TR. Management of Fusarium wilt of strawberry, Crop Protection, 2015; 1-6.
3. Cawoy H, Wagner B, Fickers B, Ongena M. *Bacillus* Based Biological Control Plant Diseases, Pesticides in the Modern World: Pesticides Use and Management. China: InTech Europe; 2011.
4. Naher L, Yusuf UK, Ismail A, Hossain K. *Trichoderma* Spp.: A Biocontrol agent for sustainable management of plant diseases, Pak. J. Bot., 2014; 46(4): 1489-1493.
5. Gouvea A, Kuhn OJ, Mazaro SM, May-De Mio LL, Deschamps C, Biasi LA and Fonseca, V de C. Controle de doenças foliares e de flores e qualidade pós-colheita do morangueiro tratado com *Saccharomyces cerevisiae*. Hort. Bras., 2009; 27(4): 527-533.
6. Noling JW. Nematode management in strawberries. University of Florida publication series no. ENY-031, USA, p. 12, 2016.
7. Abd-Elgawad MMM. Optimizing biological control agents for controlling nematodes of tomato in Egypt. Egypt J. Biol. Pest. Cont., 2020; 30:58.
8. Howell CR. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. Plant Dis., 2003; 87:4-10.



9. Benitez T, Rincon AM, Limon MC, Codon AC. Biocontrol mechanism of *Trichoderma* strains. International Microbiol., 2004; 7: 249-260.
10. Papavizas GC. Trichodema and Gliocladium: Biology, ecology and potential for biocontrol. Ann. Rev. Phytopathol., 1985; 22: 23-54.
11. Koumoutsis, A, Chen XH, Henne A, Liesegang H, Hitzeroth G, Franhe P, Vater J and Borris R. Structural and functional characterization of gene clusters directing nonribosomal synthesis of bioactive cyclic lipopeptides in *Bacillus amyloli quefaciens* strain FZB42. J. Bacteriol., 2004; 186: 1084-1096.
12. Mavrodi DV, Mavrodi OV, McSpaddens-Gardener BB, Landa BB, Weller DM, Thomashow LS. Identification of differences in genome content among pHID-positive *Pseudomonas fluorescens* strains by using PCR based subtractive hybridization. Appl. Environ. Microbiol., 2002; 68: 5170-5776.
13. Atehnkeng J, Ojiambo PS, Ikotum T, Sikora RA, Cotty PJ, Bandyopadhyay R. Evaluation of atoxigenic isolates of *Aspergillus flavus* as potential biocontrol agents for aflatoxin in maize. Food Additives & Contaminants: Part A., 2008; 25: 1266-1273.
14. Gilardi G, Manker DC, Garibaddi A, Gullino ML. Efficacy of the biocontrol agents *Bacillus subtilis* and *Ampebmyces quisqualis* applied in combination with fungicides against powdery mildew of Zucchini. J. Plant Diseases Protect., 2008; 115: 208-213.
15. Ahmed MFA, El-Fiki IAI. Effect of biological control of root rot diseases of strawberry using *Trichoderma* spp. Middle East Journal of Applied Sciences, 2017; 7(3): 482-492.
16. Aydın MH. Bitki Fungal Hastalıklarıyla Biyolojik Savaşta *Trichoderma*'lar. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 2015; 2:135-148.
17. Chet I. *Trichoderma*-application, mode of action, and potential as a biocontrol agent of soilborne plant pathogenic fungi. In: Innovative approaches to plant disease control. (Ed.) Chet I. New York: John Wiley and Sons; 1987. pp.147-160.
18. Harman, GE, Howell CR, Viterbo A, Chet I, Lorito M. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Rev. Microbiol., 2004a; 2: 43-56.
19. Vinale F, Sivasithamparam K, Ghisalberti LE, Marra R, Woo LS, Lorito M. *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. Soil. Biol. Biochem., 2008; 40: 1-10.
20. Spadaro D, Gullino ML. Improving the efficacy of biocontrol agents against soilborne pathogens. Crop Protection, 2005;24(7):601-613.
21. Yedidia I, Benhamou N, Chet I. Induction of defence responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. Appl. Environ. Microbiol., 1999; 65: 10061-1070.
22. Kredics L, Antal Z, Doczi I, Manczinger L, Kevei F, Nagy E. Clinical importance of the genus *Trichoderma*. A review. Acta Microbiol. Immunol. Hung., 2003; 50:105-117.
23. Harman, GE. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. Phytopathology, 2006; 96: 190-194.
24. Pandey RN, Jaisani P, Yadav DL. *Trichoderma* spp. in the management of stresses in plants and rural prosperity. Indian Phytopathology, 2021; 74: 453-467.
25. Weindling R. *Trichoderma lignorum* as a parasite of other soil fungi. Phytopathology, 1932; 22: 837- 845.
26. Wells DH. *Trichoderma* as a biocontrol agent. In: Biocontrol and plant diseases. (Eds.): Mukerji KG and Garg KL. Florida: CRC press; pp. 73. 1988.

27. Weindling R. Studies on lethal principle effective in the parasitic action of *Trichoderma lignorum* on *Rhizoctinia solani* and other soil fungi. *Phytopathol.*, 1934; 24: 1153-1179.
