T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OSMANCIK-97 VE CAMEO ÇELTİK ÇEŞİTLERİNİN TARIMINDA KULLANILAN BAZI HERBİSİTLERİN MORFOLOJİK, FİZYOLOJİK VE GENETİK ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

GÜLÇİN ALYÜRÜK

DOKTORA TEZİ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Hayati ARDA

EDİRNE-2023

Gülçin ALYÜRÜK'ün hazırladığı "Osmancık-97 ve Cameo Çeltik Çeşitlerinin Tarımında Kullanılan Bazı Herbisitlerin Morfolojik, Fizyolojik ve Genetik Etkilerinin İncelenmesi" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Biyoloji Anabilim Dalında bir Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Hayati ARDA ……

Prof. Dr. Çiler KARTAL ……

Doç. Dr. Armağan KAYA ……

Dr. Öğr. Üyesi Sergun DAYAN ……

Dr. Öğr. Üyesi Orhan Onur AŞKIN ……

Tez Savunma Tarihi: 06/07/2023

Bu tezin Doktora tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Hayati ARDA

Tez Danışmanı

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Hüseyin Rıza Ferhat KARABULUT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ DOKTORA PROGRAMI

DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

06/07/2023

Gülçin ALYÜRÜK

Doktora Tezi

Osmancık-97 ve Cameo Çeltik Çeşitlerinin Tarımında Kullanılan Bazı Herbisitlerin Morfolojik, Fizyolojik ve Genetik Etkilerinin İncelenmesi

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

ÖZET

Çeltik (*Oryza sativa* L.), işlendikten sonra elde edilen ürünü pirinç ile dünya nüfusunun büyük bir bölümünün temel besin ihtiyacını karşılayan önemli bir tahıl çeşididir. Üretimi sırasında karşılaşılan problemlerden biri yabancı otlardır. Üretim sahalarındaki yabancı ot mücadelesi ülkemizde ve dünyada yaygın olarak herbisit kullanımı ile yapılmaktadır. Bu çalışmada çeltik tarımında kullanılan herbisit çeşitlerinin ve bu herbisitlerin farklı doz uygulamalarının tarımı yaygın olarak yapılan çeltik çeşitleri üzerindeki olası etkileri araştırılmıştır. Çeltik çeşidi olarak *Oryza sativa* L. cv. Osmancık-97 ve Cameo, herbisit çeşidi olarak ise quinclorac, cyhalofob butyl, bentazon+MCPA ve bu üç herbisitin belirli oranda karıştırılması sonucunda elde edilen mix kullanılmıştır. Sera koşullarında yürütülen çalışmada, çimlenme sonrası gelişim aşamasındaki çeltik bitkilerine tarımsal kullanım (D doz) ve tarımsal kullanımın iki katı (2D doz) herbisit uygulanmıştır. Fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu dönemlerinde alınan bitki örneklerinin incelenmesi sonucunda, herbisit çeşitlerinin ve farklı doz uygulamalarının oluşturduğu etkiye bağlı morfolojik, fizyolojik ve genetik cevaplar belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, D ve 2D doz herbisit uygulamaları Osmancık-97 ve Cameo çeltik çeşitlerinin boy uzunluğu ve fotosentetik pigment (total klorofil, klorofil a, klorofil b ve karotenoid) miktarlarında azalışa neden olmuştur. Her iki çeltik çeşidine ait MDA seviyeleri herbisit çeşidi ve uygulama dozuna bağlı olarak değişim göstermiştir. Total protein miktarları Osmancık-97 çeşidine ait gruplarda genel olarak artış gösterirken, Cameo çeşidinde azalmıştır. Herbisit çeşidi ve artan doz uygulamalarına bağlı olarak

antioksidan enzim (CuZn-SOD, Mn-SOD, CAT, GPX ve GST) ve ısı şok protein (HSP26, HSP60, HSP70 ve HSP90) gen ifade düzeylerinde artış tespit edilmiştir. Cameo çeşidine ait antioksidan enzim ve HSP gen ifade düzeyleri Osmancık-97 çeşidine kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca her iki çeltik çeşidinin RAPD profillerinde herbisit uygulamalarına bağlı olarak değişim gözlenmiştir. En yüksek bant değişimleri 2D doz herbisit uygulanan gruplarda belirlenmiştir. Her bir herbisit dozu için hesaplanan genomik kalıp kararlılığı (% GTS) değerlerinde doz artışına bağlı olarak azalış tespit edilmiştir.

Çalışmada herbisitlerin çeltik çeşitleri üzerindeki toksik etkilerini belirlemek için kullanılan parametreler içerisinde morfolojik parametrenin tek başına kullanımının yeterli olamayacağı kanısına varılmıştır. Fotosentetik pigment, total protein ve MDA miktarlarındaki değişimlerin her iki çeltik çeşidinde de herbisit kaynaklı fizyolojik tepkileri izlemek için kullanılabilir parametreler olduğu belirlenmiştir. Antioksidan enzim ve HSP gen ifade düzeylerindeki değişim ve RAPD bant profillerindeki farklılıkların belirlenmesi için yapılan analizler herbisitlerin çeltik çeşitleri üzerindeki genotoksik etkisinin belirlenmesini sağlamıştır.

Elde edilen tüm bulgular, üretim sırasında bilinçsiz şekilde aşırı doz herbisit kullanımı ve birden fazla herbisitin karıştırılarak kullanımının çeltik bitkisinin gelişimini olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir. Bu nedenle üretim alanlarında yabancı otlarla mücadelede kullanılan herbisitlerin olumsuz etkilerini azaltmak için yabancı otların çoğalmasını engelleyici bir uygulama olarak çeltik üretiminde çok tercih edilen monokültür tarım yerine polikültür tarım yapılmasını önermekteyiz. Ayrıca gelişen teknolojilerin ürünü olarak yabancı ot ve hastalıkların bulunduğu bölgelerin tespit edilip ilaçlanmasında drone kullanımının aşırı doz kullanım riskini ortadan kaldırılabileceğini düşünmekteyiz.

Yıl **:** 2023

Sayfa Sayısı **:** 252

Anahtar Kelimeler **:** *Oryza sativa* L., Herbisit, Fotosentetik pigment, Malondialdehit (MDA), Total protein, Antioksidan enzim, Isı şok proteini (HSP), RAPD

Doctoral Thesis

Investigation of Morphological, Physiological and Genetic Effects of Some Herbicides Used in Cultivation of Osmancık-97 and Cameo Rice Varieties

Trakya University Institute of Natural and Applied Sciences

Biology Department

ABSTRACT

Paddy (*Oryza sativa* L.) is a significant grain that provides a substantial portion of the world's population with its fundamental nutritional needs in the form of processed rice. One of the problems encountered during its production is weeds. Weeds are a particular problem faced throughout its production. Control of weeds in production areas in Turkiye and in other countries of the world is achieved with the common use of herbicides. In the present study, the potential effects of several herbicide types used in the cultivation of rice and the various doses of these herbicides on frequently used rice cultivars. Paddy cultivars included *Oryza sativa* L. cv. Osmanck-97 and Cameo, and the herbicides included quinclorac, cyhalofob butyl, bentazone+MCPA, and the mixture produced by combining these three in a certain ratio. In the study conducted in a greenhouse, rice plants were treated with agricultural use (D dose) and twice the agricultural use (2D dose) doses of the herbicides at the post-germination stage of growth. By analyzing plant samples collected throughout the seedling, stem, and cluster formation phases; morphological, physiological, and genetic responses based on the impact of various herbicide types and dose treatments were identified.

According to the results obtained, D and 2D dose herbicide applications caused a decrease in the height and photosynthetic pigment (total chlorophyll, chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid) amounts of Osmancık-97 and Cameo paddy cultivars. MDA levels of both paddy cultivars varied depending on the herbicide type and application dose. While the total protein amounts generally increased in Osmancık-97

cultivars, they decreased in Cameo cultivars. Depending on the herbicide type and increasing dose applications, an increase was detected in antioxidant enzymes (CuZn-SOD, Mn-SOD, CAT, GPX and GST) and gene expression levels of heat shock proteins (HSP26, HSP60, HSP70 and HSP90). Antioxidant enzyme and HSP gene expression levels of Cameo cultivar were higher than Osmancik-97 cultivar. In addition, changes were observed in the RAPD profiles of both paddy cultivars depending on the herbicide applications. The highest band changes were determined in the 2D dose herbicide applied groups. A decrease was detected in the genomic template stability (% GTS) values calculated for each herbicide dose depending on the dose increase.

The study came to the conclusion that it would not be sufficient to identify the toxic effects of herbicides on paddy cultivars just based on morphological parameters. The change patterns in the levels of photosynthetic pigment, total protein and MDA were found to be parameters that may be used to monitor the physiological reactions caused by herbicides in both paddy cultivars. The analyses carried out to reveal variations in antioxidant enzyme and HSP gene expression levels and alterations in RAPD band patterns contributed to determination of genotoxic effects of herbicides on paddy cultivars.

The overall findings demonstrated that unconscious and overdose use of herbicides during production, and the use of herbicides by mixing more than one type negatively affected the growth of rice plants. Therefore, we advise polyculture agriculture over monoculture agriculture, which is highly preferred in the production of rice, as a method to avoid the spread of weeds in order to limit the detrimental effects of herbicides used to combat weeds in production areas. We also believe that the employment of drones, as a result of evolving technology, in weed detection and disease spraying operations can remove the risk of overdose applications.

Year **:** 2023

Number of Pages **:** 252

Keywords **:** *Oryza sativa* L., Herbicide, Photosynthetic pigment, Malondialdehyde (MDA), Total protein, Antioxidant enzyme, Heat shock protein (HSP), RAPD

TEŞEKKÜR

Gerek yüksek lisans gerekse doktora çalışmamın her aşamasında bana verdiği destek ve gösterdiği sabırdan dolayı çok değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hayati ARDA'ya (Trakya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Botanik Anabilim Dalı),

Eğitim ve tez dönemim süresince değerli bilgilerini benimle paylaşan, tez izleme komitesinde yer alan hocalarım Sayın Prof. Dr. Çiler KARTAL'a (Trakya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Botanik Anabilim Dalı) ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sergun DAYAN'a (Trakya Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü),

Tez çalışmalarımı gerçekleştirdiğim Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Başkanı Sayın Prof. Dr. Yılmaz ÇAMLITEPE'ye, tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan ve laboratuvar çalışmalarımı gerçekleştirmemi sağlayan Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı öğretim üyeleri Sayın Prof. Dr. Oğuzhan DOĞANLAR ve Sayın Prof. Dr. Zeynep Banu DOĞANLAR'a,

Çalışmamda kullandığım çeltik çeşidi tohumlarının teminini sağlayan Dr. Halil SÜREK'e,

Bu çalışmayı 2019/130 Nolu proje kapsamında destekleyen Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne,

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteği ile her zaman yanımda olan sevgili aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Gülçin ALYÜRÜK

Edirne, 2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET iv
ABSTRACT vi
TEŞEKKÜR viii
İÇİNDEKİLER ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xiv
ŞEKİLLER DİZİNİ xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ xxiii
BÖLÜM 1 1
GİRİŞ 1
BÖLÜM 2 3
GENEL BİLGİLER 3
2.1. Çeltik (*Oryza sativa* L.) 3
2.2. Dünyada ve Türkiye'de Çeltik Üretimi 6
2.2.1. Dünyada Çeltik Üretimi 6
2.2.2. Türkiye'de Çeltik Üretimi 6
2.3. Çeltik Üretiminde Sorun Olan Yabancı Ot Çeşitleri 9
2.4. Yabancı Otlarla Mücadele Yöntemleri 10
2.4.1. Kimyasal Mücadele Yöntemi 12
2.5. Çeltik Üretiminde Stres Nedenleri 16
2.5.1. Oksidatif Stres 18
2.5.2. Serbest Radikaller 19
2.5.2.1. Reaktif Oksijen Türleri 19

2.5.3. Antioksidan Savunma Sistemleri 22
2.5.4. Reaktif Oksijen Türleri ve Fotosentez 26
2.5.5. Reaktif Oksijen Türlerinin Lipidler Üzerindeki Etkisi 26
2.5.6. Reaktif Oksijen Türlerinin Proteinler Üzerindeki Etkisi 28
2.5.7. Reaktif Oksijen Türlerinin DNA Üzerindeki Etkisi 28
2.5.8. Isı Şok Protein Ailesi 29
BÖLÜM 3 32
MATERYAL METOD 32
3.1 Materyal 32
3.2. Bitkilerin Yetiştirilmesi 34
3.3. Herbisit Uygulaması ve Örneklerin Alınması 36
3.4. Fotosentetik Pigment Analizi 39
3.5. Malondialdehit Analizi 40
3.6. Total Protein Analizi 40
3.7. Rastgele Çoğaltılmış Polimorfik DNA (RAPD) Testi 41
3.7.1. DNA İzolasyonu 41
3.8. RNA İzolasyonu ve cDNA Sentezi 43
3.8.1. RNA İzolasyonu 43
3.8.2. cDNA Sentezi 44
3.8.2.1. Gerçek Zamanlı Polimeraz Zincir Reaksiyonu (qRT-PCR) 45
3.9. İstatistiksel Analizler 46
BÖLÜM 4 48
SONUÇLAR 48
4.1. Morfolojik Analiz Sonuçları 48
4.2. Pigment Analiz Sonuçları 55
4.2.1. Osmancık-97 Çeltik Çeşidi Pigment Analiz Sonuçları 55

4.2.1.1. Fide Dönemi Pigment Analiz Sonuçları 55
4.2.1.2. Sapa Kalkma Dönemi Pigment Analiz Sonuçları 59
4.2.1.3. Salkım Oluşumu Dönemi Pigment Analiz Sonuçları 63
4.2.2. Cameo Çeltik Çeşidi Pigment Analiz Sonuçları 67
4.2.2.1. Fide Dönemi Pigment Analiz Sonuçları 67
4.2.2.2. Sapa Kalkma Dönemi Pigment Analiz Sonuçları 72
4.2.2.3. Salkım Oluşumu Dönemi Pigment Analiz Sonuçları 76
4.3. MDA Analiz Sonuçları 80
4.3.1. Osmancık-97 Çeltik Çeşidi MDA Analiz Sonuçları 80
4.3.1.1. Fide Dönemi MDA Analiz Sonuçları 80
4.3.1.2. Sapa Kalkma Dönemi MDA Analiz Sonuçları 81
4.3.1.3. Salkım Oluşumu Dönemi MDA Analiz Sonuçları 82
4.3.2. Cameo Çeltik Çeşidi MDA Analiz Sonuçları 83
4.3.2.1. Fide Dönemi MDA Analiz Sonuçları 83
4.3.2.2. Sapa Kalkma Dönemi MDA Analiz Sonuçları 85
4.3.2.3. Salkım Oluşumu Dönemi MDA Analiz Sonuçları 86
4.4. Total Protein Analiz Sonuçları 87
4.4.1. Osmancık-97 Çeltik Çeşidi Total Protein Sonuçları 87
4.4.1.1. Fide Dönemi Total Protein Sonuçları 87
4.4.1.2. Sapa Kalkma Dönemi Total Protein Sonuçları 88
4.4.1.3. Salkım Oluşumu Dönemi Total Protein Sonuçları 90
4.4.2. Cameo Çeltik Çeşidi Total Protein Analiz Sonuçları 91
4.4.2.1. Fide Dönemi Total Protein Analiz Sonuçları 91
4.4.2.2. Sapa Kalkma Dönemi Total Protein Analiz Sonuçları 93
4.4.2.3. Salkım Oluşumu Dönemi Total Protein Analiz Sonuçları 93
4.5. Antioksidan Gen Analiz Sonuçları 95

4.5.1. Osmancık-97 Çeltik Çeşidi Antioksidan Gen Analiz Sonuçları 95
4.5.1.1. Fide Dönemi Antioksidan Gen Analiz Sonuçları 95
4.5.1.2. Sapa Kalkma Dönemi Antioksidan Gen Analiz Sonuçları 100
4.5.1.3. Salkım Oluşumu Dönemi Antioksidan Gen Analiz Sonuçları 105
4.5.2. Cameo Çeltik Çeşidi Antioksidan Gen Analiz Sonuçları 110
4.5.2.1. Fide Dönemi Antioksidan Gen Analiz Sonuçları 110
4.5.2.2. Sapa Kalkma Dönemi Antioksidan Gen Analiz Sonuçları 115
4.5.2.3. Salkım Oluşumu Dönemi Antioksidan Gen Analiz Sonuçları 120
4.6. HSP Analiz Sonuçları 125
4.6.1. Osmancık-97 Çeltik Çeşidi HSP Analiz Sonuçları 125
4.6.1.1. Fide Dönemi HSP Analiz Sonuçları 125
4.6.1.2. Sapa Kalkma Dönemi HSP Analiz Sonuçları 129
4.6.1.3. Salkım Oluşumu Dönemi HSP Analiz Sonuçları 133
4.6.2. Cameo Çeltik Çeşidi HSP Analiz Sonuçları 137
4.6.2.1. Fide Dönemi HSP Analiz Sonuçları 137
4.6.2.2. Sapa Kalkma Dönemi HSP Analiz Sonuçları 141
4.6.2.3. Salkım Oluşumu Dönemi HSP Analiz Sonuçları 145
4.7. RAPD DNA Polimorfizmi 149
4.7.1. Osmancık-97 Çeltik Çeşidi RAPD DNA Polimorfizmi 149
4.7.1.1. Fide Dönemi RAPD DNA Polimorfizmi 149
4.7.1.2. Sapa Kalkma Dönemi RAPD DNA Polimorfizmi 153
4.7.1.3. Salkım Oluşumu Dönemi RAPD DNA Polimorfizmi 157
4.7.2. Cameo Çeltik Çeşidi RAPD DNA Polimorfizmi 161
4.7.2.1. Fide Dönemi RAPD DNA Polimorfizmi 161
4.7.2.2. Sapa Kalkma Dönemi RAPD DNA Polimorfizmi 165
4.7.2.3. Salkım Oluşumu Dönemi RAPD DNA Polimorfizmi 169

4.8. Genomik Kalıp Kararlılığı 172
4.8.1. Osmancık-97 Çeşidine Ait Genomik Kalıp Kararlılığı Sonuçları 172
4.8.2. Cameo Çeşidine ait Genomik Kalıp Kararlılığı Sonuçları 176
TARTIŞMA 180
KAYNAKLAR 195
EKLER 219
ÖZGEÇMİŞ 228

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

% : Yüzde Değer

β : Beta

ºC : Santigrat derece

µl : Mikrolitre

xg : Gravite

A : Ölçülen absorbans değeri

APX : Askorbat peroksidaz

bp : Baz çifti

CAT : Katalaz

cDNA : Komplementer DNA

cm : Santimetre

Cu **:** Bakır

DHAR : Dehidroaskorbat redüktaz

Fe : Demir

ha : Hektar

H^+ : Hidrojen

H_2O_2 : Hidrojen peroksit

HO^- : Hidroksil radikali

gr : Gram

GR : Glutatyon redüktaz

GSH : Glutatyon

GSSG : Glutatyon disülfit

GST : Glutatyon S-transferaz

GPX : Glutatyon peroksidaz

HSP 26 : Isı şok proteini 26

HSP 40 : Isı şok proteini 40

HSP 60 : Isı şok proteini 60

HSP 70 : Isı şok proteini 70

HSP 90 : Isı şok proteini 90

HSP 100 : Isı şok proteini 100

kDa : Kilodalton

KCN : Potasyum siyanür

Kl a : Klorofil a

Kl b : Klorofil b

kg : Kilogram

MAPK : Mitojenle aktive olan protein kinaz

MDA : Malondialdehit

MDHAR : Monodehidroaskorbat redüktaz

mg : Miligram

ml : Mililitre

M.Ö. : Milattan önce

M.S. : Milattan sonra

NADPH : Nikotinamid adenin dinükleotit fosfat

ng : Nanogram

nmol : Nanomol

nm : Nanometre

O_2 : Oksijen

O_2^- : Süperoksit radikali

$^1O_2$	: Singlet oksijen
POD	: Peroksidaz
PUFA	: Doymamış yağ asitleri
rpm	: Dakikadaki dönme sayısı
ROS	: Reaktif oksijen türleri
RNS	: Reaktif nitrojen türleri
RT-PCR	: Gerçek zamanlı polimeraz zincir reaksiyonu analizi
Se-GPX	: Selenyuma bağımlı glutatyon peroksidaz
sHSP	: Küçük ısı şoku proteinleri
SOD	: Süperoksit dismutaz
TCA	: Trikoloroasetik asit
TBA	: Thiobarbiturik asit