28. Samuels, GJ. *Trichoderma*: A review of biology and systematics of the genus. *Mycol. Res.*, 1996; 100: 923-935.
29. Irina D, Christian PK. Species and biodiversity in *Trichoderma* and Hypocera: from aggregate species to species clusters. *J. of Zhejiang Uni. Sci.*, 2004; 6: 100-112.
30. Chaverri P, Gazis R, Samuels GJ. *Trichoderma amazonicum*, a new endophytic species on *Hevea brasiliensis* and guianensis from the Amazon basin. *Mycologia*, 2011; 103:139–151.
31. Mukherjee PK, Horwitz BA, Singh US, Mukherjee M, Schmoll M. *Trichoderma* in agriculture, industry and medicine: an overview. In: Mukherjee PK, Horwitz BA, Singh US, Mukherjee M, Schmoll M (eds) *Trichoderma: biology and applications*. Nosworthy: CABI; 2013. pp 1–9.
32. Kubicek CP, Bissett J, Druzhinina I, Kullnig-Gradinger C, Szakacs G. Genetic and metabolic diversity of *Trichoderma*: a case study on South-East Asian isolates. *Fungal Genetics and Biology*, 2003; 38(3): 310-319.
33. Christian R, Röhrich WM, Jaklitsch H, Voglmayr A, Iversen CZ, Christian B, Henry M, Meinckel R, Komon-Zelazowska M, Druzhinina I, Christian S, Kubicek P, Berg G. Fungal diversity in the rhizosphere of endemic plant species of Tenerife (Canary Islands): relationship to vegetation zones and environmental factors. *ISME J*, 2009; 3: 79–92.
34. Migheli Q, Balmas V, Komoň-Zelazowska M, Scherm B, Fiori S, Caria R, Alexey G, Kopchinskiy A, Kubicek CP, Druzhinina IS. Soils of a Mediterranean hot spot of biodiversity and endemism (Sardinia, Tyrrhenian Islands) are inhabited by pan-European, invasive species of *Hypocrea/Trichoderma*. *Environ. Microbiol.* 2009; 11(1): 35–46.
35. Hatvani L, Antal Z, Manczinger L, Szekeres A, Druzhinina IS, Kubicek CP, Nagy A, Nagy E, Vagvolgyi C, Kredics L. Green mold diseases of *Agaricus* and *Pleurotus* spp. are caused by related but phylogenetically different *Trichoderma* species. *Phytopathology*, 2007; 97: 532–537.
36. Kredics L, García Jimenez L, Naeimi S, Czifra D, Urbán P, Manczinger L, Vágvolgyi C, Hatvani L. A challenge to mushroom growers: the green mould disease of cultivated champignons. *Topics in applied microbiology and microbial biotechnology*, 2010; 1–2: 295–30.
37. Samuels GJ, Dodd SL, Gams W, Castlebury LA, Petrini O. *Trichoderma* species associated with the green mold epidemic of commercially grown *Agaricus bisporus*. *Mycologia*, 2002; 94(1): 146-170.
38. Kredics L, Kocsubé S, Nagy L, Komon-Zelazowska M, Manczinger L, Sajben E, Nagy A, Vágvolgyi C, Kubicek CP, Druzhinina IS, Hatvani L. Molecular identification of *Trichoderma* species associated with *Pleurotus ostreatus* and natural substrates of the oyster mushroom. *FEMS Microbiol Lett.*, 2009; 300: 58–67.
39. Kredics L, Antal Z, Szekeres A, Manczinger L, Doczi I, Kevei F, Nagy E. Production of extracellular proteases by human pathogenic *Trichoderma longibrachiatum* strains. *Acta Microbiol Immunol Hung*, 2004; 51: 283–295.
40. Petrini O. Fungal Endophytes of Tree Leaves. In: Andrews JH, Hirano SS (eds) *Microbial ecology of leaves*. New York: Springer; 1991. pp 179–197.
41. Gazis R, Chaverri P. Diversity of fungal endophytes in leaves and stems of rubber trees (*Hevea brasiliensis*) in Tambopata. *Peru Fungal Ecol.*, 2010; 4:94–102.

42. Patel JS, Kharwar RN, Singh HB, Upadhyay RS, Sarma BK. *Trichoderma asperellum* (T42) and *Pseudomonas fluorescens* (OKC)-enhances resistance of pea against *Erysiphe pisi* through enhanced ROS generation and lignifications. *Front Microbiol.*,2017; 8: 306.
43. Cummings NJ, Ambrose A, Braithwaite M, Bissett J, Roslan HA, Abdullah J, Stewart A, Agbayani FV, Steyaert J, Hill RA. Diversity of root-endophytic *Trichoderma* from Malaysian Borneo. *Mycol. Progress*, 2016; 15: 50.
44. Ghaffari MR, Ghabooli M, Khatabi B, Hajirezaei MR, Schweizer P, Salekdeh GH. Metabolic and transcriptional response of central metabolism affected by root endophytic fungus *Piriformospora indica* under salinity in barley. *Plant Mol. Biol.*,2016; 90: 699–717.
45. Chaverri P, Cattlebury LA, Samuels GJ, Geiser MD. Multilocus phylogenetic structure within the *Trichoderma harzianum*/ *Hypocrea lixii* complex. *Mol. Phylogenet. Evol.*, 2003; 27: 302–313.
46. El Komy MH, Saleh AA, Eranthodi A, Molan YY. Characterization of novel *Trichoderma asperellum* isolates to select effective biocontrol agents against tomato fusarium wilt. *Plant Pathol. J.*, 2015; 31(1): 50–60.
47. Leon VC, Raja M, Pandian RTP, Kumar A, Sharma P. Studies on opportunistic endophytism of *Trichoderma* species in rice (*Pusa Basmati-1* (PB1)). *Indian J. Exp. Biol.*, 2017; 56: 121–128.
48. Yuan ZL, Chen YC, Zhang CL, Lin FC, Chen LQ. *Trichoderma chlorosporum*, a new record of endophytic fungi from *Dendrobium nobile* in China (in Chinese). *Mycosystema*, 2008; 27: 608–610.
49. Hanada RE, de Jorge Souza T, Pomella AW, Hebbbar KP, Pereira JO, Ismaiel A, Samuels GJ. *Trichoderma martiale* sp. nov., a new endophyte from sapwood of *Theobroma cacao* with a potential for biological control. *Mycol Res.*, 2008; 112(Pt 11): 1335–1143.
50. Bae H, Sicher RC, Kim MS, KimSH, Strem MD, MeInice RL, Bailey BA. The beneficial endophyte *Trichoderma hamatum* isolate DS 219b promotes growth and delays the onset of the drought response in *Theobroma cacao*. *Journal of Experimental Botany*, 2009; 60: 3279-3295.
51. Rosmana A, Samuels GJ, Ismaiel A, Ibrahim ES, Chaverri P, Herawati Y, Asman A. *Trichoderma asperellum*: a dominant endophyte species in cacao grown in Sulawesi with potential for controlling vascular streak dieback disease. *Trop. Plant Pathol.*, 2015;40:19–25.
52. Rinu K, Sati P, Pandey A. *Trichoderma gamsii* (NFCCI 2177): A newly isolated endophytic, psychrotolerant, plant growth promoting, and antagonistic fungal strain. *J. Basic Microbiol.*, 2014; 54: 408-417.
53. Chen JL, Sun SZ, Miao CP, Wu K, Chen YW, Xu LH, Guan HL, Zhao LX. Endophytic *Trichoderma gamsii* YIM PH30019: a promising biocontrol agent with hyperosmolar, mycoparasitism, and antagonistic activities of induced volatile organic compounds on root-rot pathogenic fungi of *Panax notoginseng*. *J. Ginseng Res.*, 2016; 40:315–324.
54. Romeralo C, Santamaría O, Pando V, Diez JJ. Fungal endophytes reduce necrosis length produced by *Gremmeniella abietina* in *Pinus halepensis* seedlings. *Biol. Control*, 2015; 80:30–90.
55. Samuels GJ, Dodd SL, Lu BS, Petrini O, Schroer HJ, Druzhinina IS. The *Trichoderma koningii* aggregate species. *Stud. Mycol.*, 2006; 56: 67–133.
56. Druzhinina IS, Seidl-Seiboth, V, Herrera-Estrella A, Horwitz BA, Kenerley CM, Monte E, Mukherjee PK, Zeilinger S, Grigoriev I, Kubicek CP. *Trichoderma*-The

- genomics of opportunistic success. *Nature Reviews Microbiology*, 2011; 9: 749-759.
57. Lorito M, Woo SL, Harman GE, Monte E. Translational research on *Trichoderma*: from omics to the field. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 2010; 48:395-417.
  58. Hermosa R, Botella L, Keck E, Jiménez JA, Montero-Barrientos M, Arbona V, Gómez-Cadenas A, Monte E, Nicolás C. The overexpression in *Arabidopsis thaliana* of a *Trichoderma harzianum* gene that modulates glucosidase activity, and enhances tolerance to salt and osmotic stresses. *J Plant Physiol.*, 2011; 168:1295-1302.
  59. Pieterse CMJ, Reyes AL, Van der Ent S, Van Wees SCM. Networking by small-molecule hormones in plant immunity. *Nature Chemical Biology*, 2009; 5: 308-316.
  60. Salas-Marina MA, Silva-Flores MA, Uresti-Rivera EE, Castro-Longoria E, Herrera-Estrella A, Casas-Flores S. Colonization of *Arabidopsis* roots by *Trichoderma atroviride* promotes growth and enhances systemic disease resistance through jasmonic acid/ethylene and salicylic acid pathways. *European Journal of Plant Pathology*, 2011; 131: 15-26.
  61. Tucci M, Ruocco M, De Masi L, De Palma M, Lorito M. The beneficial effect of *Trichoderma* spp. on tomato is modulated by the plant genotype. *Mol Plant Pathol.* 2011; 12: 341-354.