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Çeltiğin yetişme periyodu. 4
Şekil 2.2. Quincloracın kimyasal yapısı 13
Şekil 2.3. Cyhalofop-butyl kimyasal yapısı 14
Şekil 2.4. Bentazonun kimyasal yapısı 15
Şekil 2.5. MCPA'nın kimyasal yapısı 16
Şekil 2.6. Stres faktörlerinin bitki üzerindeki sonuçları. 18
Şekil 2.7. Bitki hücresinde ROS üretimi 20
Şekil 2.8. Bitkilerde antioksidan savunma mekanizmalarının ana hatları; (A) antioksidan türleri, (B) ROS'u detoksifiye etmek için kullanılan antioksidanların mekanizması. 23

Şekil 3.1. Çeltik tohumlarının ekimi. 34
Şekil 3.2. Çeltik bitkilerinin fide dönemine ait genel görünüşü. 37
Şekil 3.3. Çeltik bitkilerinin sapa kalkma dönemine ait genel gönüşü. 38
Şekil 3.4. Çeltik bitkilerinin salkım oluşumu dönemine ait genel görünüşü. 38
Şekil 3.5. Çeltik bitkilerinin salkım oluşumu dönemine ait genel görünüşü. 39

Şekil 4.1. Çeltik fidelerinin genel görünüşü. 49
Şekil 4.2. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi örnekleri. 50
Şekil 4.3. Cameo çeşidi fide dönemi örnekleri. 51
Şekil 4.4. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi örnekleri. 52
Şekil 4.5. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi örnekleri. 52
Şekil 4. 6. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi örnekleri. 53
Şekil 4.7. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi örnekleri. 54
Şekil 4.8. Osmancık-97 fide dönemi total klorofil analiz sonuçları. 56
Şekil 4.9. Osmancık-97 fide dönemi klorofil a analiz sonuçları. 57
Şekil 4.10. Osmancık-97 fide dönemi klorofil b analiz sonuçları. 58
Şekil 4.11. Osmancık-97 fide dönemi karotenoid analiz sonuçları. 59
Şekil 4.12. Osmancık-97 sapa kalkma dönemi total klorofil analiz sonuçları. 60
Şekil 4.13. Osmancık-97 sapa kalkma dönemi klorofil a analiz sonuçları. 61

Şekil 4.14. Osmancık-97 sapa kalkma dönemi klorofil b analiz sonuçları. 62
Şekil 4.15. Osmancık-97 sapa kalkma dönemi karotenoid analiz sonuçları. 63
Şekil 4.16. Osmancık-97 salkım oluşumu dönemi total klorofil analiz sonuçları. 64
Şekil 4.17. Osmancık-97 salkım oluşumu dönemi klorofil a analiz sonuçları. 65
Şekil 4.18. Osmancık-97 salkım oluşumu dönemi klorofil b analiz sonuçları. 66
Şekil 4.19. Osmancık-97 salkım oluşumu dönemi karotenoid analiz sonuçları. 67
Şekil 4.20. Cameo fide dönemi total klorofil analiz sonuçları. 68
Şekil 4.21. Cameo fide dönemi klorofil a analiz sonuçları. 69
Şekil 4.22. Cameo fide dönemi klorofil b analiz sonuçları. 70
Şekil 4.23. Cameo fide dönemi karotenoid analiz sonuçları. 71
Şekil 4.24. Cameo sapa kalkma dönemi total klorofil analiz sonuçları. 72
Şekil 4.25. Cameo sapa kalkma dönemi klorofil a analiz sonuçları. 73
Şekil 4.26. Cameo sapa kalkma dönemi klorofil b analiz sonuçları. 74
Şekil 4.27. Cameo sapa kalkma dönemi karotenoid analiz sonuçları. 75
Şekil 4.28. Cameo salkım oluşumu dönemi total klorofil analiz sonuçları. 76
Şekil 4.29. Cameo salkım oluşumu dönemi klorofil a analiz sonuçları. 77
Şekil 4.30. Cameo salkım oluşumu dönemi klorofil b analiz sonuçları. 78
Şekil 4.31. Cameo salkım oluşumu dönemi karotenoid analiz sonuçları. 79
Şekil 4.32. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi MDA analiz sonuçları. 81
Şekil 4.33. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi MDA analiz sonuçları. 82
Şekil 4.34. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi MDA analiz sonuçları. 83
Şekil 4.35. Cameo çeşidi fide dönemi MDA analiz sonuçları. 84
Şekil 4.36. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi MDA analiz sonuçları. 85
Şekil 4.37. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi MDA analiz sonuçları. 87
Şekil 4.38. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi total protein analiz sonuçları. 89
Şekil 4.39. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi total protein analiz sonuçları. 89
Şekil 4.40. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi total protein analiz sonuçları. 91
Şekil 4.41. Cameo çeşidi fide dönemi total protein analiz sonuçları. 92
Şekil 4.42. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi total protein analiz sonuçları. 94
Şekil 4.43. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi total protein analiz sonuçları. 94
Şekil 4.44. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi CuZn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. ... 96
Şekil 4.45. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi Mn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. 97

Şekil 4.46. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi CAT gen ifade düzeyi sonuçları. 98
Şekil 4.47. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi GPX gen ifade düzeyi sonuçları. 99
Şekil 4.48. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi GST gen ifade düzeyi sonuçları. 100
Şekil 4.49. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi CuZn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. 101
Şekil 4.50. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi Mn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. 102
Şekil 4.51. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi CAT gen ifade düzeyi sonuçları. 103
Şekil 4.52. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi GPX gen ifade düzeyi sonuçları. 104
Şekil 4.53. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi GST gen ifade düzeyi sonuçları. 105
Şekil 4.54. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi CuZn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. 106
Şekil 4.55. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi Mn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. 107
Şekil 4.56. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi CAT gen ifade düzeyi sonuçları. 108
Şekil 4.57. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi GPX gen ifade düzeyi sonuçları. 109
Şekil 4.58. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi GST gen ifade düzeyi sonuçları. 110
Şekil 4.59. Cameo çeşidi fide dönemi CuZn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. 111
Şekil 4.60. Cameo çeşidi fide dönemi Mn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. 112
Şekil 4.61. Cameo çeşidi fide dönemi CAT gen ifade düzeyi sonuçları. 113
Şekil 4.62. Cameo çeşidi fide dönemi GPX gen ifade düzeyi sonuçları. 114
Şekil 4.63. Cameo çeşidi fide dönemi GST gen ifade düzeyi sonuçları. 115
Şekil 4.64. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi CuZn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. 116
Şekil 4.65. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi Mn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. . 117
Şekil 4.66. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi CAT gen ifade düzeyi sonuçları. 118

Şekil 4.67. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi GPX gen ifade düzeyi sonuçları. 119
Şekil 4.68. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi GST gen ifade düzeyi sonuçları. 120
Şekil 4.69. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi CuZn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. 121
Şekil 4.70. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi Mn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. 122
Şekil 4.71. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi CAT gen ifade düzeyi sonuçları. .. 123
Şekil 4.72. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi GPX gen ifade düzeyi sonuçları. .. 124
Şekil 4.73. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi GST gen ifade düzeyi sonuçları.... 125
Şekil 4.74. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi HSP26 gen ifade düzeyi sonuçları. 126
Şekil 4.75. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi HSP60 gen ifade düzeyi sonuçları. 127
Şekil 4.76. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi HSP70 gen ifade düzeyi sonuçları. 128
Şekil 4.77. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi HSP90 gen ifade düzeyi sonuçları. 129
Şekil 4.78. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi HSP26 gen ifade düzeyi sonuçları. 130
Şekil 4.79. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi HSP60 gen ifade düzeyi sonuçları. 131
Şekil 4.80. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi HSP70 gen ifade düzeyi sonuçları. 132
Şekil 4.81. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi HSP90 gen ifade düzeyi sonuçları. 133
Şekil 4.82. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi HSP26 gen ifade düzeyi sonuçları. 134
Şekil 4.83. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi HSP60 gen ifade düzeyi sonuçları. 135
Şekil 4.84. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi HSP70 gen ifade düzeyi sonuçları. 136
Şekil 4.85. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi HSP90 gen ifade düzeyi sonuçları. 137
Şekil 4.86. Cameo çeşidi fide dönemi HSP26 gen ifade düzeyi sonuçları. 138
Şekil 4.87. Cameo çeşidi fide dönemi HSP60 gen ifade düzeyi sonuçları. 139
Şekil 4.88. Cameo çeşidi fide dönemi HSP70 gen ifade düzeyi sonuçları. 140

Şekil 4.89. Cameo çeşidi fide dönemi HSP90 gen ifade düzeyi sonuçları. 141
Şekil 4.90. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi HSP26 gen ifade düzeyi sonuçları. 142
Şekil 4.91. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi HSP60 gen ifade düzeyi sonuçları. 143
Şekil 4.92. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi HSP70 gen ifade düzeyi sonuçları. 144
Şekil 4.93. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi HSP70 gen ifade düzeyi sonuçları. 145
Şekil 4.94. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi HSP26 gen ifade düzeyi sonuçları. 146
Şekil 4.95. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi HSP60 gen ifade düzeyi sonuçları. 147
Şekil 4.96. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi HSP70 gen ifade düzeyi sonuçları. 148
Şekil 4.97. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi HSP90 gen ifade düzeyi sonuçları. 149
Şekil 4.98. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi örneklerinin 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri kullanılarak elde edilen jel görüntüsü. 152
Şekil 4.99. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi örneklerinin 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri kullanılarak elde edilen jel görüntüsü. . 156
Şekil 4.100. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi örneklerinin 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri kullanılarak elde edilen jel görüntüsü. 160
Şekil 4.101. Cameo çeşidi fide dönemi örneklerinin 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri kullanılarak elde edilen jel görüntüsü. 164
Şekil 4.102. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi örneklerinin 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri kullanılarak elde edilen jel görüntüsü. . 168
Şekil 4.103. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi örneklerinin 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri kullanılarak elde edilen jel görüntüsü. . 171
Şekil 4.104. Osmancık-97 fide dönemi genomik kalıp kararlılığı (% GTS) sonuçları. 173
Şekil 4.105. Osmancık-97 sapa kalkma dönemi genomik kalıp kararlılığı (% GTS) sonuçları. 174
Şekil 4.106. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi genomik kalıp kararlılığı (% GTS) sonuçları. 175
Şekil 4.107. Cameo çeşidi fide dönemi genomik kalıp kararlılığı (% GTS) sonuçları. 177

Şekil 4.108. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi genomik kalıp kararlılığı (% GTS) sonuçları. 178
Şekil 4.109. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi genomik kalıp kararlılığı (% GTS) sonuçları. 179

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Dünya genelinde yıllara göre çeltik ekim alanı, üretim ve verim miktarı değişimleri. 7
Çizelge 2.2. Türkiye'de yıllara göre çeltik ekiliş alanı, üretim, tüketim ve verim miktarı değişimleri. 8
Çizelge 2.3. Bölgelere göre çeltik üretimi. 8
Çizelge 2.4. İllere göre çeltik üretimi. 9
Çizelge 2.5. Bitkilerde biyotik ve abiyotik stres faktörleri 17

Çizelge 3.1. Herbisitler hakkında genel bilgi. 33
Çizelge 3.2. Hoagland besin çözeltisi için hazırlanan stok çözeltiler. 35
Çizelge 3.3. Çeltik çeşitlerine uygulanan herbisit miktarları. 36
Çizelge 3.4. Kullanılan primer sırası ve baz dizilimleri. 43
Çizelge 3.5. RNA'dan cDNA elde edilmesi işleminde hazırlanan bir reaksiyonluk karışım için gerekli malzemeler ve kullanım miktarları. 45
Çizelge 3.6. cDNA PCR koşulları. 45
Çizelge 3.7. qRT-PCR protokolü. 46
Çizelge 3.8. qRT-PCR reaksiyonu için kullanılan primer dizileri. 46

Çizelge 4.1. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerlerinde kontrole göre yeni oluşan (Y) ve kaybolan (K) bantlar (baz çifti). 151
Çizelge 4.2. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerlerinde kontrole göre yeni oluşan (Y) ve kaybolan (K) bantlar (baz çifti). 155
Çizelge 4.3. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerlerinde kontrole göre yeni oluşan (Y) ve kaybolan (K) bantlar (baz çifti). 159

Çizelge 4.4. Cameo çeşidi fide dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerlerinde kontrole göre yeni oluşan (Y) ve kaybolan (K) bantlar (baz çifti). 163
Çizelge 4.5. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerlerinde kontrole göre yeni oluşan (Y) ve kaybolan (K) bantlar (baz çifti). 167
Çizelge 4.6. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerlerinde kontrole göre yeni oluşan (Y) ve kaybolan (K) bantlar (baz çifti). 170
Çizelge 4.7. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri için hesaplanan genomik kalıp kararlılığı (% GTS) değerleri. 173
Çizelge 4.8. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri için hesaplanan genomik kalıp kararlılığı (% GTS) değerleri. 174
Çizelge 4.9. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri için hesaplanan genomik kalıp kararlılığı (% GTS) değerleri. 175
Çizelge 4.10. Cameo çeşidi fide dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri için hesaplanan genomik kalıp kararlılığı (% GTS) değerleri. 177
Çizelge 4.11. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri için hesaplanan genomik kalıp kararlılığı (% GTS) değerleri. 178
Çizelge 4.12. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri için hesaplanan genomik kalıp kararlılığı (% GTS) değerleri. 179

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Dünya genelinde tarım alanlarının son sınırına ulaşılmış olması, kırsal nüfustaki azalış, her geçen gün hızla artan dünya nüfusu ve özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde meydana gelen yetersiz beslenme sorunları ve kıtlık nedeniyle birim alandan yüksek verim alabilme olanaklarının artırılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu noktada tarım alanlarında nitelikli tohum kullanımı, sulama olanaklarının arttırılması, kimyasal gübrelerin zamanında ve belirlenen miktarda uygulanması ve makineleşme gibi önemli etkenlerin yanı sıra bilinçli ve kontrollü pestisit kullanımı ile verim artışı önem kazanmıştır (Ayyıldız, 2022; Bayramoğlu, 2010; Eryılmaz & Kılıç, 2018).

Tarımsal üretimde pestisit, hastalık, zararlı ve yabancı otları kontrol altına almak ya da yok etmek ve bu yolla tarımsal üretim miktarı ve ürün kalitesinde artış sağlanmak amacıyla kullanılmaktadır. Diğer zirai mücadele yöntemlerine kıyasla kullanım kolaylığı, kısa sürede etkili sonuç vermesi, bilinçli ve kontrollü kullanıldığında ekonomik olması gibi olumlu özellikleri nedeniyle günümüzde üreticiler tarafından daha fazla tercih edilir hale gelmiştir. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de kullanımı her geçen gün istikrarlı bir şekilde artarak devam etmektedir (Katip, 2019).

Pestisitlerin tarımsal üretimde kullanılması ile birlikte hem dünya genelinde gıda üretim miktarı artmış hem de daha kaliteli ürün elde edilmiştir. Bilinçli ve kontrollü kullanımı sonucunda çoğunlukla olumlu sonuçlar elde edilmiş, zararlı organizmaların

etkili bir şekilde kontrol edilmesine olanak sağlanmıştır (Tiryaki vd., 2010). Üretimde pestisit kullanımından vazgeçilmesi durumunda elde edilen üründe kalite ve verimin % 60'a varan oranda azalacağı ve üretim değerinin önemli ölçüde düşeceği ifade edilmektedir (Zhang, 2018). Fakat bu olumlu özelliklerinin yanında pestisitlerin gerek kullanım hataları gerekse yapısal özellikleri nedeniyle çevre, doğal denge, insan, hayvan ve bitkiler gibi birçok canlı üzerinde olumsuz etkileri de mevcuttur. Tarım alanlarında pestisit kullanımının yoğunlaşması, yanlış doz ve sıklıkta pestisit uygulamalarının yapılması çevre üzerindeki baskıyı arttırmaktadır (Arslan & Çiçekgil, 2018; Ayyıldız, 2022; Tiryaki vd., 2010). Literatürdeki pek çok çalışma da pestisit kullanımının verimliliğe önemli ölçüde katkı sağladığını ancak zamanla daha fazla oranda çevre ve canlılar üzerinde tahribata yol açtığını destekler niteliktedir (Hedlund vd., 2020; Tudi vd., 2021; Zhang, 2018).

Yapılan tez çalışmasında, bir pestisit alt grubu olan ve yabancı otların kontrolünde kullanılan herbisit çeşitlerinin ve bu herbisitlerin farklı doz uygulamalarının, çeltik çeşitleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla quinclorac, cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA etken maddelerini içeren herbisitler ve bu herbisitlerin belirli oranlarda karıştırılması sonucu oluşturulan mix, D doz (tarımsal kullanım) ve 2D doz (tarımsal kullanımın iki katı) olarak *Oryza sativa* L. cv. Osmancık-97 ve Cameo'ya uygulanmıştır. Uygulama sonucunda fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu dönemlerinde bitki örnekleri alınarak herbisitlerin olası etkilerini belirlemek amacıyla;

- ✓ boy uzunlukları,
- ✓ fotosentetik pigmet (total klorofil, klorofil a, klorofil b, karotenoid), malondialdehit (MDA) ve total protein miktarları,
- ✓ süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GPX) glutatyon S-transferaz (GST) ve ısı şoku proteinlerinin (HSP26, HSP60, HSP70 ve HSP 90) gen ifade düzeyleri,
- ✓ ve DNA hasarının belirlenmesi için gerekli analizler yapılmış, elde edilen veriler yapılan istatistik analizler sonucunda değerlendirilmiştir.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

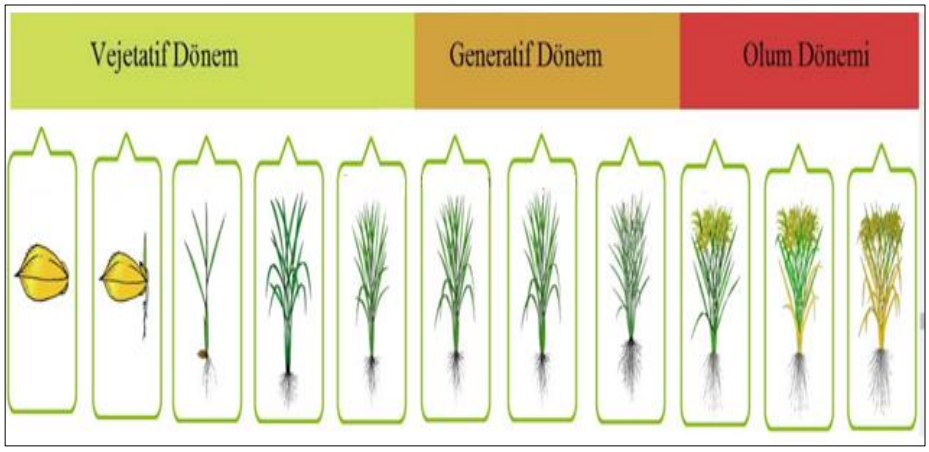
2.1. Çeltik (*Oryza sativa* L.)

Poaceae familyasının Poaideae alt familyasına ait Oryzeae oymağına altında sınıflandırılan çeltik (*Oryza sativa* L.), fabrikasyon sürecinde işlendikten sonra elde edilen ürünü (pirinç) ile dünya nüfusunun yaklaşık yarısından fazlasının temel besin ihtiyacını karşılayan önemli bir tarım bitkisidir (Sezer vd., 2012). Bileşiminde az miktarda protein bulunmasına karşın beslenme için gerekli amino asitlerce zengin olması nedeniyle insan beslenmesinde buğdaydan sonra en çok kullanılan tahıl çeşididir (Yılmaz & Avkıran, 2019). *Oryza* cinsine ait 22'si yabani olmak üzere 24 tür bulunmaktadır. Bu türler içerisinde Asya pirinci olarak bilinen *Oryza sativa* ve Afrika pirinci olarak bilinen *Oryza glaberrima* Steud. kültürü yapılan türlerdir (Dogara & Jumare, 2014; Mohidem et al., 2022; Ndjiondjop & Wambugu, 2018). *Oryza glaberrima* Steud. Batı Afrika'nın belirli bölgelerinde, *Oryza sativa* dünya genelinde yetiştirilmektedir (Filiz, 2012). Genetik çeşitlilik açısından oldukça zengin bir bitki olan çeltiğin dünya çapında tarımı yapılan 110.000'den fazla çeşidinin olduğu tahmin edilmektedir (Fukagawa & Ziska, 2019).

Çeltiğin gen merkezi Güneydoğu Asya (Muson Asya'sı), bir diğer olasılıkla da Hindistan olarak bildirilmiştir. Günümüze kadar yaklaşık 5000 yıldır tarımı yapılmakta olup, yayılış alanı M.Ö. 3000 yıllarında Güney Hindistan'dan Çin'e, M.Ö. 1000 yıllarında

ise Java'ya doğru ilerlemiştir. Avrupa'ya Büyük İskender tarafından M.Ö. 300 yıllarında getirilen çeltiğin tarımına M.S. 700 yıllarında başlanmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde 17. yüzyılın sonlarında yetiştirilmeye başlandığı tahmin edilmektedir. Ülkemize girişi yaklaşık 500 yıl öncesine dayanmaktadır. Suriye, Tuna kıyıları, Meriç ve kollarının geçtiği alanlardan, özellikle Filibe'den tohumlarının alındığı, ilk çeltik ekimlerinin ise 1750'de Tosya (Kastamonu) ilçesinde yapıldığı tahmin edilmektedir (Özşahin, 2008; Taşlıgil & Şahin, 2011).