  62. Sarrocco S, Guidi L, Fambrini S, Degl'Innocenti E, Vannacci G. Competition for cellulose exploitation between *Rhizoctonia solani* and two *Trichoderma* isolated in the decomposition of wheat straw. *J. Plant Pathol.*, 2009; 91: 331-338.
  63. Hjeljord, LG, Stensvand A, Tronsmo A. Effect of temperature and nutrient stress on the capacity of commercial *Trichoderma* products to control *Botrytis cinerea* and *Mucor piriformis* in greenhouse strawberries. *Biolog Control*, 2000; 19: 149-160.
  64. Christian R, Röhrich WM, Jaklitsch H, Voglmayr A, Iversen CZ, Christian B, Henry M, Meinckel R, Komon-Zelazowska M, Druzhinina I, Christian S, Kubicek P, Berg G. Fungal diversity in the rhizosphere of endemic plant species of Tenerife (Canary Islands): relationship to vegetation zones and environmental factors. *ISME J*, 2009; 3: 79-92.
  65. Abbas A, Jiang D, Fu Y. *Trichoderma* spp. as antagonist of *Rhizoctonia solani*. *J. Plant Pathol. Microbiol.*, 2017; 8(3): 402-409.
  66. Rey M, Delgado-Jarana J, Benítez T. Improved antifungal activity of a mutant of *Trichoderma harzianum* CECT 2413 which produces more extracellular proteins. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2001; 55:604-608.
  67. Bull CT, Shetty KG, Subbarao KV. Interactions between Myxobacteria, plant pathogenic fungi, and biocontrol agents. *Plant Dis.*, 2002; 86:889-896.
  68. Viterbo A, Ramot O, Chernin L, Chet I. Significance of lytic enzymes from *Trichoderma* spp. in the biocontrol of fungal plant pathogens. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 2002; 81: 549-556.
  69. Sivan A, Chet I. Degradation fungal cell walls by lytic enzymes of *Trichoderma harzianum* *J. Gen Microbiol.*, 1989; 135: 675-682.
  70. Elad Y. Mycoparasitism. In: Kohmoto, K, Singh, US, Singh, RP (eds) *Pathogenesis and host specificities in plant disease: histopathological, biochemical, genetic and molecular basis, eucaryotes*. Vol. 2. Pergamon, Oxford, 1995. pp 289-307.
  71. Cherif M, Benhamou N. Cytochemical aspects of chitin breakdown during the parasitic action of *Trichoderma* sp. on *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. *Phytopathology*, 1990; 80: 1406-1412.

72. Soglio FK, Bertagnolli BL, Sinclair JB, Yu GY, Eastburn DM. Production of chitinolytic enzymes and endoglucanase in the soybean rhizosphere in the presence of *Trichoderma harzianum* and *Rhizoctonia solani*. Biol. Control, 1998; 12: 111-117.
73. Innocenti G, Roberti R, Montanari M, Zakrisson E. Efficacy of microorganisms antagonistic to *Rhizoctonia ceralis* and their cell wall degrading enzymatic activities. Mycol. Res., 2003; 107 (4): 421-427.
74. Chet, I, Benhamou N, Harman S. Mycoparasitism and lytic enzymes. In: *Trichoderma and Gliocladium* Vol. 2. (Eds.): Harman GE and Kubick CP. London: Taylor and Francis; 1998. pp. 153-172.
75. Steyaert JM, Ridgway HJ, Elad Y, Stewart A. Genetic basis of mycoparasitism: A mechanism of biological control by species of *Trichoderma*. J. Crop. Horticult. Sci., 2003; 31: 281-291.
76. Carsolio, C, Benhamou N, Haran S, Cortes C, Gutierrez A, Chet I, Herrera-Estrella A. Role of the *Trichoderma harzianum* endochitinase gene, ech42, in mycoparasitism. Appl. Environ. Microbiol., 1999; 65: 929-935.
77. Mukherjee KP, Nautiyal CS, Mukhopadhyay AN. Molecular mechanisms of plant and microbe coexistence. Heidelberg: Springer; 2008.
78. Bolar JP, Norelli JL, Wong KW, Hayes, CK, Harman G, Aldwinckle HS. Expression of endochitinase from *Trichoderma harzianum* in transgenic apple increases resistance to apple scab and reduces vigor. Phytopathology, 2000; 90: 72-77.
79. Bolar JP, Norelli JL, Harman GE, Brown SK, Aldwinckle HS. Synergistic activity of endochitinase and exochitinase from *Trichoderma atroviride* (*T. harzianum*) against the pathogenic fungus (*Venturia inaequalis*) in transgenic apple plants. Transgenic Res., 2001; 10(6): 533-543.
80. Mandels M. Microbial sources of cellulase. Biotechnol. Bioeng. Sym. 1975; 5:81-105.
81. Mandels M, Reese ET. Induction of cellulase in *Trichoderma viride* as influenced by carbon sources and metals. J. Bacteriol., 1957; 73: 269-278.
82. Benitez T, Delgado-Jarana J, Rincón AM, Rey M, Limón MC. Biofungicides: *Trichoderma* as a biocontrol agent against phytopathogenic fungi. In: Pandalai SG (ed) Recent research developments in microbiology, Research Signpost, Trivandrum, 1998, 2: 129-150.
83. Lorito M, Woo SL, Garcia-Fernandez I, Colucci G, Harman GE, Pintor-Toro JA, Filippone E, Muccifora S, Lawrence CB, Zoina A, Tuzun S, Scala F. Genes from mycoparasitic fungi as a source for improving plant resistance to fungal pathogens. Proc Natl Acad Sci USA, 1998; 95: 7860-7865.
84. Lorito M, Woo SL, Donzelli B, Scala F. Synergistic, antifungal interactions of chitinolytic enzymes from fungi, bacteria and plants. in: Chitin Enzymology II. Muzzarelli RAA. ed. Atec, Grottammare (AP), Italy. P 157-164. 1996.
85. Sood M, Kapoor D, Kumar V, Sheteiwiy MS, Ramakrishnan M, Landi M, Araniti Fabrizio, Sharma A. *Trichoderma*: The “Secrets” of a Multitalented Biocontrol Agent. Plants, 2020; 9: 762.
86. Harman GE. Multifunctional fungal plant symbionts: new tools to enhance plant growth and productivity. New Phytol., 2011; 189(3): 647-649.
87. Vinale F, Marra R, Scale F, Ghisalberti EL, Lorito M, Sivasithamparam K. Major secondary metabolites produced by two commercial *Trichoderma* strains active different phytopathogens. Letter in Applied Microbiol., 2006; 43: 143-148.
88. Cutler HG, Cox RH, Crumley FG, Cole PD. 6- Pentyl-apryrone from *Trichoderma harzianum*: Its plant growth inhibitory and antimicrobial properties. Agricul Biolog Chem., 1986; 50: 2943-2945.

89. Cutler HG, Himmetsbach DS, Arrendale RF, Cole PD, Cox RH. Koninginin A: a novel plant regulator from *Trichoderma koningii*. *Agricul. Biolog. Chem.*, 1989; 53: 2605-2611.
90. Kashyap PL, Kumar S, Srivastava AK. Nanodiagnosics for plant pathogens. *Environ. Chem. Lett.*, 2017; 15: 7-13.
91. Shores M, Mastouri F and Harman GH. Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. *Annu.Rev. Phytopathol.*, 2010; 48:21-43
92. Chowdappa P, Mohan Kumar SP, Jyothi Lakshmi M, Upreti KK. Growth stimulation and induction of systemic resistance in tomato against early and late blight by *Bacillus subtilis* OTPB1 or *Trichoderma harzianum* OTPB3. *Biol. Control*, 2013; 65(1): 109-11.
93. Zhao L, Liu Q, Zhang Y, Cui Q, Liang Y. Effect of acid phosphatase produced by *Trichoderma asperellum* Q1 on growth of *Arabidopsis* under salt stress. *J. Integr. Agric.*, 2017; 16, 1341-1346.
94. Swain H, Adak T, Mukherjee AK, Mukherjee PK, Bhattacharyya P, Behera S. Novel *Trichoderma* strains isolated from tree barks as potential biocontrol agents and biofertilizers for direct seeded rice. *Microbiol. Res.*, 2018; 214: 83-90.
95. Mastouri F, Thomas B, Harman GE. *Trichoderma harzianum* enhances antioxidant defense of tomato seedlings and resistance to water deficit. *Mol Plant Microbe Interact.*, 2012; 25(9): 1264-1271.
96. Doni F, Al-Shorgani NKN, Tibin EMM, Abuelhassan NN, Anizan I, Che-Radziah CMZ. Microbial involvement in growth of paddy. *Curr Res J Biol Sci*, 2013; 5(6): 285-290.
97. Harman, GE, Petzoldt R, Comis A, Chen J. Interactions between *Trichoderma harzianum* strain T22 and maize inbred line M017 and effects of these interactions on diseases by *Pythium ultimum* and *Collectotrichum graminicola*. *Phytopathol.*, 2004b; 94: 147-153.
98. Woo Sheridan L, Ruocco M, Vinale F, Nigro M, Marra R, Lombardi N, Pascale A, Lanzuise S, Manganiello G, Lorito M. *Trichoderma*-based products and their widespread use in agriculture. *Open Mycol. J.* 2014; 8 (Suppl-1, M 4): 71-126.
99. Yedidia I, Shores M, Kerem Z, Benhamou N, Kapulnik Y, Chet I. Concomitant induction of systemic resistance to *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* in cucumber by *Trichoderma asperellum* (T-203) and accumulation of phytoalexins. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2003; 69: 7343-7353.
100. Hanson LE, Howell CR. Elicitors of plant defence responses from biocontrol strains of *Trichoderma virens*. *Phytopathol.*, 2004; 94: 171-176.
101. Alfano G, Lewis Ivey LM, Cakir C, Bos JIB, Miller SA, Madden Kamoun VL, Hoitink JAH. Systemic modulation of gene S. expression in tomato by *Trichoderma hamatum* 382. *Biolog Control*, 2007; 97: 429-437.
102. Naher L, Ho CL, Tan SG, Yusuf UK, Abdullah F. Cloning transcripts encoding chitinases from *Elaeis guineensis* Jacq. and their expression profiles in response to fungal infections. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 2011; 76: 96-103.