Çeltik tropikal ve subtropikal bölgelerin doğal bitkisidir. Tropikal bölgelerdeki yetişme periyodu 100-210 gün arasında değişmekle birlikte, ortalama 110-150 gün olarak belirlenmiştir. Ilıman iklim bölgelerinde, ekim dönemi ile hasat dönemi arasında ortalama 130-150 gün bulunmaktadır. Yetişme periyodu (fenolojik dönemleri) üç ana bölümden oluşur. Birincisi vejetatif dönemdir ve tohum ekiminden generatif organların oluşumuna kadar uzanan zaman aralığını kapsamaktadır. Bu dönemde kök, yaprak ve sap oluşur. İkincisi, üreme organlarının geliştiği genaratif dönemdir. Bu dönemde her sapta, çok sayıda başakcık içeren bir salkım oluşmaktadır. Daha sonra her başakçık bir çiçeğe, ardından bir daneye dönüşmektedir. Son dönem ise danelerin olgunlaşmak için dolacağı olgunlaşma aşamasıdır (Şekil 2.1). Çeltik bitkisinde dane, karyopsis ile onu saran iç kavuz ve kapçıktan oluşur. Hasat sonunda elde edilen kavuzlu ürüne çeltik, kavuzları soyulan fakat parlatma işlemi görmeyen daneye kargo, kavuzların soyulması ve dane dış katlarının giderilip parlatılması sonucu elde edilen ürüne ise pirinç adı verilmektedir (Taşlıgil & Şahin, 2011).



Şekil 2.1. Çeltiğin yetişme periyodu (Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, 2017).

Çeltik tarımını en çok etkileyen iklim faktörlerinin başında sıcaklık gelir. Yetişme periyodu içerisindeki sıcaklık dağılımı ve süresi, çeltik tane verimini etkilemektedir. Fide dönemi içerisinde sulama suyu sıcaklığı, salkım oluşum ve çiçeklenme dönemlerinde hava sıcaklıkları önem taşımaktadır. Çimlenme döneminde meydana gelen düşük sıcaklıklar çimlenmenin gecikmesine ya da durmasına neden olmaktadır. Tohumların çimlenmesi için ihtiyaç duyulan minimum sıcaklık 9-13 ºC, optimum sıcaklık ise 30-35 ºC'dir. Fide gelişimi için optimum sıcaklık 25-30 ºC olarak belirlenmiştir. Sıcaklık kardeşlenme dönemi için de önemli bir faktördür. Bu dönem için istenen optimum sıcaklık aralığı 25-32 ºC'dir. Düşük sıcaklıkta kardeşlenme azalmakta ve 19 ºC'nin altındaki sıcaklıklarda ise durmaktadır. Düşük sıcaklığa en duyarlı olan dönem, salkım oluşum dönemi başlangıcı ile salkım çıkarma arasındaki dönem olarak belirlenmiştir. Sıcaklıktaki düşüşler başak sayısının azalmasına neden olmaktadır. Çiçeklenme ve tozlanma için optimum sıcaklık 27,5-32,5 ºC aralığındadır. Düşük sıcaklıklar tane doldurma süresini uzatmaktadır. Tropikal iklim koşullarında tane doldurma süresi 30-35 gün arasında değişiklik gösterirken, ılıman iklim bölgelerinde bu süre 60 güne kadar uzayabilmektedir (Özşahin, 2008).

Toprak isteği bakımından seçici bir bitki olmayan çeltik, kumlu-tınlı toprak yapısından, ağır-killi toprak yapısına kadar hemen her çeşit toprakta yetiştirilebilir. Yüksek düzeyde verim alabilmek için besin maddelerince zengin olan topraklarda yetiştirilmesi daha uygundur. Çeltik tarımı için en ideal pH aralığı 4,5-7,5 olarak belirlenmiştir (Dengiz & Özyazıcı, 2018).

Çeltik ekimi yapılan andan itibaren hasat dönemine kadar su içerisinde yetişmektedir. Gelişme dönemine göre yetiştirildiği ortamda bulunmasını istediği su miktarı ve seviyesi farklılık gösterir. Çıkış ve kardeşlenme döneminden sonra istenen su yüksekliği, yaprakları örtmeyecek şekilde olmalıdır. Gelişmenin ileriki zamanlarında ise normal su yüksekliği 10-15 cm'de tutulmalıdır. Hafif akıntısı olan sular, durgun sulara göre oksijen bakımından daha zengin olduğundan ve daha az yosun tutacağından çeltik akıntılı tavalarda daha iyi yetişmektedir. Sapa kalkma ve çiçeklenme dönemlerinde ise bitkinin su tüketimi en yüksek düzeye ulaşmaktadır (Özşahin, 2008; Taşlıgil & Şahin, 2011).

2.2. Dünyada ve Türkiye'de Çeltik Üretimi

2.2.1. Dünyada Çeltik Üretimi

Çeltik, su içinde çimlenebilen ve suda erimiş oksijenden kökleri aracılığıyla yararlanabilen tek tahıl cinsidir (Şahin, 2002). Antarktika kıtası hariç tüm kıtalarda üretimi yapılmaktadır. Geleneksel beslenme alışkanlıkları, ikliminin uygunluğu ve nüfus büyüklükleri sebebiyle üretim ve tüketiminin büyük bir kısmı Asya ülkelerinde gerçekleştirilir. Dünya genelinde 100'den fazla ülkede tarımı yapılmakta olup, Çin, Hindistan ve Endonezya üretimde önde gelen çeltik üreticisi ülkelerdir (Bandumula, 2018; Nadir vd., 2017). Çizelge 2.1'de yer alan verilere göre incelenen yıllar içerisinde dünya çeltik ekim alanı, üretim miktarı ve veriminde genel olarak bir artış gözlenmiştir. 2020/21 sezonunda dünyada 162 milyon hektar alanda çeltik ekimi yapılmış, 753 milyon ton ürün elde edilmiştir. Çeltik verimi ise 4,6 ton/ha olarak belirlenmiştir (Toprak Mahsülleri Ofisi Genel Müdürlüğü, 2021).

2.2.2. Türkiye'de Çeltik Üretimi

Türkiye, uygun coğrafik yapısı ve iklim özellikleri ile tarımsal üretim açısından avantajlı bir ülkedir. Tarımsal üretimde sahip olduğu çeşit ve üretim potansiyeli ile dünya tarımında önemli bir paya sahiptir (Peşkircioğlu vd., 2013). Tarım alanlarının % 67,5'i (15,6 milyon hektar) tarla ziraatı için kullanılmaktadır. Söz konusu alanın yaklaşık % 71'inde (11,13 milyon hektar) tahıl üretimi yapılmaktadır. Tahıl üretim alanları içerisinde % 62'lik pay ile buğday ilk sırada yer alırken, arpa % 28'lik payla ikinci ve % 6,2'lik payla mısır üçüncü sırada yer almaktadır. Çeltiğin tahıl üretimindeki payı ise % 1 olarak belirlenmiştir (Toprak Mahsülleri Ofisi Genel Müdürlüğü, 2021).

Ülkemiz çeltik tarımı için uygun koşullara sahiptir. Özellikle toplam ve günlük ortalama sıcaklık değerleri ve toprak özellikleri bitkinin yetiştirilmesi açısından oldukça elverişlidir (Özşahin, 2008). Çeltik tarımı daha çok akarsuların delta ovalarında ve vadi tabanlarında yapılmaktadır. Bunun temel nedeni ülkedeki yağış değerlerinin çeltiğin yetişmesi için yeterli düzeyde olmaması ve bu nedenle bitkinin sulamalı olarak yetiştirilmesidir (Çelik & Emeksiz, 2019). 2020 yılında Türkiye' de 125,398 hektar alanda çeltik ekimi yapılmış ve 980.000 ton üretim gerçekleşmiştir. Ortalama dekar

başına verim ise 782 kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 2.2) (Toprak Mahsülleri Ofisi Genel Müdürlüğü, 2021).

Bölgelere göre çeltik ekiliş alanı ve üretim miktarları incelendiğinde ilk sırada % 68 pay ile Marmara Bölgesi yer almaktadır. Karadeniz Bölgesi ise üretimde % 27'lik paya sahiptir. Bu iki bölge Türkiye çeltik üretiminin % 95'ini oluşturmaktadır. Geriye kalan % 5'lik kısımda sırasıyla İç Anadolu Bölgesi (% 3), Güneydoğu Anadolu Bölgesi (% 1), Akdeniz Bölgesi (% 1) ve Doğu Anadolu bölgesi (% 0,12) yer almaktadır (Çizelge 2.3).

Türkiye'de çeltik üreticisi illerin başında % 41'lik pay ile Edirne gelir. Onu sırasıyla Samsun (% 16), Balıkesir (% 12), Çanakkale (% 10) ve Çorum (% 6) izlemektedir. Bu illerin çeltik üretim miktarı toplam üretimin % 85'ini oluşturmaktadır. Kalan % 15'lik kısmı ise Tekirdağ, Sinop, Bursa, Kırklareli, Çankırı, Mersin, Kastamonu ve Diyarbakır illerine aittir (Çizelge 2.4) (Toprak Mahsülleri Ofisi Genel Müdürlüğü, 2021).

Çizelge 2.1. Dünya genelinde yıllara göre çeltik ekim alanı, üretim ve verim miktarı değişimleri.

Yıllar	Ekim Alanı (milyon hektar)	Çeltik Üretim (milyon ton)	Çeltik Verim (ton/ha)
2011/12	160	700	4,4
2012/13	160	710	4,4
2013/14	163	718	4,4
2014/15	162	720	4,4
2015/16	160	712	4,4
2016/17	163	734	4,5
2017/18	163	738	4,5
2018/19	162	742	4,6
2019/20	161	743	4,6
2020/21	162	753	4,6

Kaynak: IGC

Çizelge 2.2. Türkiye'de yıllara göre çeltik ekiliş alanı, üretim, tüketim ve verim miktarı değişimleri.

Yıllar	Ekilen Alan (ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/da)	Tüketim (ton)
2011	99.400	900.000	905	696.877
2012	119.725	880.000	735	569.941
2013	110.592	900.000	814	637.055
2014	110.884	830.000	764	724.860
2015	115.856	920.000	794	750.094
2016	116.056	920.000	793	750.174
2017	109.560	900.000	822	764.497
2018	120.142	940.000	782	774.475
2019	126.419	1.000.000	791	665.388
2020	125.398	980.000	782	750.000

Kaynak: TÜİK

Çizelge 2.3. Bölgelere göre çeltik üretimi.

Bölgeler	2019		2020	
	Ekilen Alan (Ha)	Üretim (Ton)	Ekilen Alan (Ha)	Üretim (Ton)
Marmara Bölgesi	87.756	719.996	84.309	667.789
Ege Bölgesi	0	0	0	0
Akdeniz Bölgesi	1.367	8.859	1.494	9.370
İç Anadolu Bölgesi	3.170	22.534	3.667	27.146
Karadeniz Bölgesi	31.963	238.942	33.498	264.979
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	2.074	9.452	2.179	9.457
Doğu Anadolu Bölgesi	90	217	252	1.259
TOPLAM	126.419	1.000.000	125.398	980.000

Kaynak: TÜİK

Çizelge 2.4. İllere göre çeltik üretimi.

Bölgeler	İl	Ekilen Alan (Da)	Üretim (Ton)
Marmara Bölgesi (% 68)	Edirne	494.179	396.993
	Balıkesir	164.742	121.935
	Çanakkale	112.278	93.933
	Tekirdağ	26.070	20.778
	Diğer	45.822	34.150
	TOPLAM	843.091	667.789
Karadeniz Bölgesi (% 27)	Samsun	197.386	159.147
	Çorum	76.406	59.493
	Diğer	61.191	46.339
	TOPLAM	334.983	264.979
İç Anadolu Bölgesi (% 3)	Çankırı	29.450	20.912
	Diğer	7.215	6.234
	TOPLAM	36.665	27.146
Diğer Bölgeler (% 2)	TOPLAM	39.241	20.086
TOPLAM ÜRETİM		1.253.980	980.000

Kaynak: TÜİK

2.3. Çeltik Üretiminde Sorun Olan Yabancı Ot Çeşitleri

Dünya genelinde çeltik üretim sistemleri ve uygulanan ekim yöntemleri iklim, toprak yapısı ve su miktarı gibi ekolojik koşullara, kırmızı çeltik yoğunluğuna ve uygulanan ekim nöbeti sistemlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Sulama durumu veya su kontrolüne göre; sulanarak yapılan üretim (irrigated lowland), taban araziler ve nemli iklim alanlarında yapılan üretim (rainfed lowland), kırçeltiği (sulamaksızın yapılan) üretim (upland), derin su şartlarında yapılan üretim (deepwater) ve damla sulama ile üretim gibi farklı çeltik yetiştiricilik sistemleri bulunmaktadır (Sezer vd., 2012). Yabancı ot türleri de bu sistemlere göre değişiklik gösterir. Darıcan türleri (*Echinochloa* spp.); darıcan [*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. (Poaceae)], çeltiksi darıcan [*Echinochloa oryzoides* (Ard.) Fritsch. (Poaceae)] dünyada ve ülkemizde çeltik tarımı yapılan alanlarda yaygın olarak görülen yabancı otların başında gelir. Topalak türleri [(*Cyperus difformis* L. (Kız otu), *C. esculentus* L. (Sarı topalak) (Cyperaceae)], baraj otu [*Diplachne fusca* (L.) *P.Beauv.* ex Roem. & Schult. (Poaceae)], ayak otu türleri [*Carex* spp. (Cyperaceae)] ve dipotu [*Lindernia dubia* (L.) Pennell (Linderniaceae)] ve kırmızı

çeltik [*Oryza sativa* var. *sylvatica* (Poaceae)] sorun olan diğer yabancı otlardır (Altop & Mennan, 2022; Damalas vd., 2008; Demirkan, 2013; Tabacchi vd., 2006). Kraehmer vd. (2016) tarafından dünyada farklı çeltik üretim alanlarında yoğun olarak gözlenen en önemli yabancı ot türlerinin *Echinochloa* spp., *Cyperus* spp., *Fimbristylis* spp., *Leptochloa* spp. ve *Scirpus* spp. cinslerine bağlı olduğunu bildirmiştir. Türkiye genelinde yapılan çalışmalarda ise Damar (2006), Marmara bölgesinde çeltik tarımı yapılan alanlarda en fazla bulunan familyaların sırasıyla Poaceae, Cyperaceae ve Asteraceae olduğunu tespit etmiştir. Lythraceae, Polygonaceae, Scrophulariaceae familyalarının ise daha az tür içermelerine rağmen, içerdikleri taksonların metrekaredeki yoğunluklarının yüksek olması nedeniyle önemli familyalar olduğunu belirtmiştir. Işık (2000), Samsun ili çeltik üretim alanlarında en çok rastlanılan türlerin *Echinochloa crus-galli*, *Alisma plantago aquatica* L. ve *Paspalum distichum* L. olarak tespit etmiştir. Özaslan (2015)'ın Güneydoğu Anadolu Bölgesi çeltik üretim alanlarında yaptığı çalışma sonucunda, 22 familyaya ait toplam 70 farklı yabancı ot türü belirlenmiştir. Poaceae, Asteraceae ve Cyperaceae ise en yaygın familyalar olarak bildirilmiştir. Yazlık vd. (2020), Türkiye'de çeltik üretiminde önemli etkilere sahip olan yabancı otların genel bir incelemesinin yaptığı çalışmada ise 37 kaynak eser değerlendirilmiş ve 26 familyadan 95 yabancı ot türünün varlığından bahsedilmiştir. En sık rastlanan familyaların Poaceae, Cyperaceae ve Asteraceae olduğu belirlenmiştir. Poaceae 23 takson ile en fazla takson içeren familya olarak kaydedilmiştir. Tüm bölgelerde mevcut olan takson ise *Echinochloa crus-galli* olarak tespit edilmiştir.

2.4. Yabancı Otlarla Mücadele Yöntemleri

Tarımın temel amacı ekolojik dengeyi bozmadan, birim alandan olabildiğince fazla miktarda ve yüksek kalitede ürün elde etmektir. Bu amacı sınırlandıran en önemli faktörlerden biri yabancı otlardır (Topal, 2011). Tarımsal üretim alanlarında yetişmesini istemediğimiz bitkiler olarak değerlendirilen yabancı otlar, üretimi yapılan bitki ile aynı periyotta gelişmekte olup, ışık, besin maddesi, su ve alan açısından rekabete girmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalarda, gerekli tedbirler alınmadığı takdirde, yabancı otların çıkış zamanı, yabancı ot yoğunluğu, yabancı otların ve üretimi yapılan bitkinin türüne bağlı olarak % 100'e varan ürün kayıplarına yol açtığı bildirilmiştir (Demir vd., 2022; Fahad vd., 2019).

Çeltik yetiştiriciliğinde yabancı ot mücadelesinin doğru zamanda ve doğru yöntemlerle yapılması, daha iyi bir verim alınabilmesi için üzerinde durulması gereken bir konudur. Etkili bir mücadelede yapılabilmesi için temel ilkelerden biri o üretim alanında yer alan yabancı ot türlerinin tespitidir. Daha sonra yabancı otların yoğunluklarına bağlı olarak, verimde azalışa neden olan ve hastalık ve zararlılara konukçuluk ederek ikincil zararların ortaya çıkmasına da yol açanlara yönelik mücadele yöntemleri tercih edilmelidir (Damar, 2006; Demirkan, 2013; Işık, 2000; Özaslan, 2015; Sürek vd., 2016). Bu yöntemler kültürel, mekanik ve kimyasal mücadele yöntemleri olarak sıralanabilir.

Yabancı otlarla kültürel mücadele; sertifikalı tohumluk kullanılmalı, yabancı ot tohumlarının bulaşmasını önlemek için kullanılan alet ve ekipmanların temizliğinin yapılması, tarla içerisinde ve çevresinde mevcut olan yabancı otlar ile tohum oluşumundan önce mücadele edilmesi, tarla hazırlığının zamanında yapılması, ekim nöbeti ve sulama suyu ile yabancı ot tohumlarının tarlaya bulaşmasının önlenmesi şeklinde gerçekleştirilir. Mekanik mücadele yönteminde yabancı otlar, çapalama ya da elle sökülüp tarladan uzaklaştırılır. Kimyasal mücadele yönteminde ise bir pestisit alt grubu olan herbisitler yaygın olarak kullanılmaktadır (Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, 2017).

Yabancı ot mücadele yöntemlerinin kullanımı çeltik üretimi yapılan tarım alanlarına ve bu alanlarda bulunan yabancı ot yoğunluğuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Örneğin çeltik tarımının yaygın olarak yapıldığı uzak doğu ülkelerinde coğrafik yapıdan kaynaklı olarak engebeli ve küçük arazilerde çeltik tarımı yapılmaktadır. Bu tarım alanlarının çeltik ekimine hazırlanması, sulama, yabancı ot mücadelesi ve hasat işlemlerinde daha çok insan gücü kullanılır. Makinalı tarım ve yabancı ot mücadelesinde kimyasal kullanımı oldukça azdır. Ülkemizde ve diğer Avrupa ülkelerinde ise geniş ve düz arazilerde modern tarım makinaları kullanılarak üretim yapılmaktadır. Büyük araziler lazerli düzleme cihazları ile tesfiye yapıldıktan sonra çeltik ekimi gerçekleştirilir. Çeltik ekimi, sulama ve hasat gibi işlemlerde modern tarım makinaları kullanılır. Yabancı ot kontrolünde ise kimyasal mücadele yöntemi üreticiler tarafından daha fazla tercih edilir hale gelmiştir. Özellikle son yıllarda yabancı ot ve zararlı hayvansal organizmalar için drone kullanılarak hastalıklı bölgeler tespit edildikten

sonra sadece o bölgelere pestisit uygulanarak yabancı ot ve diğer hastalık etkenleri ile mücadele edilmektedir. Bu şekilde üretimde yüksek doz pestisit kullanım riski de azaltılmaktadır.