103. Ahmed AS, Sanchez CP, Candela ME. Evaluation of induction of systemic resistance in pepper plants (*Capsicum annuum*) to *Phytophthora capsici* using *Trichoderma harzianum* and its relation with capsidiol accumulation. *Eur. J. Plant Pathol.*, 2000; 106: 817-829.
104. Lo, CT, Liao TF, Deng TC. Induction of systemic resistance of cucumber to cucumber green mosaic virus by the root-colonizing *Trichoderma* spp. *Phytopathol.*, 2000; 90: S47.
105. Bae H, Roberts DP, Lim HS, Strem M, Park SC, Ryu CM. Endophytic *Trichoderma* isolates from tropical environments delay disease and induce resistance against

- Phytophthora capsici* in hot pepper using multiple mechanisms. Mol Plant-Microbe Interact., 2011; 24: 336–351.
106. Hoitink, HAJ, Madden LV, Dorrance AE. Systemic resistance induced by *Trichoderma* spp.: Interactions between the host, the pathogen, the biocontrol agent, and soil organic matter quality. Phytopathol., 2006; 96: 186-189.
  107. De Meyer G, Bigirimana J, Elad Y, Hofte M. Induced systemic resistance in *Trichoderma harzianum* T39 biocontrol of *Botrytis cinerea*. Eur. J. Plant Pathol., 1998; 104: 279–286.
  108. Levy NO, Meller HY, Haile ZM, Elad Y, David E, Jurkevitch E, Katan J. Induced resistance to foliar diseases by soil solarization and *Trichoderma harzianum*. Plant Pathol., 2015; 64: 365–374.
  109. Seaman A. Efcacy of OMRI-approved products for tomato foliar disease control. N Y State Integr Pest Manag Program Publ.,2003; 129: 164–167.
  110. Koike N, Hyakumachi M, Kageyama K, Tsuyumu S, Doke N. Induction of systemic resistance in cucumber against several diseases by plant growth-promoting fungi: lignification and superoxide generation. Eur. J. Plant Pathol. 2001; 107: 523–533.
  111. Shores M, Yedidia I, Chet I. Involvement of jasmonic acid/ ethylene signaling pathway in the systemic resistance induced in cucumber by *Trichoderma asperellum* T203. Phytopathology, 2005; 95: 76–84.
  112. Alizadeh H, Behboudi K, Ahmadzadeh M, Javan-Nikkhah M, Zamioudis C, Pieterse CM, Bakker PA. Induced systemic resistance in cucumber and *Arabidopsis thaliana* by the combination of *Trichoderma harzianum* Tr6 and *Pseudomonas* sp. Ps14. Biol. Control, 2013; 65(1): 14–23.
  113. Salas-Marina MA, Isordia-Jasso M, Islas-Osuna MA, Delgado-Sánchez P, Jiménez-Bremont JF, Rodríguez-Kessler M, Rosales-Saavedra MT, Herrera-Estrella A, Casas-Flores S. The Epl1 and Sm1 proteins from *Trichoderma atroviride* and *Trichoderma virens* differentially modulate systemic disease resistance against different life style pathogens in *Solanum lycopersicum*. Front. Plant Sci., 2015; 6: 77.
  114. Howell CR, Hanson LE, Stipanovic RD, Puckhaber LS. Induction of terpenoid synthesis in cotton roots and control of *Rhizoctonia solani* by seed treatment with *Trichoderma virens*. Phytopathol., 2000; 90: 248-252.
  115. Ajitha PS, Lakshmedevi N. Effect of volatile and von-volatile compounds from *Trichoderma* spp. against *Colletotrichum capsici* incitant of anthracnose on Bell peppers. Nature and Sci., 2010; 8: 265-296.
  116. Sivasithamparam K, Ghisalberti EL. Secondary metabolism in *Trichoderma* and *Gliocladium*. In: *Trichoderma and Gliocladium*. (Eds.): Harman GE and Kubicek CP. Taylor and Francis, London, 1998, 1: 139-191.
  117. Demain AL and Fang A. The natural functions of secondary metabolites. Advances in Biochemi Engineer Biotechnol., 2000; 69: 1-39.
  118. Ghisalberti EL, Narbey MJ, Dewan MM, Sivasithamparam K. Variability among strains of *Trichoderma harzianum* in their ability to reduce take-all and to produce pyrones. Plant and Soil, 1990; 121: 287-291.
  119. Bruckner H, Graf H. Paracelsin, a peptide antibiotic containing alpha-aminoisobutyric acid, isolated from *Trichoderma reesei* Simmons Part A. Experientia., 1983; 139: 528-530.
  120. Bruckner H, Graf H, Bokel M. Paracelsin; characterization by NMR spectroscopy and circular dichroism, and hemolytic properties of a peptaibol antibiotic from the cellulolytically active mold *Trichoderma reesei* Part B. Experientia., 1984; 40: 1189-1197.

121. Reese ET. History of the cellulose program at the U.S. Army Natick development center. *Biotechnol. Bioeng Sympos.*, 1976; 6: 9-20.