2.4.1. Kimyasal Mücadele Yöntemi

Kimyasal mücadele, kullanım kolaylığı, kısa sürede etkili sonuç vermesi, bilinçli ve kontrollü kullanıldığında ekonomik olması gibi olumlu özellikleri ile çeltik üreticileri tarafından en fazla tercih edilen yöntem haline gelmiştir. Etkili sonuç alınmasında yabancı otun türüne ve yoğunluğuna bağlı olarak seçilen herbisitlerin kullanımı oldukça önem taşımaktadır (Demirkan, 2013; Yazlık vd., 2020). Örneğin, çeltik tarımı yapılan alanlarda sıklıkla rastlanan ve kültürü yapılan çeltik türlerinin otsu bir biotipi olan kırmızı çeltik gibi bazı yabancı otların kontrolü konvansiyonel çeltik yabancı ot ilaçları ile yapılamamaktadır. Bu nedenle bu yabancı otların kontrolü için üretilen herbisitler kullanılmalıdır (Sürek vd., 2016).

Yabancı ot kontrolünde herbisit seçiminin yanında, önerilen zamanda ve dozda herbisit kullanılmalıdır. Çeltik tarımında herbisit uygulamaları ekim öncesi ve çıkış sonrası olmak üzere iki farklı dönemde yapılmaktadır. Ekim öncesi kullanılan herbisitler çeltik ekimi için hazırlanmış toprağa ekimden önce uygulanırken, çıkış sonrası herbisitler yabancı otlar ve çeltik toprak yüzeyine çıktıktan sonra, dar yapraklı yabancı otların 2-5 yapraklı olduğu, geniş yapraklı yabancı otların ise 3-5 yapraklı döneminde uygulanmaktadır (Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, 2017).

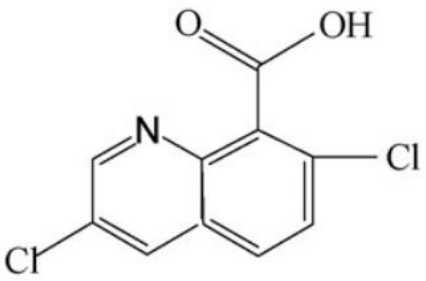
Herbisitler uygulama zamanı, etkinliği, seçiciliği, etki şekli ve kimyasal ailesine bağlı olarak farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır (Herrera-Herrera vd., 2016). Etki şekillerine göre yapılan sınıflandırmada fotosentez inhibitörleri, oksin büyüme regülatörleri, lipid sentezi inhibitörleri, protein sentezi inhibitörleri, spesifik enzim inhibitörleri, karotenoid biyosentez inhibitörleri ve hücre membranı üzerine etkili olanlar olmak üzere birçok herbisit yer alır. Bu herbisitlerin tarım alanlarında tek başlarına kullanılmalarının dışında, birden fazla herbisitin karıştırılarak kullanılması da mümkündür. Birden fazla herbisitin karıştırılarak kullanımının, yabancı ot kontrol spektrumunu genişletmek, verimi ve ekonomik getirileri en üst düzeye çıkarmak için

faydalı olduğu belirtilmiştir (Carlson vd., 2011; Pellerin vd., 2003; Webster vd., 2018; Webster vd., 2017).

Karışım şeklinde herbisit kullanımından önce herbisitlerin etki şekillerinin ve karışabilirlik durumlarının kontrolü istenilen sonuçların elde edilmesinde önem taşımaktadır. Herbisitler karıştırıldığında sinerjistik, antagonistik ve nötr olmak üzere üç farklı şekilde etki göstermektedir (Blouin vd., 2010; Rustom vd., 2018). Nötr etki, karışımı oluşturan her herbisitin, ayrı olarak uygulandıklarında ortaya koydukları performansın aynısını birleşim şeklinde de göstermeleri halidir (Fish vd., 2016; Rustom vd., 2018; Webster vd., 2017). Antagonistik etki, iki veya daha fazla herbisitin kombinasyon şeklinde ortaya koydukları etkinin, ayrı olarak uygulandıklarında gösterdikleri etkiden daha düşük düzeyde kalmasıdır (Rustom vd., 2018). Sinerjistik etki ise kombinasyon halinde uygulanan iki herbisitin birleşik etkisinin tek başına uygulamadaki etkisinden daha yüksek olması olarak tanımlanmaktadır (Akobundu vd., 1975). Tez çalışmasında çeltik tarım alanlarında yabancı ot kontrolünde hem ayrı hem de kombinasyon halinde kullanımı yapılan quinclorac, cyhalofop-butyl ve bentazone+MCPA kullanılmıştır.

a) Quinclorac

Quinclorac ($C_{10}H_5Cl_2NO_2$, 3,7-dikloro-8-kinolinkarboksilik asit), kinolinkarboksilik asit sınıfına ait olan oksin benzeri herbisitlerden biridir (Şekil 2.2). Facet® ticari ismi ile satılmaktadır.

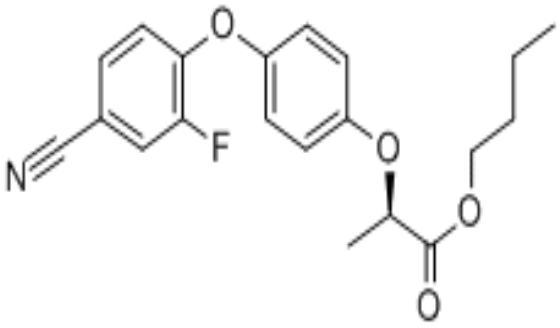


Şekil 2.2. Quincloracın kimyasal yapısı (Han vd., 2009).

İlk olarak *Echinochloa* spp.'nin kontrolü için çeltik tarlalarında kullanımına başlanmıştır (Fipke & Vidal, 2016). *Digitaria, Setaria* ve *Brachiaria* spp. gibi tek çenekli ve *Sesbania* spp., *Cassia* spp., *Oenanthe javanica* ve *Monochoria* spp. gibi çift çenekli yabancı otları etkili bir şekilde kontrol edebilen oldukça verimli ve seçici bir herbisittir (Grossmann, 1998; 2010). Diğer doğal veya sentetik oksinler gibi, quinclorac da yüksek konsantrasyonlarda kullanıldığında duyarlı bitkilerde epinasti, kloroz, nekroz, büyüme inhibisyonu semptomlarına neden olmaktadır (Grossmann & Kwiatkowski, 1993). Yabancı otlar üzerindeki etkileri hücre duvarı inhibisyonu (Koo vd., 1996; Koo vd.,1997), oksinik etki (Abdallah vd., 2006; Grossmann, 2010), reaktif oksijen türlerinin üretiminin uyarılması (Sunohara & Matsumoto, 2008; Sunohara vd., 2010) şeklindedir.

b) Cyhalofop-butyl

Cyhalofop-butyl **(**$C_{20}H_{20}FNO_4$, 2-[4-(4-siyano-2-florofenoksi)fenoksi] propanoik asit**),** ariloksi fenoksi propiyonat grubuna ait seçici bir herbisittir (Şekil 2.3) (Cao vd., 2016). Clincher® Duo ticari ismi ile satılmaktadır.



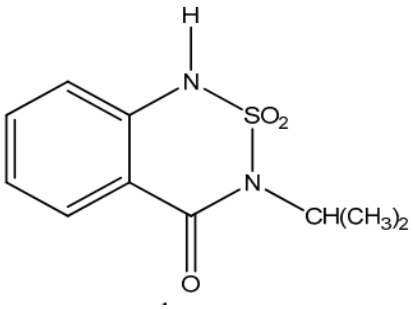
Şekil 2.3. Cyhalofop-butyl kimyasal yapısı (Sondhia & Khare, 2014).

Çeltik tarımı yapılan alanlarda *Echinochloa* türleri ve diğer yabancı otların çıkış sonrası kontrolünde yaygın olarak kullanılır (Refatti vd., 2019; Yang vd., 2022). Ayrıca yabancı otları daha iyi kontrol etmek için penoxsulam, quinclorac ve clomazone gibi farklı aktif bölgeleri inhibe eden diğer herbisitler ile sırayla veya kombinasyon halinde uygulanabileceği bildirilmiştir (Hwang vd., 2022). Cyhalofop-butyl diğer tüm ariloksi fenoksi propiyonat asitlerde olduğu gibi, yağ asidi biyosentezinde görevli bir enzim olan asetil-koenzim A karboksilazı (ACCase) inhibe ederek çalışır (Kım vd., 2005). Bitki yaprakları tarafından emilir ve floem yoluyla meristematik dokulara taşınarak

birikmektedir. Hızla cyhalofop-butyl'in aktif formu ve birincil metaboliti olan cyhalofop aside dönüşür ve daha sonra ACCase enziminin aktivitesini inhibe eder. Böylece yağ asidi sentezi durur, hücre büyümesi ve bölünmesi normal şekilde ilerleyemez, bu da yabancı otların ölümüne yol açar (Kumar vd., 2012; Nohatto vd., 2016; Ottis vd., 2005; Yang vd., 2022).

c) Bentazon+MCPA

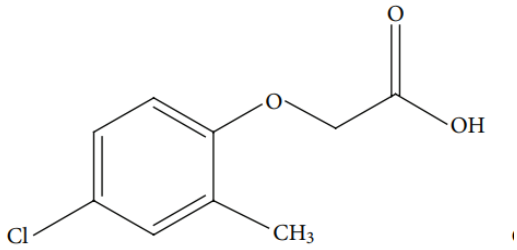
Bentazon ($C_{10}H_{12}N_2O_3S$, 3-izopropil-1H-2.1.3-benzotiadiazin-4(3H)-bir-2,2-dioksit), çeltik üretimi yapılan tarım alanlarında, geniş yapraklı yabancı otların çıkış sonrası kontrolü için yaygın olarak kullanılır (Şekil 2.4) (Ali vd., 2022; Fang vd., 2015). MCPA ile birlikte karışım halinde Basagran® M ticari ismi ile satılmaktadır.



Şekil 2.4. Bentazonun kimyasal yapısı (Feng vd., 2016).

D1 proteini üzerindeki bağlanma yeri için plastokinon (QB) ile rekabet etmekte ve fotosistem II'den elektron taşınmasını bloke ederek fotosentez inhibisyonu, oksidatif stres ve hücre hasarına neden olmaktadır (de Sousa vd., 2014; Fang vd., 2015; Radwan vd., 2019). Bitki türleri arasında seçicilik gösteren bir herbisittir (Agostinetto vd., 2016; Ali vd., 2022). Toleranslı bitkilerde, bentazon yapraklar tarafından emildiğinde hızla parçalanır veya doğal bitki bileşenlerine metabolize edilir (Zhu vd., 2009). Kökler tarafından emildiğinde, ksilem aracılığıyla bitkilerin diğer kısımlarına taşınır (Lichtenthaler vd., 1982). Toleranslı genotipler bentazonu hidroksilasyon ve glikoz konjugasyonu yoluyla detoksifiye ederken, hassas bitkilerin bentazonu detoksifiye etme olasılığı daha düşüktür ve bazı türlerin hiç detoksifiye edemediği bildirilmiştir (Ali vd., 2020; Fang vd., 2015). Böylece, bentazon duyarlı geniş yapraklı yabani otları seçici olarak kontrol etmektedir (Kato vd., 2020).

MCPA (4-kloro-2-metilfenoksi asetik asit), tarım alanlarında geniş yapraklı yabancı otları etkili bir şekilde kontrol etmek için yaygın olarak kullanılan seçici bir herbisittir (Şekil 2.5) (Morton vd., 2020).



Şekil 2.5. MCPA'nın kimyasal yapısı (von Stackelberg, 2013).

Fenoksi grubu herbisitler içerisinde yer alır. Bu gruba ait herbisitler doğal hormonların etkilerine benzer etkiler göstererek yabancı otları etkili bir şekilde kontrol etmektedir (Sun vd., 2021; von Stackelberg, 2013). MCPA, doğal oksin hormonu ile aynı kimyasal yapıya sahiptir. Hücre uzamasını ve hücre farklılaşmasını artırarak büyümeyi uyaran yapay bir oksin hormonudur. Hem DNA hem de protein sentezini kısıtlayarak, bitki hücre ve dokularındaki temel metabolik süreçlerin bozulmasına neden olur (Fargašová, 1994; Peixoto vd., 2009). MCPA alan dozunun, bitkilerdeki normal oksin seviyesinden 1000 kat daha yüksek olduğu ve bu durumun bitkinin ölümüyle sonuçlanan hücre büyümesi uyarısına yol açtığı bildirilmiştir (Hopkins & Hüner, 1995). Genellikle bentazon ile birlikte kullanılarak etkili bir yabancı ot kontrolünün sağlanması amaçlanmaktadır (Nielsen & Dahllöf, 2007).

2.5. Çeltik Üretiminde Stres Nedenleri

Bitkiler yaşamlarını sürdürdükleri çevre ile sürekli ilişki halindedirler. Yaşam döngüleri boyunca çevre koşullarında meydana gelen değişim sonucunda biyotik ve abiyotik olmak üzere birçok stres faktörü ile karşılaşırlar (Çizelge 2.5). Sesil doğaları nedeniyle söz konusu faktörlerden uzaklaşarak kaçınma gibi bir seçeneğe sahip olmayan bitkiler, bu faktöre direkt olarak maruz kalırlar. Bu direkt etki bitki büyüme ve gelişimini olumsuz yönde etkilemekte, stres faktörünün uzun süre devam etmesi durumunda ise bitkinin ölümüne sebep olmaktadır. Stres faktörlerinin neden olduğu bu zarar durumu

bitkinin türüne, tolerans ve adaptasyon kabiliyetine bağlı olarak değişiklik gösterir (Büyük vd., 2012).

Çizelge 2.5. Bitkilerde biyotik ve abiyotik stres faktörleri (Özen & Onay, 2007).

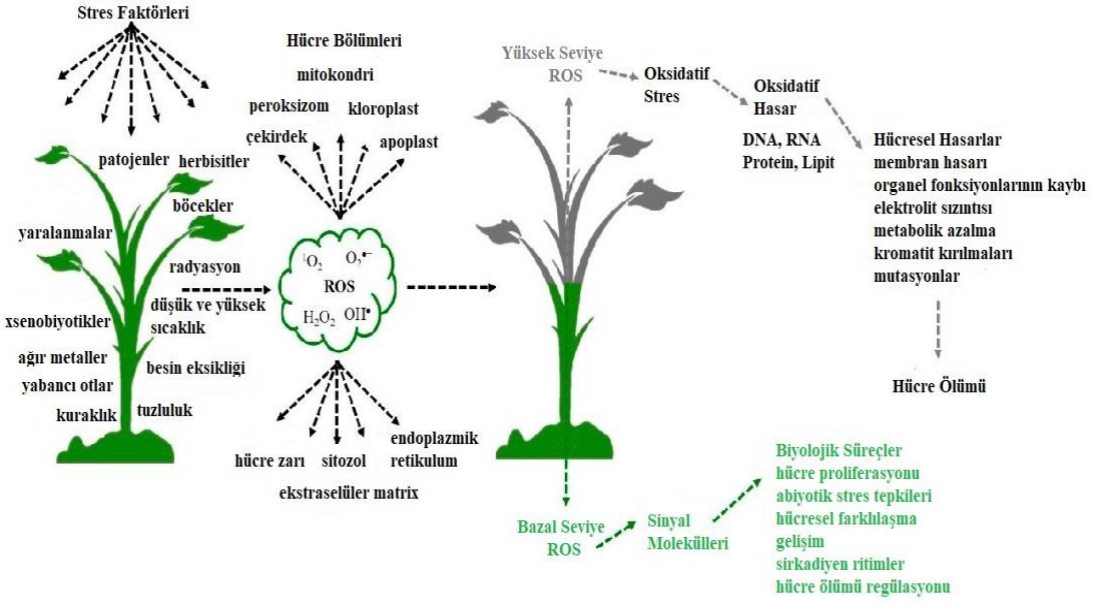
Abiyotik faktörler		**Biyotik faktörler**
Fiziksel faktörler	**Kimyasal faktörler**	
Kuraklık (Su Noksanlığı) Sıcaklık Radyasyon Su baskını Mekanik etkiler (rüzgâr, kar ve buz örtüsü)	Hava kirliliği Bitki besin elementleri Pestisitler Toksinler Tuzlar Toprak çözeltisi pH'ı	Yabancı otlar Hayvansal zararlılar (böcekler, Kırmızı örümcekler, Nematodlar) Hastalıklar (Fungal, Bakteriyel ve Viral) Mikroorganizmalar

Abiyotik stres faktörlerinden biri olan herbisitler özellikle tarım alanlarında yetiştirilen bitkiler için önemli bir stres faktörüdür. Farklı araştırmacılar tarafından farklı etken maddelere sahip herbisitlere karşı bitkilerin verdiği morfolojik, fizyolojik ve moleküler cevaplar belirlenmeye çalışılmıştır. Her bir herbisitin etki şekli, etki mekanizması olarak adlandırılan belirli bir hedef bölgeye sahiptir. Bu genellikle herbisit tarafından moleküler seviyede inhibe edilen bir enzim/proteindir. Ayrıca bazı herbisitler spesifik bir hedef bölgeyi yeterince inhibe ettikten sonra ikincil bir etki olarak bitkilerde reaktif oksijen türlerinin oluşumunu da indüklemektedir. Caverzan vd. (2019), aktif herbisitin hedef bölgeye ulaşıp bu bölgeyi uyarmasının ardından, metabolizmadaki bozulmalara karşı bitki savunma sistemlerinin sinyal vermesiyle bir dizi stres olayının başladığını bildirmiştir. Bu durumda oluşan oksidatif stresin, bitki hücre ve doku hasarlarının önemli bir kısmından sorumlu olduğunu belirtmiştir. Üretimi kolaylaştıran doğal seçicilik mekanizmalarına rağmen herbisitler üretimi yapılan bitkilerde bir miktar fitotoksisiteye neden olabilmekte ve reaktif oksijen türlerinin oluşumuna yol açarak yaprak alanı indeksinde, sürgün kuru ağırlığında, bitki boyunda ve bitki metabolizmasında değişikliklere yol açabilmektedir. Bitkilerde herbisit uygulamasının neden olduğu bozulmaların çoğu reaktif oksijen türlerinin üretimi ile ilgilidir. Reaktif oksijen türlerinin aşırı üretimi ve birikimi metabolik bozukluklarla sonuçlanır ve hücrenin oksidatif yıkımına yol açabilir. Ayrıca, oksidatif stres oluşumu ve görünür bitki hasarı

için tepki süresi, herbisitin etki şekli, bitki türleri, gelişme aşaması ve çevresel koşullara göre değişiklik gösterebilir (Kaur, 2019).

2.5.1. Oksidatif Stres

Oksidatif stres hemen hemen tüm biyotik ve abiyotik stres faktörlerine maruz kalan bitkilerde sekonder bir stres olarak ortaya çıkmaktadır. Normal hücre fizyolojisinin bozulmasına bağlı olarak oksidanlar olarak da adlandırılan, reaktif oksijen türlerinin (ROS) aşırı üretimi ve birikmesiyle meydana gelir. Stres koşullarını içermeyen, bitki yaşamının sürdürülebilmesi için ideal ortamlarda, bitki dokularında ROS' ların oluşumu ile onları detoksifiye eden antioksidan sistemler arasında bir denge mevcuttur. Ancak stres koşulları altında ROS' ların oluşum hızı artış gösterdiğinden antioksidan sistemlerin detoksifikasyon etkinliği yetersiz kalmaktadır. Bu durum bitki hücrelerinde aşırı ROS birikimi nedeniyle lipit peroksidasyonu, proteinlerin oksidasyonu, enzimlerin inhibisyonu, karbohidratlarda ve nükleik asitlerde yapısal bozulmalar gibi problemlerin ortaya çıkmasına, stres süresinin uzaması ve şiddetinin artması durumunda ise duyarlı türlerde hücre ölümlerine yol açmaktadır (Şekil 2.6) (Apel & Hirt, 2004; Choudhary vd., 2020; Choudhury vd., 2017; Das & Roychoudhury, 2014; Mittler, 2002).



Şekil 2.6. Stres faktörlerinin bitki üzerindeki sonuçları(Caverzan vd., 2019).