122. Galante YM, Conti A and Monteverdi R. Application of *Trichoderma* enzymes in the food and food industries. In: *Trichoderma and Gliocladium*, (Eds.): Harman GE and Kubicek CP. Vol. 2. Taylor and Francis, London, 1998b. pp. 327-342.
123. Galante YM, Conti A and Monteverdi R. Application of *Trichoderma* enzymes in the textile industry. In: *Trichoderma and Gliocladium*, (Eds.): Harman GE and Kubicek CP. Vol. 2. Taylor and Francis, London, 1998a. pp. 311-326.
124. Lin Y and Tanaka S. Ethanol fermentation from biomass resources: current state and prospect. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2006; 69: 627-624.
125. Gimbert HS, Margeor A, Dolla A, Jan G, Molle D, Lignon S, Mathis H, Sigoillot CJ, Monot F and Asther M. Comparative secretoma analyses of two *Trichoderma reesei* RUT-C30 and CL847 hypersecretory strains. *Biotechnol for Biofuels.*, 2008; 1: 18.
126. Nevalainen H, Suominen P, Taimisto K. On the safety of *Trichoderma reesei*. *J. Biotech.*, 1994; 37: 193-200.
127. Schaster A, Schmoll M. Biology and Biotechnology of *Trichoderma*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2010; 87: 787-799.
128. Anis M, Zaki MJ, Dawar S. Development of a Naalginate based bioformulation and its use in the management of charcoal rot sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Pak. J. Bot.*, 2012; 44: 1167-1170.
129. Lumsden, RD, Lewis, JA, Lock JC. Managing soilborne plant pathogens with fungal antagonists. In: *In pest management: Biology based technologies*. American Chemical Society Publishers, Washington, 1993; pp. 196-203.
130. Chou C, Castilla N, Hadi B, Tanaka T, Chib S, Sato I. Rice blast management in Cambodian rice fields using *Trichoderma harzianum* and a resistant variety. *Crop Protect.*, 2020; 135: 104864.
131. Pal KK, Gardener BMS. Biological control of plant pathogens. *The Plant Health Instructor*, 2006; pp 1-25.
132. Kannahi M, Dhivya S, Senthil Kumar R. Biological control on rice false smut disease using *Trichoderma* species. *Int. J. Pure. App. Biosci.*, 2016; 4(2): 311-316.
133. Aggarwal R, Srivastava KD, Singh DV, Bahadur P, Nagarajan S. Possible biocontrol of loose smut of wheat. *J. Bio. Control*, 1991; 6: 114-115.
134. Aggarwal R, Singh DV, Srivastava KD, Bahadur P. The potential of antagonists for biocontrol of *Neovossia indica* causing Karnal bunt of wheat. *Indian J. Biol. Control*, 1996; 9: 69-70.
135. Saravanakumar K, Li Y, Yu C, Wang Q, Wang M, Sun J, Gao J, Chen J. Effect of *Trichoderma harzianum* on maize rhizosphere microbiome and biocontrol of Fusarium Stalk rot. *Sci Rep.*, 2017; 7: 1771.
136. Purohit J, Singh Y, Bisht S, Srinivasaraghvan A. Evaluation of antagonistic potential of *Trichoderma harzianum* and *Pseudomonas fluorescens* isolates against *Gloeocercospora sorghi* causing zonate leaf spot of sorghum. *Bioscan*, 2013; 8(4): 1327-1330.
137. Saber WI, Ghoneem KM, Rashad YM, Al-Askar AA. *Trichoderma harzianum* WKY1: an indole acetic acid producer for growth improvement and anthracnose disease control in sorghum. *Biocontrol Sci. Tech.*, 2017; 27(5): 654-676.
138. Pandey RN, Gohel NM, Jaisani P. Management of wilt and root rot of chickpea caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* and *Macrophomina phaseolina* through seed biopriming and soil application of bio-Agents. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, 2017; 6(5): 2516-2522.



139. Jaisani P, Prajapati HN, Yadav DL, Pandey RN. Seed biopriming and *Trichoderma* enriched FYM based soil application in management of chickpea (*Cicer arietinum* L.) wilt complex. *J Pure Appl Microbiol.*, 2016; 10(3): 2453–2460.
140. Dubey SC, Tripathi A, Singh B. Combination of soil application and seed treatment formulations of *Trichoderma* species for integrated management of wet root rot caused by *Rhizoctonia solani* in chickpea (*Cicer arietinum*). *Indian J Agric Sci.*, 2012; 82(4): 357–364.
141. Ram H, Pandey RN. Efficacy of bio-control agents and fungicides in the management of wilt of pigeon pea. *Indian Phytopath.*, 2011; 64(3): 269–271.
142. Meena BN, Pandey RN, Dama R. Seed bio-priming for management of root rot and blight of mungbean incited by *Macrophomina phaseolina* (Tassi) goid. and *Rhizoctonia solani* Kuhn. *J. Pure Appl. Microbiol.*, 2016; 10(2): 1223–1510.
143. Dubey SC, Patel B. Mass multiplication of antagonists and standardization of effective dose for management of web blight of urd and mung bean. *Indian Phytopath.*, 2002; 55: 338–341.