2.5.2. Serbest Radikaller

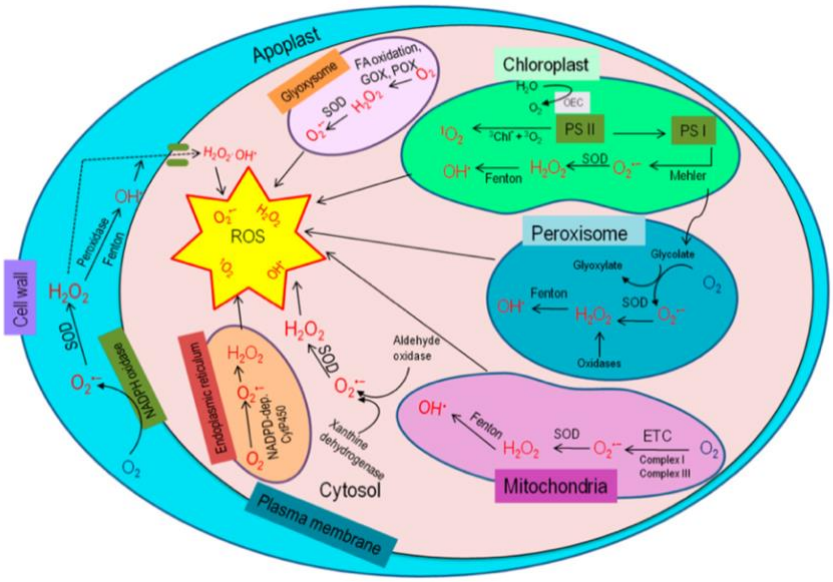
Serbest radikaller hücresel metabolizmanın bir sonucu olarak üretilen, aşırı miktarda üretilmeleri sonucunda ise hücre yaşamını tehdit eden ürünler olarak tanımlanır. Bir atomun ya da molekülün dış elektron yörüngelerinde bir veya daha fazla eşleşmemiş elektron bulundurması yapısını kararsız hale getirir ve böylece yüksek oranda reaktif bir özellik kazanır. Bu atom ve moleküllere serbest radikal adı verilir (Bast vd., 1991; Halliwell, 1999; Valko vd., 2006). Serbest radikal haline gelen atom veya molekül kararlı bir hale gelebilmek için üzerindeki elektronu hızlıca aktarma ihtiyacı duymaktadır. Sonuç olarak birçok hücresel ve organik yapıda sürekli şiddetlenen bir zincir reaksiyon meydana getirerek yapılarda bozulmaya ve hücrelerin yaşamını tehlikeye sokacak hasarlara neden olur. Oksijen kaynaklı olanları reaktif oksijen türleri (ROS), nitrojen kaynaklı olanlar ise reaktif nitrojen türleri (RNS) olarak adlandırılır. Hem ROS hem de RNS, normal sağlıklı dokularda hücresel düzeyde homeostazın düzenlenmesine yardımcı olmak ve ikinci haberciler olarak katkıda bulunmak ve sinyal yollarını düzenleyerek hücresel aktiviteyi kontrol etmek için kontrollü bir şekilde üretilir (Nath vd., 2018; Nath vd., 2016; Nath vd., 2017).

2.5.2.1. Reaktif Oksijen Türleri

Reaktif oksijen türleri (ROS), O_2'nin belirli koşullarda kısmen indirgenmesi veya uyarılması sonucunda meydana gelmektedir. Singlet oksijen ($^1O_2$), süperoksit radikali (O_2^-), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikali (HO^-) bilinen başlıca ROS'lardır. Bu moleküllerin üretim bölgeleri, reaktivite seviyeleri ve biyolojik zarları geçme potansiyelleri farklılık gösterir (Halliwell & Gutteridge, 2015; Mittler, 2017).

ROS'lar kloroplast, mitokondri, peroksizom, apoplast ve sitoplazmada çeşitli metabolik reaksiyonların yan ürünleri olarak meydana gelir (Şekil 2.7) (Hasanuzzaman vd., 2020; Kapoor vd., 2019; Mittler, 2017). Örneğin, gelişmiş bitkilerde fotosentez, oldukça iyi organize olmuş tilakoid membranlara sahip olan kloroplastlarda gerçekleşmektedir. Tilakoid membranlar optimum ışık absorbsiyonu için gerekli yapısal özelliklere ve bileşenlere sahiptir. Fotosentez boyunca kloroplastlarda oluşan O_2, elektron taşınım reaksiyonlarından gelen elektronları alarak süperoksit radikalini (O_2^-) oluşturabilir (Xie vd., 2019). Mitokondride ROS sentezi elektron taşıma sisteminde yer

alan kompleksler tarafından gerçekleştirilir. Sentezlenme düzeyi dış uyarılara bağlı olarak artabilmektedir (Blokhina & Fagerstedt, 2010). Peroksizomda ROS'lar ksantin oksidaz, glikolat oksidaz ve yağ asidi oksidasyon enzimleri tarafından sentezlenir. Ayrıca ROS sentezi; apoplastta amin oksidaz ile okzalat oksidaz enzimleri tarafından, hücre duvarında ise hücre duvarına bağlı peroksidazlar ve NADPH oksidazlar tarafından gerçekleştirilmektedir (Mittler, 2002). Normal koşullar altında ROS'lar antioksidan savunma sistemleri ile detoksifiye edilir. Ancak patojen saldırısı, düşük veya yüksek sıcaklık, besin eksikliği, tuzluluk, kuraklık, yüksek ışık ve pestisitler gibi biyotik ve abiyotik stres faktörlerinin bitki hücrelerindeki ROS oluşumunu arttırdığı bildirilmiştir (Hossain vd., 2015; Ramegowda & Senthil-Kumar, 2015; Singh vd., 2018; Singh vd., 2017; Singh vd., 2016). Bu durum ROS'ların oluşum ve detoksifikasyon hızları arasındaki dengeyi bozabilir. Hücredeki temel ROS seviyesi, bitki yaşamı ve hücresel süreçler için gereklidir (Caverzan vd., 2019; Mittler, 2017). Zararlı etkileri, üretilen ROS ile antioksidan sistemler arasındaki denge bozulduğunda gerçekleşir (Sewelam vd., 2016; Tiwari vd., 2017). Yüksek ROS konsantrasyonları DNA'da hasar oluşturarak, proteinleri okside ederek ve lipid peroksidasyonuna neden olarak birçok hücresel fonksiyonda bozulmalara ya da hücre ölümlerine neden olur (Caverzan vd., 2019; Gill & Tuteja, 2010). Bunun dışında stres faktörlerinin etkisiyle bitki dokularında meydana gelen ROS'lar ürün kayıplarının temel sebebidir (Apel & Hirt, 2004; Mittler, 2002).



Şekil 2.7. Bitki hücresinde ROS üretimi (Hasanuzzaman vd., 2020).

ROS'lar zarar verici etkilerinin yanında ikincil haberciler veya sinyal molekülleri olarak da görev yapmaktadır. Farklı stres faktörlerine karşı toleransı artırmak için çeşitli hücresel mekanizmalarda mitojenle aktive olan protein kinaz (MAPK) yolunu kullanan redoks reaksiyonları yoluyla sinyali çekirdeğe taşımaktadır (Choudhury vd., 2017). ROS, bitkilerin çevresel uyaranlar altındaki uyum sürecine ana moleküller olarak katılır. Stres koşulları altında bitkinin uyum süreci boyunca çeşitli yolları kontrol eden sinyal iletim molekülleri olarak işlev görür (Antoniou vd., 2016; Singh vd., 2019).

ROS içerisinde yer alan süperoksit radikali (O_2^-), O_2'nin bir elektron alarak indirgenmesi sonucunda oluşmaktadır. İndirgenmiş geçiş metallerinin otooksidasyonu O_2^- meydana getirebilir. O_2^- yüksek derecede reaktif özelliğe sahip değildir ve direkt olarak zarar vermemektedir. Asıl önemi, hidrojen peroksit (H_2O_2) kaynağı olması ve geçiş metalleri iyonlarının indirgeyicisi olmasıdır (Aslankoç vd., 2019). Bitki hücrelerinde meydan gelen O_2^-'in ana kaynağının kloroplast ve mitokondrilerdeki elektron taşınım sistemlerindeki elektron kaçakları olduğu düşünülmektedir (Møller vd., 2007; Smirnoff, 1993; Takahashi & Badger, 2011). Elektron taşınım sistemlerindeki elektronların yaklaşık %1-5'inin sistemden çıkarak O_2 ile reaksiyona girmesi sonucunda O_2^-'in meydana geldiği bildirilmiştir (Møller, 2001). O_2^- biyosentezi stres koşulları altında olmayan bitkilerin dokularında da gerçekleşmektedir. Fakat stres koşulları altındaki bitkilerde bu O_2^- sentez hızı artmakta ve antioksidan sistemin detoksifikasyon kapasitesinin üzerine çıkmaktadır (Doğru, 2020).

Hidrojen peroksit (H_2O_2), bitki hücrelerinde önemli fizyolojik fonksiyonlara sahip olan en stabil ROS'tur. Paylaşılmamış elektronları bulunmayan zayıf asit karakterinde bir bileşiktir. O_2^-, OH^- ve $^1O_2$ radikalleri ile karşılaştırıldığında daha kararlı bir yapıya sahiptir. O_2'nin çevresindeki moleküllerden iki elektron alması veya O_2^-'in bir elektron alması sonucunda meydana gelen peroksitin iki hidrojen atomu ($2H^+$) ile birleşmesi sonucunda oluşur (Doğru, 2020). Biyolojik sistemlerde H_2O_2'nin üretimi, süperoksitin dismutasyonu ile gerçekleşir. Bu reaksiyon, radikal olmayan ürünler meydana geldiğinden dismutasyon reaksiyonu olarak bilinir, ya kendiliğinden gerçekleşir ya da süperoksit dismutaz (SOD) enzimi tarafından katalize edilir. Reaksiyonda iki tane süperoksit molekülü iki proton alarak hidrojen peroksit ve moleküler oksijeni meydana getirir (Aslankoç vd., 2019). H_2O_2, serbest radikal olmadığı halde ROS kapsamına

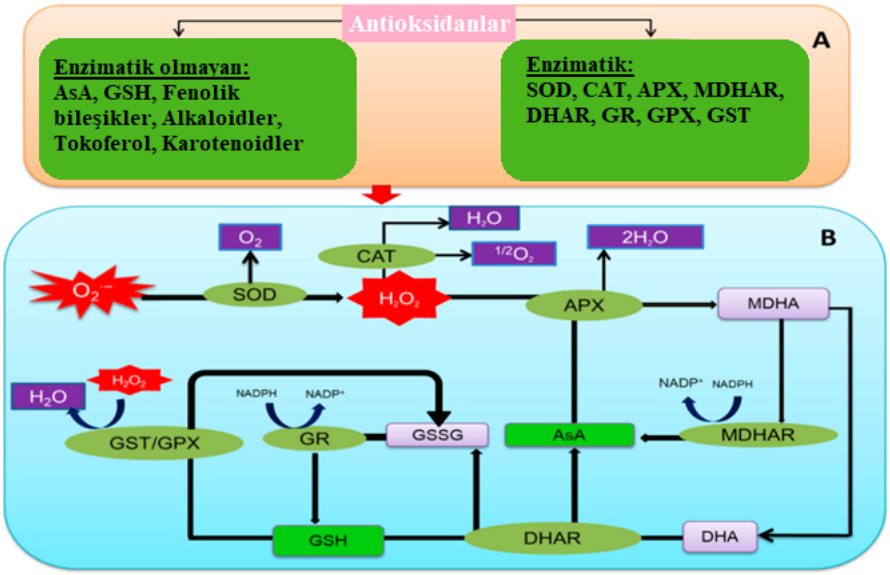
girmekte ve serbest radikal oluşumunda önemli rol oynamaktadır. Fe^{+2} veya diğer geçiş metallerinin varlığında Fenton reaksiyonu ile, O_2^- varlığında ise Haber-Weiss reaksiyonu sonucunda en reaktif ve zarar verici ROS olan hidroksil radikali (OH^-) oluşturur (Özcan vd., 2015).

Hidroksil radikali (OH^-), Fe^{+2} ve Cu^+ gibi geçiş metallerinin varlığında Fenton reaksiyonu ile O_2^- varlığında ise Haber-Weiss reaksiyonu ile H_2O_2'den oluşmaktadır. Bilinen en reaktif ve en toksik reaktif oksijen türüdür. Oluştuğu yerde tiyoller ve yağ asitleri gibi çeşitli moleküllerden bir proton koparark yeni radikallerin oluşmasına neden olur (Özcan vd., 2015). OH^- oksidatif stres süresince lipid peroksidasyonu, nükleik asitler ve proteinlerde meydana gelen oksidatif hasardan en fazla sorumlu olan ROS'tur. Bunun dışında, oksidatif stres sinyali ve programlanmış hücre ölümleri ile doğrudan ilişkili olduğu da rapor edilmiştir (Demidchik, 2010; Demidchik vd., 2003).

Singlet oksijen ($^1O_2$), eşleşmemiş elektronu olmadığı için radikal olmayan bir ROS'tur. O_2'nin elektronlarından birinin enerji alarak kendi spininin ters yönünde olan başka bir orbitale yer değiştirmesi sonucunda oluşur (Çaylak, 2011).

2.5.3. Antioksidan Savunma Sistemleri

Bitkiler oksidatif stres altında yaşamlarını devam ettirebilmek ve stresle başa çıkabilmek için ROS'un kontrolü ve detoksifikasyonunu sağlayan antioksidan savunma mekanizmalarına sahiptir (Büyük vd., 2012). Antioksidan savunma mekanizmaları, enzimatik ve enzimatik olmayan bileşenler içerirler. Enzimatik antioksidanlar süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), glutatyon peroksidaz (GPX), peroksidaz (POD), monodehidroaskorbat redüktaz (MDHAR), dehidroaskorbat redüktaz (DHAR), glutatyon redüktaz (GR) ve glutatyon S-transferaz (GST), enzimatik olmayanlar ise, askorbik asit, glutatyon, tokoferoller, karotenoidler, prolin, glisin betain ve flavonoidlerdir (Şekil 2.8) (Gill & Tuteja, 2010; Hasanuzzaman vd., 2020; Hasanuzzaman vd., 2012; Kaur vd., 2019).



Şekil 2.8. Bitkilerde antioksidan savunma mekanizmalarının ana hatları; (A) antioksidan türleri, (B) ROS'u detoksifiye etmek için kullanılan antioksidanların mekanizması (Hasanuzzaman vd., 2020).

Antioksidanlar farklı mekanizmalar ile oksidanlar üzerinde etki etmektedirler.

a) Oksijeni ortamdan uzaklaştırır ya da lokal olarak bulunduğu yerde konsantrasyonunu azaltırlar.
b) Serbest radikallerin lipit, protein ve DNA gibi yapılarda oluşturdukları hasarı onarırlar.
c) Serbest oksijen radikalleriyle etkileşip onlara bir hidrojen aktararak aktivitelerini azaltır veya aktif olmayan şekle dönüştürürler.
d) Serbest radikal hasarına yol açan zincir reaksiyonların başlamasını engellerler (Özcan vd., 2015).

Enzimatik antioksidan çeşitleri içerisinde sınıflandırılınan süperoksit dismutaz (SOD), bitki hücrelerinde oluşan ROS'ların toksik etkilerine karşı geliştirilen antioksidan savunma mekanizmasının ilk bileşenidir. O_2^{-}'yi H_2O_2 ve O_2'ye katalizleyen enzimatik bir antioksidandır. Aktif bölgelerinde yer alan metal iyonlarına bağlı olarak üç izoenzimi bulunur. Bunlar bakır ve çinko içeren CuZn-SOD, mangan içeren Mn-SOD ve demir içeren Fe-SOD' lardır (Mittler, 2002). SOD'un tüm formları çekirdek tarafından kodlanmakta ve amino ucunun işaretlenmesi ile de gideceği hücre bölümü belirlenmektedir (Scandalios, 1990). Fe-SOD genelde bitkilerde belirlenememelerine

karşın tespit edildikleri zaman kloroplast kısımlarında, Mn-SOD mitokondri ve peroksizomlarda, CuZn-SOD kloroplast, sitoplazma ve hücrelerarası boşlukta yer almaktadır (Gill & Tuteja, 2010; Kireçci, 2018). SOD izoenzimlerinin aktiviteleri, negatif boyanmaları ve potasyum siyanür (KCN) ve H_2O_2 duyarlılıklarına göre belirlenir (Kireçci, 2018). Yapılan çalışmalar sonucunda, SOD çeşitlerinin ifadelerindeki artışların biyotik ve abiyotik strese bağlı oluşan oksidatif stresle başa çıkmada ve bitkilerin stres koşulları altında canlılığı sürdürmesine katkı sağlamada önemli rolleri olduğu ileri sürülmüştür (Gill & Tuteja, 2010). Artan SOD aktivitelerinin, genellikle bitkinin stres koşullarına karşı artan toleransı ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Sharma vd., 2012).

Katalaz (CAT), H_2O_2'nin direkt olarak H_2O ve O_2'ye dönüşümünü sağlayarak hücreleri strese karşı korumada görevli önemli bir enzimatik antioksidandır. Bitki hücrelerinde temel olarak peroksizomlarda bulunur, ayrıca mitokondri ve sitoplazmada da CAT aktivitesi gözlenmiştir (Sharma & Ahmad, 2014). Bitkilerde fotorespirasyon ve yağ asitlerinin β-oksidasyonu ile ortaya çıkan H_2O_2' nin detoksifiye edilmesinden sorumludur. Pürin metabolizması sırasında oluşan H_2O_2 moleküllerinin detoksifikasyonunda oldukça etkili bir enzimdir (Büyük vd., 2012; Garg & Manchanda, 2009; Gill & Tuteja, 2010). Çoklu moleküler formları *Nicotiana tobacco* (Havir & McHale, 1987), *Nicotiana plumbaginlfolia* (Willekens vd., 1994), *Arabidopsis thaliana* (Zhong vd., 1994), *Pinus taeda* (Mullen & Gifford, 1993), pamuk (Ni vd., 1990), ayçiçeği (Eising vd., 1990) ve domates (Gianinetti vd., 1993) gibi farklı bitki türlerinde belirlenmiştir. Stres koşulları altında CAT aktivitesinde meydana gelen artışın, muhtemelen H_2O_2'nin toksik seviyelerini azaltarak doku metabolizmasındaki hasarın üstesinden gelmeye yardımcı olan bir özelliği olduğu düşünülmektedir (Kireçci, 2018).

Glutatyon peroksidaz (GPX), H_2O_2, organik hidroperoksitler ve lipit peroksitlerin glutatyon (GSH) tarafından indirgenmesini katalizleyen ve hücrelerin oksidatif hasara karşı korunmasına yardımcı olan bir enzimdir. Dört protein alt biriminden oluşur ve her bir alt biriminde bir selenyum atomu yer alır (Sen & Chakraborty, 2011). İki ana tipi mevcuttur. Bunlardan biri aktif bölgesinde selenyum içeren selenyuma bağımlı glutatyon peroksidaz (Se-GPx), diğeri selenyuma bağımlı olmayan glutatyon peroksidazdır (GST). Se-GPx, H_2O_2 ve organik hiperoksitlere karşı etkiliyken, GST daha çok organik hidroperoksitlerin üzerinde etkilidir. Bu reaksiyonlar sırasında GSH, hidrojen verici

olarak hareket ettiğinden dolayı H_2O_2 ve hidroperoksitler indirgenirken GSH okside olur ve glutatyon disülfite (GSSG) dönüşür (Karabulut & Gülay, 2016). Selenyum kofaktör olarak kullanılır. Hücrelerin sitoplazmasında bulunan GPX, H_2O_2 birikimine engel olmaktadır. Böylece lipit peroksidasyon sürecini engellemede önemli rol oynar ve hücreleri oksidatif stresten korur (Gill & Tuteja, 2010).

Bitki glutatyon S-transferazları (GST), geniş gen aileleri tarafından kodlanan çok işlevli enzimlerdir. GST genlerinin karakteristik bir özelliği, biyotik ve abiyotik stres koşulları tarafından indüklenebilir olmalarıdır (Gullner vd., 2018). Bitki GST'leri ile ilgili ilk raporlar 1970 yılında ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmada GST'nin, mısır bitkilerinde endojen tripeptit glutatyon konjugasyonu yoluyla herbisit atrazinin detoksifikasyonunu katalize ettiği belirlenmiştir (Frova, 2003; Lamoureux vd., 1970). Bu sonuçlardan sonra, bitkilerde çeşitli herbisitlerin ve diğer toksik ksenobiyotik bileşiklerin detoksifikasyonuna odaklanan bir GST araştırması yapılmıştır (Gullner vd., 2018). GST'lerin, elektrofilik merkezlere sahip çeşitli ksenobiyotikler ile nükleofilik GSH arasındaki konjugasyonu katalize ettiği, böylece ksenobiyotiği vakuolar birikim için etiketlediği belirlenmiştir (Martinoia vd., 1993). Yapılan ilk çalışmalarda, GST'lerin spesifik olarak sitozolde bulunduğu bildirilir, ancak daha sonra eş zamanlı araştırmalar ile tütünde Nt ParA ve *Arabidopsis thaliana*'da GTSU12 olmak üzere iki GST'nin ilk olarak çekirdekte bulunduğu saptanmıştır. Son çalışmalar ile GST'ler kloroplast, mitokondri ve endoplazmik retikulumda da bulunduğu rapor edilmiştir (Vaish vd., 2020). Bazı GST'lerin oksin ile indüklenebilir olduğu, ayrıca oksin taşınmasına katıldığı gözlenmiştir. Ayrıca antosiyaninler gibi sekonder metabolitlerin normal metabolizmasında GST'lerin rol oynadığı ortaya konmuştur (Gullner vd., 2018). Bununla birlikte, GST'lerin detoksifikasyon işlevi hakkında toplanan geniş bilginin aksine, endojen bitki süreçlerindeki rollerinin henüz tam olarak belirlenmemiştir (Gullner vd., 2018).

2.5.4. Reaktif Oksijen Türleri ve Fotosentez

Tüm aerobik canlılarda olduğu gibi bitkiler için de O_2 düzeyi oldukça önemli bir yere sahiptir. O_2 normal koşullar altında bitki büyüme ve gelişimi için gerekliyken, miktarındaki artış, ölüm ile sonuçlanabilecek hücresel hasarların oluşmasına yol açmaktadır. Bunun temel sebebi, O_2'nin hücrede sürekli indirgenerek farklı ROS'ları oluşturmasıdır.

ROS normal koşullarda hücresel metabolizmalarda sürekli üretilmekte ve bitki hücreleri sahip oldukları antioksidan savunma sistemleri ile ROS miktarlarını düşük düzeyde tutmaktadır (Çulha & Çakırlar, 2011). Ancak biyotik ve abiyotik stres faktörleri altında antioksidan sistemlerin aktivitelerindeki azalış ve bu koşulların ROS sentezlenmesini tetiklemesi birikime yol açmaktadır (Gill & Tuteja, 2010).

Gelişmiş bitkilerde fotosentez, oldukça iyi organize olmuş tilakoid membranlara sahip olan kloroplastlarda meydana gelir. Tilakoid membranlar optimum ışık absorbsiyonu için gerekli yapısal özelliklere ve bileşenlere sahiptir. Kloroplastlar aynı zamanda ROS üretimi için önemli kaynaklardır (Pfannschmidt, 2003). Fotosistem I ve fotosistem II'deki elektron taşınım reaksiyonları esnasında O_2'nin indirgenmesi sonucunda ROS sentezlenmektedir (Galvez Valdivieso & Mullineaux, 2010). Fotosentez sırasında elektron taşınım reaksiyonlarından gelen elektronların O_2' ye aktarılması ile ilk olarak O_2^- oluşmakta, aşırı miktarda biriken O_2^- çeşitli reaksiyonlar ile H_2O_2, OH^- ve $^1O_2$'in oluşmasına yol açarak sonuçta oksidatif hasara neden olmaktadır (Mittler, 2002; Mittler vd., 2004). Stres koşulları altında fotosentetik aktivitede meydana gelen değişimler ise gelişmiş bitkilerde bir stres sensörü olarak kabul edilmektedir (Doğru & Canavar, 2020).

2.5.5. Reaktif Oksijen Türlerinin Lipidler Üzerindeki Etkisi

Oksidatif stres, proteinler, nükleik asitler, karbonhidratlar ve lipitler gibi biyomoleküllerin geri dönüşümlü veya geri dönüşümsüz modifikasyonlarına neden olmaktadır (Farmer & Mueller, 2013; Møller vd., 2007; Sies & Cadenas, 1985). Bunlar arasında özellikle lipid oksidasyonu ya da lipid peroksidasyonu önem taşımaktadır. Çünkü bu olay zincir reaksiyonlar yoluyla serbest radikallerin çoğalmasına yol açar ve yaygın olarak oksidatif stresin bir belirtisi olarak kabul edilir (Farmer & Mueller, 2013).

Lipidler, biyolojik sistemler içerisinde ROS'ların toksik etkilerine karşı en duyarlı yapılardır. ROS'ların düşük konsantrasyonlarda, stres altındaki bitkilerde savunma mekanizmalarını harekete geçirmek için sinyal molekülleri olarak hareket ederken, yüksek konsantrasyonlarda hücresel bileşenlerin zarar görmesine yol açmaktadır. ROS seviyesindeki artış, hücre ve organel membranlarında bulunan çoklu doymamış yağ asitlerinde (PUFA) oksidasyona yol açarak lipid peroksidasyonunu başlatmaktadır. Hem hücre hem de organel zarlarında lipid peroksidasyonu, eşiğin üzerindeki ROS seviyelerine ulaşıldığında gerçekleşir.

Lipid peroksidasyonu başlama, yayılma ve sonlanma olmak üzere üç aşamada gerçekleşen bir süreçtir (Catalá, 2006; Farmer & Mueller, 2013). Yüksek reaktiviteye sahip radikallerin hücre membranlarında bulunan PUFA'lara saldırarak bir hidrojen atomunu (H^+) metilen gruptan ($-CH_2-$) koparması ile başlamaktadır. Sonuçta karbon merkezli bir lipid radikali ($-\cdot CH-$ veya $L\cdot$) meydana gelir. Fosfolipidler radikallere ve peroksidasyona karşı duyarlıdır. Çünkü yağ asitlerinin yapısındaki çift bağlar C-H bağlarını zayıflatır ve H^+ uzaklaştırılmasını kolaylaştırır. Bu nedenle özellikle hücresel membran lipitlerinin çoklu doymamış yağ asidi zincirleri peroksidasyona daha fazla duyarlıdır. Hidrojen kaybeden yağ asiti moleküler olarak yeniden düzenlenir. $L\cdot$ oksijeni aktive eder ve oksijen merkezli bir lipid peroksil radikali ($LOO\cdot$) oluşturabilir. Bu radikal de komşu yağ asidinden bir H^+ uzaklaştırarak bir lipid hidroperoksit (LOOH) ve ikinci lipid radikalini ($L\cdot$) meydana getirebilir (Catalá, 2006). Böylece yayılma evresi başlar. LOOH, indirgenmiş demir ve bakır gibi geçiş metalleri ile indirgeyici bir kırılmaya uğrayabilir ve lipid alkoksil radikalini ($LO\cdot$) meydana getirir. $LO\cdot$ oldukça reaktiftir ve başka bir yağ asidinden bir hidrojen atomu koparabilir (Farmer & Mueller, 2013; Przybyla vd., 2008). Membranlarda meydana gelen zincirleme peroksidasyon reaksiyonları ortama zincir kırıcı bir antioksidan eklenen kadar devam eder. Şiddetli lipid peroksidasyonu, hücre ve organel membranlarının akışkanlığının bozulmasına, seçici geçirgen özelliklerinin zayıflamasına, organellerin parçalanmasına, DNA, RNA ve proteinlerin fonksiyonlarını kaybetmesine neden olur (Farmer & Mueller, 2013; Halliwell & Gutteridge, 2015). Lipit peroksidasyon reaksiyonları sonucunda malondialdehit (MDA), 4-hidroksi-2-nonenal, 4-hidroksi-2-hegzanal, akrolein oluşur ve bu son ürünler oksidatif stres markörü olarak kabul edilir (Del Rio vd., 2005; Farmer & Mueller, 2013).

2.5.6. Reaktif Oksijen Türlerinin Proteinler Üzerindeki Etkisi

Protein oksidasyonu, ROS ile doğrudan ya da oksidatif stresin yan ürünleri tarafından dolaylı indüklenen bir proteinin kovalent modifikasyonu olarak tanımlanır. Doğrudan modifikasyon, nitrozilasyon, karbonilasyon, disülfit bağı oluşumu ve glutatyonilasyon yoluyla bir proteinin aktivitesinin modülasyonunu içerir. Dolaylı modifikasyon ise proteinler ile 4-hidroksinonenal ve malondialdehit gibi lipid peroksidasyonu ürünlerinin reaksiyona girmesi sonucu gerçekleşir (Sharma vd., 2012). Proteinlerin yapısındaki bu tip modifikasyonlar spesifik metabolik, yapısal, düzenleyici ve taşınım gibi proteinlerle gerçekleştirilen fonksiyonların bozulmasına veya tamamen kaybolmasına neden olur. Protein oksidasyonu aynı zamanda toksik protein ürünlerinin oluşumuna ve sonuçta hücre ölümlerine yol açabilir (Avery, 2011; Demidchik, 2015). Aşırı ROS üretiminin bir sonucu olarak, bölgeye özgü aminoasit modifikasyonu, peptit zincirinin parçalanması, çapraz bağlı reaksiyon ürünlerinin agregasyonu, değişen elektrik yükü ve proteinlerin proteolize karşı duyarlılığının artışı meydana gelir (Sharma vd., 2012). Tuzluluk, kuraklık ve ağır metal toksisitesi gibi birçok stres faktörünün bitkilerde protein oksidasyonuna neden olduğu bildirilmiştir (Bartoli vd., 2004; Romero-Puertas vd., 2002; Tanou vd., 2009).

2.5.7. Reaktif Oksijen Türlerinin DNA Üzerindeki Etkisi

Bitki DNA'sı oldukça kararlı bir yapıya sahip olmasına rağmen, biyotik ve abiyotik stres faktörlerine maruz kalması nedeniyle hasara uğrayabilir (Tuteja vd., 2009). DNA hasarı ROS ($^1O_2$ ve OH^-) tarafından endojen olarak meydana gelmektedir (Valko vd., 2006). Yüksek reaktiviteye sahip OH^- radikalleri DNA bazlarındaki çift bağlara H atomu ilave ederek veya 2-deoksiribozun C-H bağlarından ve timin yapısındaki metil gruplarından H atomu çıkararak DNA molekülünde hasar oluşturur. Bunun dışında $^1O_2$ radikali sadece guanin bazı ile reaksiyona girerken, H_2O_2 ve O_2^- ise hiçbir DNA bileşeni ile reaksiyona girmemektedir (Gill & Tuteja, 2010; Halliwell & Gutteridge, 2015). ROS'un DNA üzerindeki başlıca etkileri, baz delesyonu, primer dimerler ve çapraz bağlarda hasar ve baz modifikasyonları olarak sıralanabilir (Tuteja vd., 2001; Tuteja & Tuteja, 2001). DNA hasarının, bitkinin büyüme ve gelişimini etkileyen protein sentezinde indirgenme, hücre zarı yıkımı ve fotosentetik proteinlerde hasar gibi çeşitli fizyolojik süreçlere etki ettiği bildirilmiştir (Britt, 1999). Ayrıca transkripsiyonun durdurulması

veya indüksiyonu, sinyal iletim yolaklarının indüklenmesi, replikasyon hataları, hücre zarı yıkımı ve genomik kararsızlık DNA hasarının bazı sonuçlarıdır (Britt, 1999; Cooke vd., 2003).

2.5.8. Isı Şok Protein Ailesi

Bitkiler stres koşulları altında yaşayabilmek için stresle ilişkili olan proteinleri kodlayan genleri aktif hale getirmektedirler. Isı şoku proteinleri stres koşulları altında biriken stresle ilişkili önemli bir protein grubudur. Tüm prokarkotik ve ökaryotik hücrelerde varlığı kanıtlanan ve evrimsel süreç içerisinde yüksek oranda korunmuş proteinlerdir. 1962 yılında İtalyan bilim adamı Ferruccio Ritossa tarafından keşfedilmişlerdir. Ritossa, *Drosophila melanogaster* larvalarının tükürük bezi kromozomlarında yüksek ısıya bağlı olarak artan gen ifadesi sonucu puff (şişkinlik) adı verilen yapılar gözlemlemiştir (Ritossa, 1962). Bu rapordan sonra puff bölgesinde kodlanan proteinler belirlenerek, çevre sıcaklığındaki ani artışa bağlı olarak sentezlerinin artmasından dolayı, ısı şok proteinleri (HSP) olarak adlandırılmıştır (Tissiéres vd., 1974). Ancak daha sonra yapılan çalışmalar sonucunda yüksek ısı dışında, düşük sıcaklık, UV ışık, yara iyileşmesi, dokunun yeniden şekillenmesi veya biyotik stresler dahil olmak üzere birçok stres faktörü tarafından da *hsp* genlerinin indüklendiği anlaşılmıştır (Boston vd., 1996; Lindquist, 1986; Vierling, 1991).

HSP'ler, hem normal hem de stres koşulları altında hücresel homeostasinin sağlanmasına katkıda bulunan temel bileşenlerdir. Normal hücre büyüme ve gelişim aşamalarında, proteinlerin katlanması, bir araya getirilmesi, taşınması ve parçalanmasından sorumlu oldukları belirlenmiştir (Lindquist, 1986; Lindquist & Craig, 1988; Wang vd., 2004). Ayrıca proteinlerin stabilizasyonunda işlev görür ve stres koşulları altında proteinin yeniden katlanmasına yardımcı olurlar (Sitia & Braakman, 2003; Whitley vd., 1999). HSP'lerin birçok üyesi, moleküler şaperonlar gibi, yeni oluşan proteinlerin ve hücre içerisinde stresle hasar görmüş proteinlerin üç boyutlu katlanması gibi işlevleri gerçekleştirirler (Whitley vd., 1999). Moleküler ağırlıklarına ve fonksiyonlarına göre; sHSP (küçük ısı şoku proteinleri), HSP40, HSP60, HSP70, HSP90 ve HSP100 olmak üzere altı sınıfa ayrılırlar (NS vd., 2012). Bu HSP'lerin birçoğu sitoplazmada bulunurken, endoplazmik retikulum, kloroplastlar, mitokondri ve çekirdek gibi diğer organellerde de yer alırlar. Farklı yerlerde bulunan proteinlerin protein

homeostazında farklı ve dinamik rollere sahip oldukları düşünülmektedir (Boston vd., 1996; Park & Seo, 2015; Vierling, 1991).

Küçük Isı Şoku Proteinleri (sHSP), 15 ila 42 kDa arasında değişen moleküler ağırlıklara sahiptir (Al-Whaibi, 2011). Karakteristik işlevlerinden biri, uygun olmayan katlanmaya sahip proteinlerin parçalanmasıdır. sHSP'leri diğer şaperon sınıflarından ayıran bir diğer özellik ise aktivitelerinin ATP'den bağımsız olmasıdır (Miernyk, 1999). Bitki sHsp'lerin tümü çekirdek tarafından kodlanmaktadır. Hücrede sitoplazma, çekirdek, kloroplast, endoplazmik retikulum ve mitokondri olmak üzere birçok bölgede bulunur ve farklı görevleri vardır (Waters vd., 1996). sHSP'ler genel olarak normal büyüme koşullarında vejetatif dokularda bulunmamaktadır. Normal koşullarda bitkilerdeki sHSP'lerin sentezi embriyogenez, çimlenme, polen gelişimi ve meyve olgunlaşması gibi belirli gelişim aşamalarında gerçekleşir. Ayrıca bitki sHSP'lerinin, farklı çevresel stres faktörleri tarafından uyarılarak ekspresyon seviyelerini arttırdığı bildirilmiştir (Safdar vd., 2012).

Şaperoninler, yeni sentezlenmiş proteinlerin doğal formlarına ulaşmalarına yardımcı olan yüksek moleküler ağırlığa sahip silindirik komplekslerdir (Bukau & Horwich, 1998; Frydman, 2001). Prokaryotlarda ve ökaryotların mitokondri ve plastidlerinde bulunan bir moleküler şaperon sınıfıdır. Başlıca örnekleri, prokaryotik GroEL ve ökaryotik eşdeğeri HSP60'tır (Boston vd., 1996; Hartl, 1996). Bitki şaperoninlerinin fonksiyonel karakterizasyonu sınırlıdır. Rubisco gibi plastid proteinlerine yardımcı olmada önemli oldukları genel olarak kabul edilmektedir (Boston vd., 1996; Hemmingsen vd., 1988). Bazı çalışmalar, bu protein sınıfının kloroplast ve mitokondri gibi organellere taşınan birçok proteinin katlanması ve toplanmasında rol oynayabileceğine işaret etmiştir (Lubben vd., 1989).

HSP ailesinin bir diğer üyesi olan HSP70, hemen hemen tüm organizmalarda şaperonlar olarak işlev görmektedir (Al-Whaibi, 2011). HSP70 şaperonları ko-şaperonları (örn. DnaJ/HSP40 ve GrpE) ile birlikte, neredeyse tüm hücresel bölmelerde çok çeşitli protein katlama işlemlerine yardımcı olur. Hem normal hem de stres koşullarında agregasyonu önlemede ve doğal olmayan proteinlerin yeniden katlanmasında temel işleve sahiptir (Frydman, 2001; Hartl, 1996). Çeşitli proteinlerin membran boyunca taşınmasında ve düzenleyici proteinlerin aktivitesinin kontrolünde rol

almaktadır (Bukau & Horwich, 1998; Hartl vd., 2011) Ayrıca proteinleri lizozomlara veya proteazomlara hedefleyerek kararsız proteinlerin proteolitik bozunmasını kolaylaştırır (Hartl, 1996).

HSP90'nın, ökaryotik canlılarda en çok eksprese edilen proteinlerden biri olduğu ve eksprese edilen tüm proteinlerin yaklaşık %1-2'sini oluşturduğu bildirilmiştir (Wang vd., 2004; Xu vd., 2012). Stres koşulları altında HSP90 ekspresyonu %4-6 seviyelerine çıkabilmektedir (Wegele vd., 2004; Young vd., 2001). Esas olarak sitoplazmada bulunmakta ve nadiren endoplazmik retikulum, mitokondri ve kloroplastlarda da görülmektedirler (Gupta, 1995; Hao vd., 2010). HSP90'ın temel görevi, protein katlanmasını yönetmektir (Buchner, 1999; Frydman, 2001). Ayrıca sinyal iletim ağlarında, hücre döngüsünün kontrolünde ve protein bozulmasında da önemli bir rol oynamaktadırlar (Pratt vd., 2001; Richter & Buchner, 2001; Young vd., 2001).

BÖLÜM 3

MATERYAL METOD

3.1 Materyal

Yapılan çalışmada bitkisel materyal olarak, tohumları T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü' nden temin edilen *Oryza sativa* L. cv. Osmancık-97 ve Cameo kullanılmıştır.

Osmancık-97: Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından Rocca x Europa melezinden geliştirilmiş bir çeltik çeşididir. Sağlam saplı ve yatmaya dayanıklı bir çeşittir. Bitki boyu 95-100 cm olarak belirlenmiştir. Çeltik bin tane ağırlığı 33-34 g, pirinç bin tane ağırlığı 24-25 g'dır. Osmancık-97, 130-135 günde olgunlaşan, yüksek verim potansiyeline sahip bir çeşittir. Farklı ekolojilere uyum sağlayabilmektedir. Kök boğaz çürüklüğü hastalığına dayanıklı bir çeşittir. Salkım boğum ve salkım yanıklığı hastalığına toleranslı olduğu belirtilmiştir (Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü).

Cameo: Harman Tarım Tohumculuk ve Gıda Pazarlama Tic. Ltd. Şti. tarafından üretim izni alınmış İtalya orijinli bir çeltik çeşididir. Bitki boyu 85-90 cm olup, olgunlaşma süresi 135 gün olarak belirlenmiştir. Cameo uzun taneli baldo tipi kristal yapıda, orta olgunlaşma süresine sahip, kısa boylu, yüksek verimli ve hastalıklara dirençli bir çeşittir (Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü, 2016).

Çalışmada herbisit olarak, çeltik tarımı yapılan alanlarda yabancı ot mücadelesinde yaygın olarak kullanılan quinclorac, cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA etken maddelerini içeren herbisitler kullanılmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Herbisitler hakkında genel bilgi.

Herbisit Etken Madde Adı ve Oranı	Etki Mekanizması Grubu HRAC	Kontrol Ettiği Yabancı Ot	Kullanım Dozu ve Dönemi
250 g/l Quinclorac	L	Darıcan (*Echinochloa crus-galli*) Çeltiksi Darıcan (*Echinochloa oryzoides*)	150 ml/da Çıkış sonrası, yabancı otların 3-5 yapraklı döneminde kullanılır.
200 g/l Cyhalofop-butyl	A	Darıcan (Echinochloa crus-galli) Baraj otu (Diplachne fusca) Çeltiksi darıcan (Echinochloa oryzoides) Tüylü çayırgüzeli (Eragrostis pilosa) Su ayrığı (Paspalum paspalodes)	150 ml/da Çıkış sonrası, yabancı otların 2-4 yapraklı döneminde kullanılır.
250 g/L Bentazone + 125 g/L MCA	C3:6 O:4	Kurbağakaşığı (*Alisma plantago*) Güvercinayağı (*Ammannia baccifera*) Kız otu (*Cyperus difformis*) Dip otu (*Lindemia pyxidaria*) Üç köşeli sandalye sazı (*Scirpus mucronatus*)	200 ml/da Çıkış sonrası yabancı otların 3-5 yapraklı döneminde kullanılır.

3.2. Bitkilerin Yetiştirilmesi

Osmancık-97 ve Cameo çeltik çeşitlerine ait tohumlar % 5 sodyum hipoklorit çözeltisi içerisinde 20 dakika bekletilerek yüzey sterilizasyonu yapılmıştır. Daha sonra 3 kez distile su ile yıkanan tohumlar ön çimlendirme işlemi için iki gün boyunca su içerisinde bekletilmiştir. Trakya Üniversitesi Biyoloji Bölümü'ne ait seraya yerleştirilen saksılara her bir saksıda 50 adet tohum olacak şekilde ekilmiştir. Yetiştirme ortamı olarak cocopeat toprak kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çeltik tohumlarının ekimi.