144. Pandey RN, Gohel NM, Jaisani P. Management of wilt and root rot of chickpea caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* and *Macrophomina phaseolina* through seed biopriming and soil application of bio-Agents. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, 2017; 6(5): 2516–2522.
145. Falah Kuchlan P, Ansari K, Kuchlan MM, Ansari MM. Efficient application of *Trichoderma viride* on soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] seed using thin layer polymer coating. *Legume Res.*, 2019; 42(2): 60–64.
146. Rakholiya KB, Jadeja KB. Effect of seed treatment of biocontrol agents and chemicals for the management of stem and pod rot of groundnut. *Int. J. Plant Prot.*, 2010; 3(2): 276–278.
147. Hossain MH, Hossain I. Evaluation of three botanicals, bavistin and BAU-biofungicide for controlling Leaf spot of groundnut caused by *Cercospora arachidicola* and *Cercosporidium personatum*. *Agriculturists*, 2014; 12(1): 41–49.
148. Hicks E, Bienkowski D, Braithwaite M, Kirstin M, Richard Falloon R, Stewart A. *Trichoderma* strains suppress *Rhizoctonia* diseases and promote growth of potato. *Phytopathologia Mediterranea*, 2014; 53(3): 502–514.
149. Nirmalkar VK, Tiwari RKS, Singh S. Efficacy of bio-agents against damping of in solanaceous crops under nursery conditions. *Int. J. Plant Protect.*, 2018; 11(1): 1–9.
150. Sharon E, Bar-Eyal M, Chet I, Herrera-Estrella A, Kleifeld O, Spiegel Y. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. *Phytopathology*, 2001; 91: 687–693.
151. Yasmeen R, Siddiqui ZS. Physiological responses of crop plants against *Trichoderma harzianum* in saline environment. *Acta Bot. Croat*, 2017; 76(2): 154–162.
152. Hidangmayum A, Dwivedi P. Plant responses to *Trichoderma* spp. and their tolerance to abiotic stresses: a review. *J Pharmacogn Phytochem.*, 2018; 7(1): 758–766.
153. Pandey V, Ansari MW, Tula S, Yadav, Sahoo RK, Shukla N, Bains G. Dose-dependent response of *Trichoderma harzianum* in improving drought tolerance in rice genotypes. *Planta*, 2016; 243: 1251–1264.
154. Harman GE. Myths and dogmas of biocontrol. Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. *Plant Dis.*, 2000; 84: 377–393.
155. Hashem Abeer EF, Abd\_Allah AA, Alqarawi AA, Al Huqail AA, Egamberdieva D. Alleviation of abiotic salt stress in *Ochradenus baccatus* (Del.) by *Trichoderma hamatum* (Bonord.) Bainier. *J. Plant Interact.*, 2014; 9(1): 857–868.

156. Viterbo A, Landau U, Kim S, Chernin L, Chet I. Characterization of ACC deaminase from the biocontrol and plant growth promoting agent *Trichoderma asperellum* T203. FEMS Microbiol. Lett., 2010; 305: 42–48.
157. Zhang M, Liu JM, Zhao JL, Li N, Chen RD, Xie KB, Zhang WJ, Feng KP, Yan Z, Wang N, Dai JG. Two new diterpenoids from the endophytic fungus *Trichoderma* sp. Xy24 isolated from mangrove plant *Xylocarpus granatum*. Chinese Chemical Letters, 2016; 27(6): 957-960.
158. Ahmad P, Abeer H, Elsayed FAA, Alqarawi AA, Rifat J, Dilfuza E. Role of *Trichoderma harzianum* in mitigating NaCl stress in Indian mustard (*Brassica juncea* L.) through antioxidative defense system. Front Plant Sci., 2015; 6: 868.
159. Tellez-Vargas J, Rodríguez-Monroy M, López-Meyer M, Montes-Belmont R, Sepúlveda-Jiménez G. *Trichoderma asperellum* ameliorates phytotoxic effects of copper in onion (*Allium cepa* L.). Environ. Exp. Bot., 2017; 136: 85–93.
160. Cao L, Jiang M, Zeng Z, Du A, Tan H, Liu Y. *Trichoderma atroviride* F6 improves phytoextraction efficiency of mustard (*Brassica juncea* (L.) Coss.var. *foliosa* Bailey) in Cd, Ni contaminated soils. Chemosphere, 2008; 71(9): 1769–1773.
161. Dana MM, Pintor-Toro JA, Cubero B. Transgenic tobacco plants overexpressing chitinases of fungal origin show enhanced resistance to biotic and abiotic stress agents. Plant Physiol., 2006; 142: 722–730.
162. Ghorbanpour A, Salimi A, Ghanbary MAT, Pirdashti H, Dehestani A. The effect of *Trichoderma harzianum* in mitigating low temperature stress in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants. Sci Hortic., 2018; 230: 134–141.
163. Montero-Barrientos M, Hermosa R, Cardoza, RE, Gutierrez S, Nicolás C, Monte E. Transgenic expression of the *Trichoderma harzianum* HSP70 gene increases Arabidopsis resistance to heat and other abiotic stresses. J. Plant Physiol., 2010; 167: 659–665.