Serada saksılarda çimlenmeye bırakılan tohumlar her gün düzenli olarak sulanmıştır. Çimlenen çeltik fidelerinin büyüme ve gelişmesini desteklemek amacıyla sulamada hoagland sıvısı kullanılmıştır (Hoagland & Arnon, 1950) (Çizelge 3.2). Bu sıvı fide dönemi boyunca haftada iki gün, her bir saksıya 50 ml olarak uygulanmıştır. Bitkiler sapa kalkma dönemine girdiklerinde hoagland miktarı 100 ml'ye yükseltilerek uygulamaya devam edilmiştir.

Çizelge 3.2. Hoagland besin çözeltisi için hazırlanan stok çözeltiler.

Stok Çözeltide Kullanılan Maddenin adı	Madde Miktarı (gr/l)	1L Su İçerisine Katılacak Stok Çözelti Miktarı
Amonyum hipofosfat ($NH_4H_2PO_4$)	23	5
Kalsiyum nitrat ($Ca(NO_3)_2$)	189	5
Kalsiyum klorür ($CaCl_2$)	29	5
Magnezyum sülfat ($MgSO_4 \bullet 7H_2O$)	99	5
Potasyum nitrat (KNO_3)	121	5
Mikro elementler: • Borik asit (H_3BO_3) • Bakır klorür ($CuCl_2 \bullet 2H_2O$) • Çinko klorür ($ZnCl_2$) • Mangan klorür ($MnCl_2 \bullet 4H_2O$) • Molib asit ($H_2M_6O4 \bullet H_2O$)	 0.72 0.02 0.06 0.45 0.01	2
Demir klorür ($FeCl_3 \bullet 6H_2O$)	10	2

3.3. Herbisit Uygulaması ve Örneklerin Alınması

Herbisit uygulamaları çeltik bitkileri yaklaşık 10 cm boyuna geldiğinde yapılmıştır. Quinclorac, cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA etken maddelerini içeren herbisitler ve bu üç herbisitin belirli oranlarda karıştırılması sonucu elde edilen mix; kontrol (0), D doz (tarımsal kullanım) ve 2D doz (tarımsal kullanımın iki katı) olarak uygulanmıştır. Bu uygulama bir el püskürtücüsü yardımı ile yapılmıştır. Çalışmada çeltik bitkilerine uygulanan herbisit miktarları 25 L su baz alınarak hesaplanmıştır. 0,5 L su için yapılan hesaplamaya göre her bir gruba uygulanan herbisit miktarı Çizelge 3.3'te yer almaktadır.

Çizelge 3.3. Çeltik çeşitlerine uygulanan herbisit miktarları.

Herbisit Çeşitleri	Kullanım Miktarı
1. Kontrol	(0)
2. Quinclorac 1. Doz	3 ml
3. Quinclorac 2. Doz	6 ml
4. Cyhalofop Butyl 1. Doz	3 ml
5. Cyhalofop Butyl 2. Doz	6 ml
6. Bentazon+MCPA 1. Doz	4 ml
7. Bentazon+MCPA 2. Doz	8 ml
8. Mix 1. Doz (Quinclorac+Cyhalofop Butly+Bentazon+MPCA)	3 ml+3 ml+4 ml
9. Mix 2. Doz (Quinclorac+Cyhalofop Butly+Bentazon+MPCA)	6 ml+6 ml+8 ml

Herbisit uygulamasından sonra çeltik bitkilerinin gelişim dönemleri göz önünde bulundurularak fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu dönemlerinde hem kontrol hem de uygulama gruplarından bitki örnekleri alınmıştır. Bitki örneklerinin fotoğrafları çekilerek her bir döneme ait boy uzunlukları belirlenmiştir. Fizyolojik ve genetik analizlerde kullanılmak üzere ayrılan örnekler daha sonra kullanılmak üzere buzdolabında +4 ^{o}C'de muhafaza edilmiştir.





Şekil 3.2. Çeltik bitkilerinin fide dönemine ait genel görünüşü.



Şekil 3.3. Çeltik bitkilerinin sapa kalkma dönemine ait genel gönüşü.



Şekil 3.4. Çeltik bitkilerinin salkım oluşumu dönemine ait genel görünüşü.



Şekil 3.5. Çeltik bitkilerinin salkım oluşumu dönemine ait genel görünüşü.

3.4. Fotosentetik Pigment Analizi

Fotosentetik pigment analizi Arnon (1949) metoduna göre yapılmıştır. Fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu dönemlerinde alınan taze yaprak örnekleri analize başlamadan önce küçük parçalara ayrılmıştır. Her bir kontrol ve deney grubuna ait yaprak örneklerinden 200 mg tartılarak 50 ml' lik falcon tüpler içerisine konulmuştur. Daha sonra yaprak örnekleri homojenleştirici (Daihan, HG-15D) ile 8 ml EMSURE dereceli asetonda (% 80) homojenize edilmiştir. Homojenat ependorf tüplere alınarak 3000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatanların absorbansı bir Hıtachi-1800 UV Spektrofotometre kullanılarak 645, 652, 663 ve 470 nm'de ölçülmüştür. Hesaplamalar için Lichtenthaler & Wellburn (1983) tarafından aşağıda verilen formüller kullanılmıştır (A: ölçülen absorbans değeri).

Toplam klorofil = A_{652} x 27.8 x 20 / mg örnek ağırlığı

Klorofil a (Kl a) = (11.75 x A_{663} - 2.35 x A_{645}) x 20 / mg örnek ağırlığı

Klorofil b (Kl b) = (18.61 x A_{645} - 3.96 x A_{663}) x 20 / mg örnek ağırlığı

Karotenoid = ((1000 x A_{470} – 2.27 x Kla – 81.4 x Klb) /227) x 20 /mg örnek ağırlığı

3.5. Malondialdehit Analizi

Malondialdehit (MDA) analizi Heath & Packer (1968)'a göre yapılmıştır. Bu yönteme göre fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu dönemlerinde alınan yaprak örneklerinden 500 mg tartılarak 50 ml'lik falcon tüpe konulmuştur. Tüp içerisinde 5 ml % 0,1'lik trikoloroasetik asit (TCA) ilave edilerek örnekler homojenize edilmiştir. Homojen hale getirilen örnekler ependorf tüplere alınarak 10.000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi tamamlandıktan sonra her bir grup için iki adet olarak hazırlanan 15 ml'lik falcon tüplerin içerisine 500 µl örnek ve 2 mL % 0,5'lik thiobarbiturik asit (TBA) (TBA % 20'lik TCA içinde hazırlandı) konulmuştur. 30 dakika 95 °C'de bir su banyosunda inkübe edilmiştir. Reaksiyon, tüpler bir buz banyosuna yerleştirilerek durdurulmuştur. Son karışım ependorf tüplere alınarak 15 dakika boyunca 10.000 rpm'de santrifüjlenmiştir. Süpernatantın absorbansı 532 ve 600 nm'de ölçülmüştür. MDA içeriği, bir Multiscan GO mikroplaka okuyucusu (Thermo Scientific, ABD) kullanılarak 155 mM^{-1} ekstinksiyon katsayısı kullanılarak hesaplanmış ve nmol/g olarak ifade edilmiştir.

MDA (nmol/g): $((A_{532}-A_{600}) /155000)) x10^6$

3.6. Total Protein Analizi

Total protein analizi Bradford (1976) yöntemine göre yapılmıştır. Fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu dönemlerinde alınan yaprak örnekleri kullanılmıştır. Her bir grup için 500 mg yaprak örneği tartılıp 50 ml'lik falcon tüpler içerisine konulmuştur. Daha sonra tüplerin içerisine 3 ml sodyum-fosfat (pH 7,2) ilave edilerek bir homojenleştirici (Daihan, HG-15D) ile homojenize edilmiştir. Parçalama işlemi tamamlanan örnekler 1,5 ml'lik tüpler alınmıştır. Örnekler 14.000 rpm de 25 dakika 4 ^oC'de santrifüj edilmiştir. Total protein miktarı bir Optizen Nao Q nanodrop spektrometre kullanılarak belirlenmiştir.

3.7. Rastgele Çoğaltılmış Polimorfik DNA (RAPD) Testi

3.7.1. DNA İzolasyonu

Fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu dönemlerinde anlınan bitki yaprak örnekleri küçük parçalara ayrılmıştır. Her bir gruptan 200 mg yaprak örneği tartılıp 50 ml'lik falcon tüpler içerisine konulmuştur. Tüplerin içerisine 5 ml ultra saf su ilave edilerek homojenize edilmiştir. Daha sonra 2 ml'lik ependorf tüplere aktarılarak 5 dakika 10.000 rpm'de +4 ^{o}C'de santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen örneklerin süpernatantları atılmıştır. Toplam DNA, i-genomic Plant DNA Extraction Mini Kit kullanılarak kontrol ve deney grubuna ait örneklerden izole edilmiştir. Bu aşamada izlenen adımlar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

1. 390 µl Buffer PG, 7 µl enhancer solution, 20 µl proteinkinase K ve 5 µl RNaseA'dan oluşan solüsyon kontrol ve deney grubu örneklerinin bulunduğu tüplere eklenmiş ve örnekler vortekslenmiştir.
2. Örnekler 65 ^{o}C'de 30 dakika inkübe edilmiştir.
3. Daha sonra 100 µl Buffer PPT ilave edilmiş ve hızlıca çalkalanmıştır. Örnekler 5 dakika buz üzerinde inkübe edilmiştir.
4. İnkübasyon işlemi tamamlanan örnekler oda sıcaklığında 13.000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilmiştir.
5. Elde edilen süpernatantın 200 µl'si 1,5 ml'lik yeni bir ependorf tüpe aktarılmıştır.
6. Daha sonra tüpün içerisine 650 µl Buffer PB eklenmiş ve 5-6 kez yavaşça ters çevrilerek veya pipetaj yapılarak iyice karıştırılmıştır.
7. 2 ml'lik bir toplama tüpüne yerleştirilmiş spin kolonuna karışımdan 650 µl pipetlenmiştir.
8. 1 dakika 13.000 rpm'de santrifüjlenmiş ve akış atılmıştır. Toplama tüpü yeniden kullanılmıştır (7. adımdaki).
9. Geriye kalan örnek tekrar 1 dakika 13.000 rpm'de santrifüjlenmiştir. Akış ve toplama tüpü atılmıştır.

10. Spin kolonunu 2 ml'lik yeni bir toplama tüpüne yerleştirilmiştir. Tüpün içerisine 700 µl Buffer PWA eklenmiş ve 13.000 rpm'de 1 dakika santrifüjlenerek akış atılmıştır.

11. Daha sonra tüpün içerisine 700 µl Buffer PWB eklenmiş ve 13.000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Akış ve toplama tüpü tamamen atılmıştır.

12. Spin kolonu 1,5 ml'lik yeni bir tüpe yerleştirilmiş ve 100 ml Buffer PE doğrudan tüpün içerisine konulmuştur.

13. Örnekler oda sıcaklığında 1 dakika inkübe edilmiş ve sonra elüsyon için 13.000 rpm'de 1 dakika santrifüj edilmiştir.

14. Santrifüj sonrasında -20 ^{o}C'de muhafaza edilmek üzere buzdolabına kaldırılmıştır.

PCR reaksiyonu öncesinde her bir gruba ait total DNA miktarı ölçülmüştür. Total DNA miktarı nukleaz free su kullanılarak 25 ng/µl konsantrasyona ayarlanmıştır. Standart 50 µl PCR reaksiyonu için; 1 µl template DNA, 24 µl primer ve 25 µl Dream Taq Green PCR Master Mix (2X) kullanılmıştır. Çalışmada, Çizelge 3.4'te yer alan RAPD primerleri kullanılmıştır. DNA amplifikasyonu RAPD analizleri bir ProFlex™ PCR sistemi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Cihazdan alınan örnekler % 2'lik agaroz jel+ethidium bromit, 2X TAE (Tris1.6M, asetic acid 0.8M, EDTA 40 mM) tampon içerisinde 70 voltta 3 saat yürütülmüştür. Moleküler ağırlık standardı olarak 100 bp'lik Zip Ruler Express DNA Ladder Set (Fermentas, SM 1373) kullanılmıştır. RAPD bant profili bir Vilber Lourmat jel dokümantasyon sistemi kullanılarak tespit edilmiş ve BIO-PROFIL, BIO-1D++ programları kullanılarak analiz edilmiştir. Genomik kalıp kararlılığı, GTS (%) = (1 − [(a + b)/n]) × 100 formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.4. Kullanılan primer sırası ve baz dizilimleri.

Primerin Adı	**Baz Dizilimi (5´→ 3´)**
23 OPC 19	GTTGCCAGCC
OPW10	TCGCATCCCT
27 OPN 03	GGTACTCCCC
20 OPC 15	GACGGATCAG
25 OPN 01	CTCACGTTGG

3.8. RNA İzolasyonu ve cDNA Sentezi

3.8.1. RNA İzolasyonu

Fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu dönemlerinde alınan yaprak örneklerinden 200 mg tartılarak 50 ml'lik falcon tüpler içerisine konulmuştur. Tüplerin içerisine 5 ml UPW ilave edilerek homojenize edilmiştir. 2 ml'lik ependorf tüplere aktarılan örnekler 5 dakika 10.000 rpm'de +4 ^{o}C'de santrifüj edilmiştir. Total RNA, TRIzol™ reagent (Invitrogen, USA) kullanılarak kontrol ve deney grubuna ait örneklerden izole edilmiştir. Bu aşamada izlenen adımlar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

1. RNA izolasyonu için hazırlanan 2 ml'lik eppendorf tüplerin içerisindeki örneklerin üzerine 500 µl trizol eklenip homojenize edilmiştir. Homojenizasyon sonrasında 500 µl daha trizol ilave edilerek örnekler vortekslenmiştir.
2. Karışım oda sıcaklığında 10 dakika inkübe edilmiştir.
3. İnkübasyon işlemi tamamlanan karışımın üzerine 200 µl kloroform ilave edilerek karışım vortekslenmiştir.
4. Oda sıcaklığında 2-3 dakika inkübasyona bırakılan karışım daha sonra 12.000xg'de 4 ^{o}C' de 15 dakika santrifüj edilmiştir.
5. Santrifüj işlemi sonrasında en üstteki sıvı kısım yeni eppendorf tüplere alınmıştır.
6. Üzerine 500 µl isopropanol ilave edilerek vortekslenmiştir.

7. Oda sıcaklığında 10 dakika inkübe edilen karışıma 10 dakika 12.000xg‘de 4 ºC’de santrifüj işlemi uygulanmıştır.

8. Santrifüj işlemi tamamlandıktan sonra % 75’lik 1 ml etanol ilave edilmiş ve yediden 5 dakika 7500xg de 4 ºC’de santrifüj işlemi gerçekleştirilmiştir.

9. Santrifüj işleminin ardından eppendorf tüplerin içerisinde üst kısımda bulunan sıvı bir mikropipet yardım ile atılmıştır.

10. Tüp içerisinde kalan pellet dikkatlice kurutulmuştur.

11. Kurutma işleminin ardından 50 µl RNase free su ilave edilerek pellet çözdürülmüştür.

12. Daha sonra 55 ºC’de 5 dakika inkübasyon işlemi yapılmıştır.

13. Elde edilen RNA miktarı ve saflığı bir Optizen Nao Q nanodrop spektrometre kullanılarak ölçülmüş ve daha sonra kullanılmak üzere -20 ºC’de muhafaza edilmiştir.

3.8.2. cDNA Sentezi

RNA izolasyonu sonrasında, RNA örneklerinden 2 µl alınarak her örnek için RNA miktarı ve saflık tayini bir Optizen Nao Q nanodrop spektrometre kullanılarak yapılmıştır. Total RNA konsantrasyonları DNA, RNA içermeyen ultra saf su ile eşitlenmiştir. Eşitlenen toplam RNA’lardan High Capacity cDNA Reverse Transcriptase kiti (Life Technologies, USA) kullanılarak cDNA sentezi yapılmıştır. RNA’dan cDNA elde edilmesi işleminde hazırlanan bir reaksiyonluk karışım için gerekli malzemeler ve kullanılan miktarlar Çizelge 3.5’te verilmiştir.

Eşitlenmiş olan RNA’lardan, her PCR striptine 10 µl pipetlenmiş ve üzerine cDNA kit protokolüne göre hazırlanmış olan 10 µl cDNA karışımı eklenmiştir. PCR reaksiyon miktarı 20 µl olacak şekilde hazırlanmış ve Thermal cycler Applies Biosystems cihazında Çizelge 3.6’da verilen koşullarda sentezleme işlemi yapılmıştır. İşlem sonunda elde edilen cDNA’lar gen ekspresyon analizlerinde kullanılmak üzere -20 ºC de muhafaza edilmiştir.

Çizelge 3.5. RNA'dan cDNA elde edilmesi işleminde hazırlanan bir reaksiyonluk karışım için gerekli malzemeler ve kullanım miktarları.

Malzeme	**Miktar**
10X Ters Transkripsiyon Tamponu	2 µl
25X dNTP karışımı	0,8 µl
10X Ters Transkripsiyon Rastgele Primerleri	2 µl
Ters Transkriptaz Enzimi	1 µl
Nükleaz İçermeyen H_2O	4,2 µl
Toplam	10 µl

Çizelge 3.6. cDNA PCR koşulları.

1. Basamak	2. Basamak	3. Basamak	4. Basamak
1 Döngü	40 Döngü	1 döngü	Cihazda muhafaza
25 °C	37 °C	85 °C	4 °C
10 Dakika	3 Dakika	5 Dakika	∞

3.8.2.1. Gerçek Zamanlı Polimeraz Zincir Reaksiyonu (qRT-PCR)

Gen ekspresyon çalışmalarında, izole edilen RNA'lardan sentezlenen cDNA'lar RT-PCR'da SYBR Green qPCR Mastermix protokolüne uygun olarak spesifik primerler bir Quant Studio 5 gerçek zamanlı PCR cihazında (Life Technologies, ABD) çoğaltılmıştır. Çoğaltma işlemi esnasında elde edilen piklere ait Ct değerleri gen ekspreyonların belirlenmesinde kullanılmış ve $2^{-\Delta\Delta Ct}$ metodu ile hesaplanmıştır. Kalibrasyon ve düzeltme faktörü olarak β-aktin ve GAPDH primerleri kullanılmıştır.

Yapılacak analiz için 96 kuyucuklu PCR plak kuyularına, her bir örneğe ait cDNA, Primer mix ve SYBR® Select Master Mix (Life Technologies, ABD) reaksiyon bileşenlerinden eklenerek Applied Biosystems QuantStudio 5 Real-Time PCR cihazına yüklenmiştir. Çizelge 3.7'de yer alan qRT-PCR protokolü ile cDNA'lar çoğaltılmıştır.

Çizelge 3.7. qRT-PCR protokolü.

Adım	Sıcaklık	Süre	Döngü
Enzim aktivasyonu	50 ºC	2 dk	1
Denatürasyon	95 ºC	10 dk	
Uzama	95 ºC	15 sn	48
Bağlanma	60 ºC	1 dk	

Çizelge 3.8. qRT-PCR reaksiyonu için kullanılan primer dizileri.

Antioksidan Savunma Sistemi Genleri		
Gen Adı		**Baz Dizisi (5'→3')**
CuZn-SOD	Forward	AGATTCCAAACCAGCAGGAGTCG
	Reverse	CAGCATGGCGGGTCTCATCT
Mn-SOD	Forward	AGCGAGGGTGGTGGTGATCCA
	Reverse	GCAATGTACACAAGGTCCAGAAGTGCAATAGGC
CAT	Forward	AGACCAATATGCAGGAGAACTG
	Reverse	GGGATGCCTACATCGTCAAA
GPX	Forward	GCATCCCAATGTGGCTTAAC
	Reverse	GCCTTGGACCTTGTACTTCT
GST	Forward	AGGCCTGAGCTACGAGTACAT
	Reverse	TTGAGCAGGAGCTCGCTCTT
Isı Şok Protein (HSP) Genleri		
HSP26	Forward	TCTCGTCAGCCGTGTCTCGC
	Reverse	GATGACCTTGCGCTCCACCT
HSP60	Forward	AGTTCGAGCCTCAGATGTTG
	Reverse	ACCAACTTCAGCTTCACTGG
HSP70	Forward	TGTTGTTCTTGTTGGTGGCT
	Reverse	GACTCCACCTTCTTCTTGT
HSP90	Forward	GTCGAGGTTGAAGAGGATGA
	Reverse	ACCTCACCCTCTGTTGTGAA
Endojen Kontrol Genleri		
GAPDH	Forward	AAGCCAGCATCCTATGATCAGATT
	Reverse	CGTAACCCAGAATACCCTTGAGTTT
β-aktin	Forward	GAGTATGATGAGTCGGGTCCAG
	Reverse	ACACCAACAATCCCAAACAGAG

3.9. İstatistiksel Analizler

Tez kapsamında elde edilen verilerin istatistik analizleri Trakya Üniversitesi Lisanslı SPSS 20 (IBM, ABD) program ile yapılmıştır. Farklı dozlarda quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanması sonucunda elde edilen bitki boy uzunlukları, fotosentetik pigment, MDA, total protein miktarları ile qRT-PCR'da $2^{-\Delta\Delta Ct}$ yöntemi ile belirlenen gen ekspresyon değerlerinin ortalamaları arasındaki fark tek yönlü ANOVA kullanılarak tespit edilmiş, ortalamaların girdiği gruplar Duncan testi ile belirlenmiştir. Elde edilen veriler $p \leq 0,05$ ise istatiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Bu analiz her bir dönem (fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu) için ayrı olarak yapılmıştır. Ayrıca, farklı hebisitlerin hem D doz hem de 2D doz uygulanması sonucu elde edilen veriler arasındaki farklılıklarda aynı yöntem kullanılarak tespit edilmiştir.

BÖLÜM 4

SONUÇLAR

4.1. Morfolojik Analiz Sonuçları

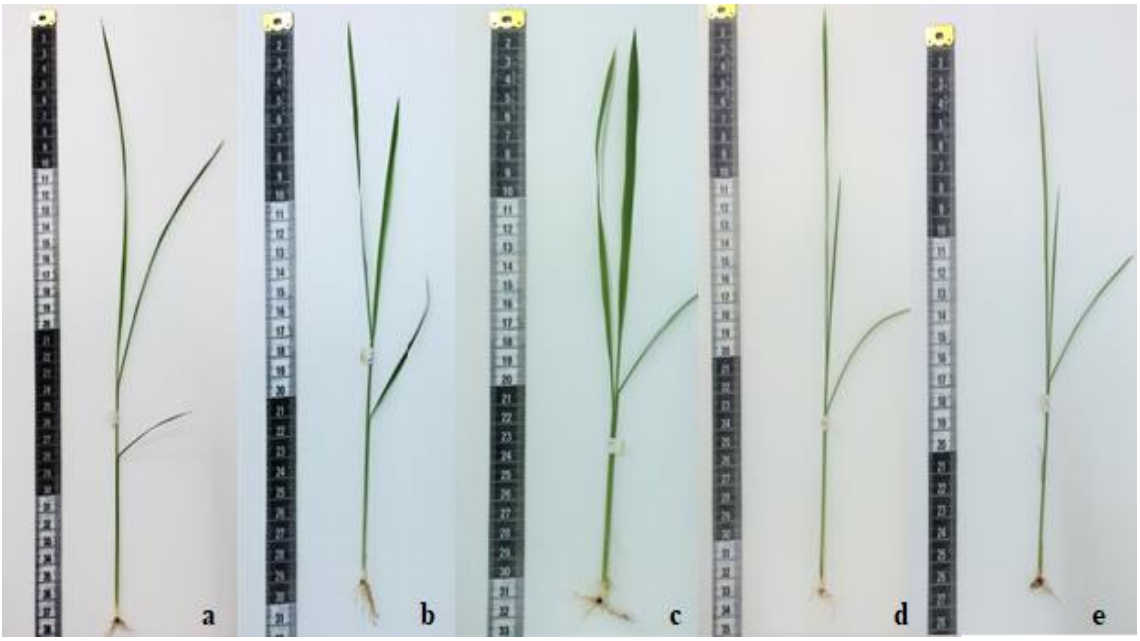
Yapılan çalışmada, Osmancık-97 ve Cameo çeltik çeşitlerine ait tohumlar ön çimlendirme işleminin ardından Trakya Üniversitesi Biyoloji Bölümü'ne ait sera içerisine yerleştirilen saksılara ekilmiştir. Yetiştirme ortamı olarak cocopeat toprak kullanılmıştır. Serada saksılarda çimlenmeye bırakılan tohumlar her gün düzenli olarak sulanmıştır. Çimlenen çeltik fidelerinin büyüme ve gelişmesini desteklemek amacıyla sulamada hoagland sıvısı kullanılmıştır. Yapılan gözlemler sonucunda ekilen çeltik tohumlarının 3-7 gün arasında tamamına yakınının çimlenmiş olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.1). Çeltik bitkilerinin yaklaşık 10 cm uzunluğuna geldikleri dönemde quinclorac, cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA etken maddeli herbisitler ve bu üç herbisitin belirli oranlarda karıştırılması sonucu elde edilen mix, D doz ve 2D doz olacak şekilde uygulanmıştır. Daha sonra çeltik bitkisinin gelişim dönemleri göz önünde bulundurularak fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu dönemlerinde hem kontrol hem de uygulama gruplarından bitki örnekleri alınmıştır. Alınan bitki örneklerinin fotoğrafları çekilerek, her bir döneme ait boy uzunlukları belirlenmiştir (*Ek-1*).



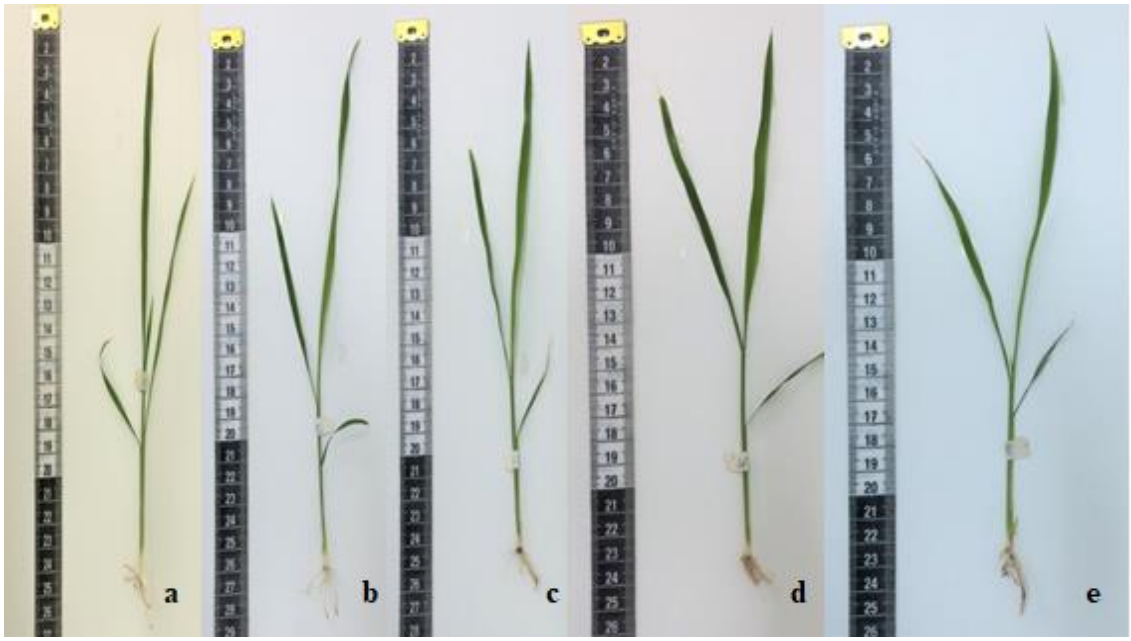
Şekil 4.1. Çeltik fidelerinin genel görünüşü.

Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin farklı doz uygulanmalarının çeltik bitkilerinin morfolojisi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla Osmancık-97 çeşidine ait fide dönemi örnekleri incelendiğinde, quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mixin D ve 2D doz uygulanması sonucunda boy uzunluklarının kontrole göre azaldığı tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). D ve 2D doz herbisit uygulamaları sonucunda elde edilen çeltik boy uzunlukları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$).

Cameo çeşidine ait fide dönemi örnekleri incelendiğinde cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulaması yapılan gruplarda kontrole göre azalış gözlenirken, quinclorac uygulamaları sonucunda anlamlı bir değişime rastlanmamıştır. D doz herbisit uygulamaları sonucunda elde edilen çeltik boy uzunlukları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir. 2D doz herbisit uygulama sonuçlarına göre, quinclorac uygulaması yapılan gruba ait çeltik boy uzunluğunun diğerlerinden farklı olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$).



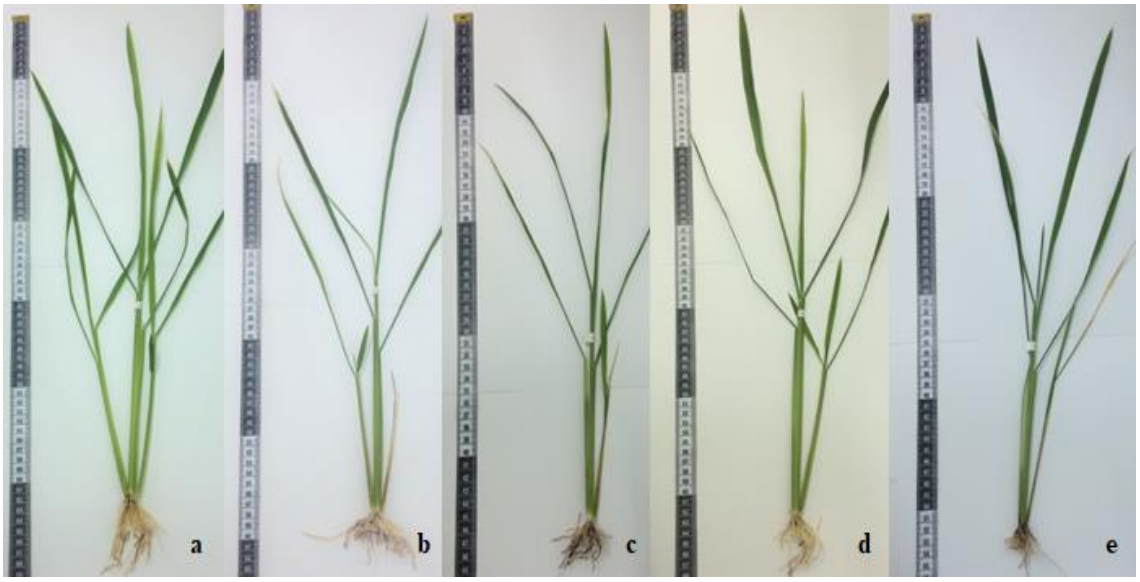
Şekil 4.2. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi örnekleri (**a:** Kontrol, **b:** D doz quinclorac uygulama grubu, **c:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **d:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **e:** D doz mix uygulama grubu).



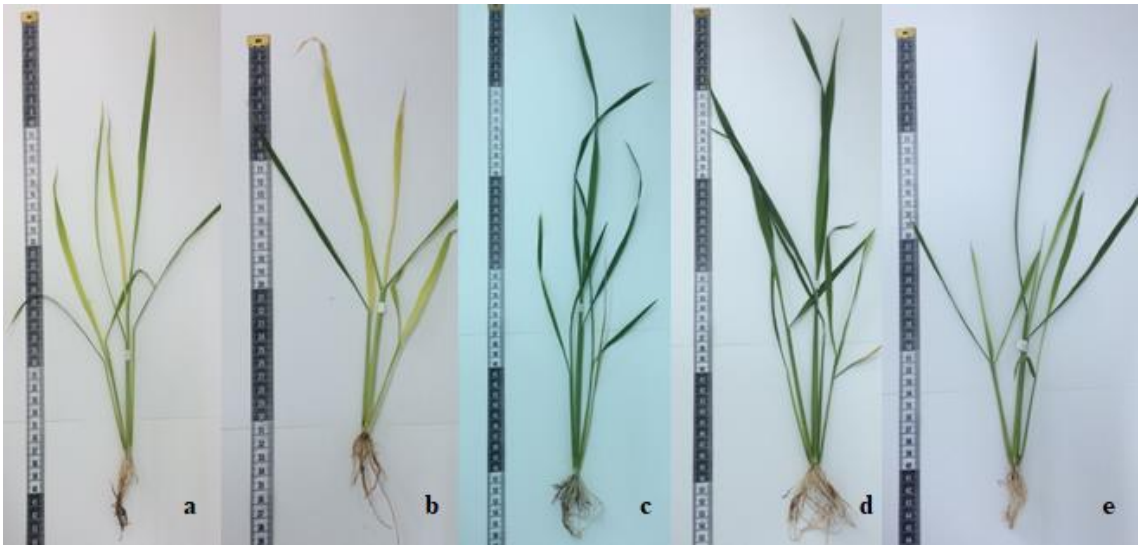
Şekil 4.3. Cameo çeşidi fide dönemi örnekleri (**a:** Kontrol, **b:** 2D doz quinclorac uygulama grubu, **c:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **d:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **e:** 2D doz mix uygulama grubu).

Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi boy uzunluklarına ait incelemelere göre, quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA (2D doz uygulama hariç) ve mix uygulamaları sonucunda kontrole göre azalış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). D ve 2D doz herbisit uygulamaları sonucunda elde edilen çeltik boy uzunlukları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$).

Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi boy uzunlukları incelendiğinde, D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulamaları sonucunda kontrole göre anlamlı bir azalış gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). D ve 2D doz herbisit uygulamaları sonucunda elde edilen çeltik boy uzunlukları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$).



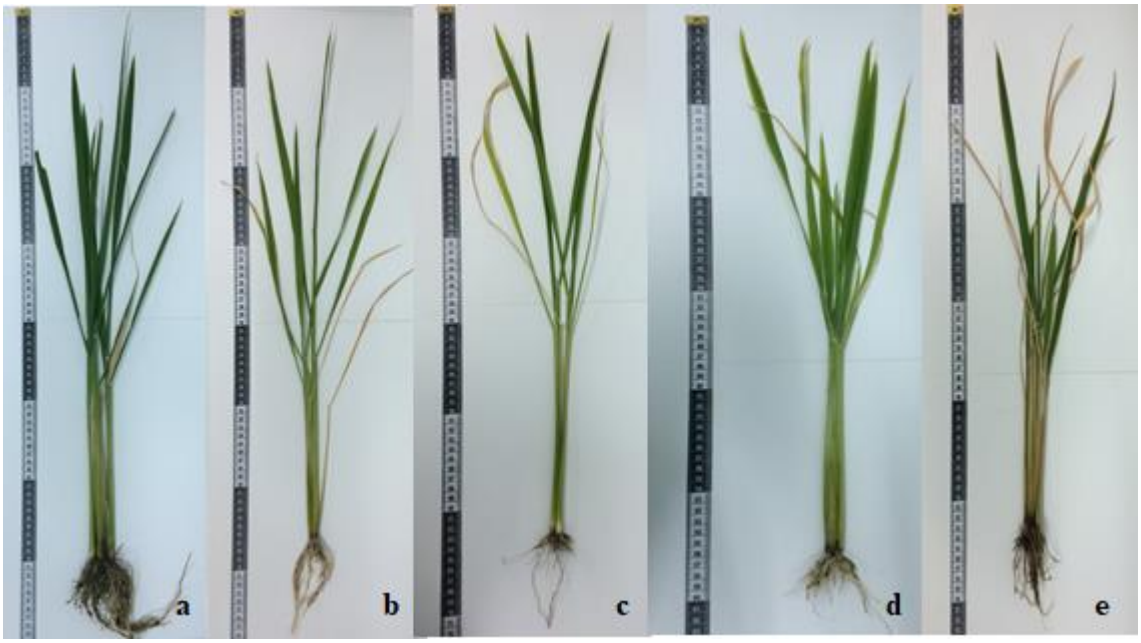
Şekil 4.4. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi örnekleri (**a:** Kontrol, **b:** D doz quinclorac uygulama grubu, **c:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **d:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **e:** D doz mix uygulama grubu).



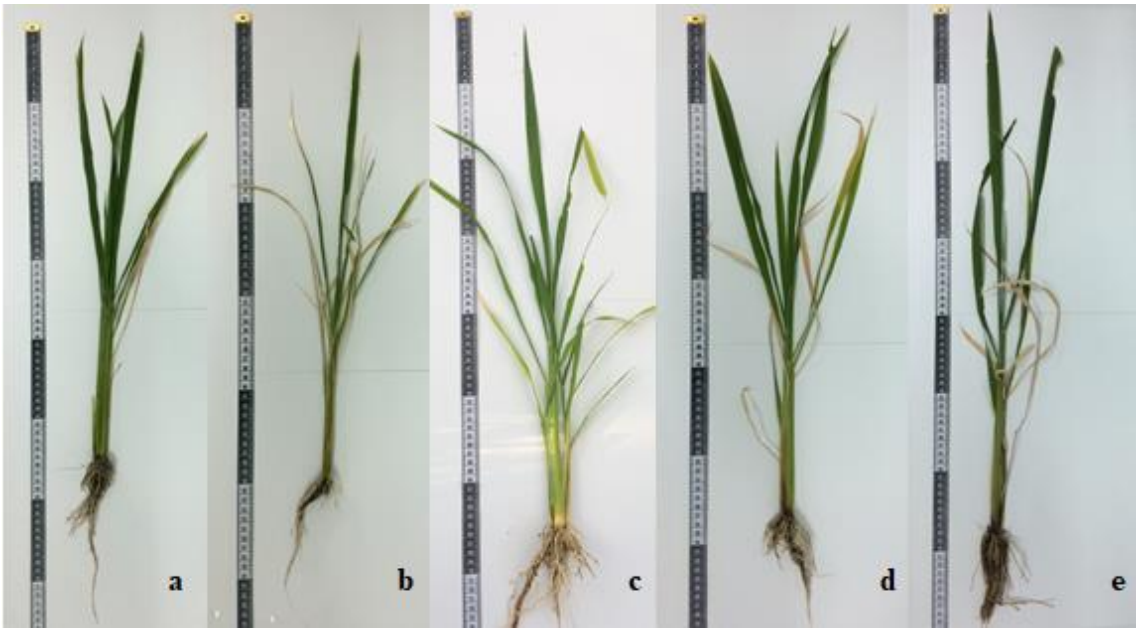
Şekil 4.5. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi örnekleri (**a:** Kontrol, **b:** D doz quinclorac uygulama grubu, **c:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **d:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **e:** 2D doz mix uygulama grubu).

Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemine ait incelemelere göre, quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mixin D ve 2D doz uygulanmaları sonucunda boy uzunluklarında kontrole göre anlamlı bir azalış olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). D ve 2D doz herbisit uygulamaları sonucunda elde edilen çeltik boy uzunlukları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi boy uzunlukları incelendiğinde, D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulamaları sonucunda kontrol grubuna kıyasla anlamlı bir azalış gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). D ve 2D doz herbisit uygulamaları sonucunda elde edilen çeltik boy uzunlukları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$).



Şekil 4. 6. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi örnekleri (**a:** Kontrol, **b:** D doz quinclorac uygulama grubu, **c:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **d:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **e:** D doz mix uygulama grubu).



Şekil 4.7. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi örnekleri (**a:** Kontrol, **b:** D doz quinclorac uygulama grubu, **c:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **d:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **e:** D doz mix uygulama grubu).

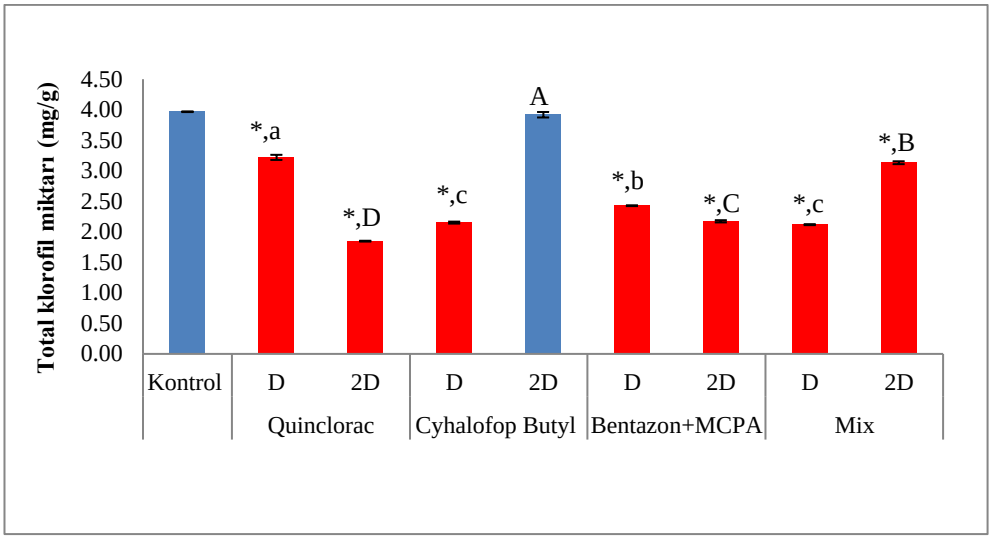
4.2. Pigment Analiz Sonuçları

4.2.1. Osmancık-97 Çeltik Çeşidi Pigment Analiz Sonuçları

Osmancık-97 çeltik çeşidi fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu dönemi örneklerinden elde edilen pigment analiz sonuçları *Ek-2*'de verilmiştir.

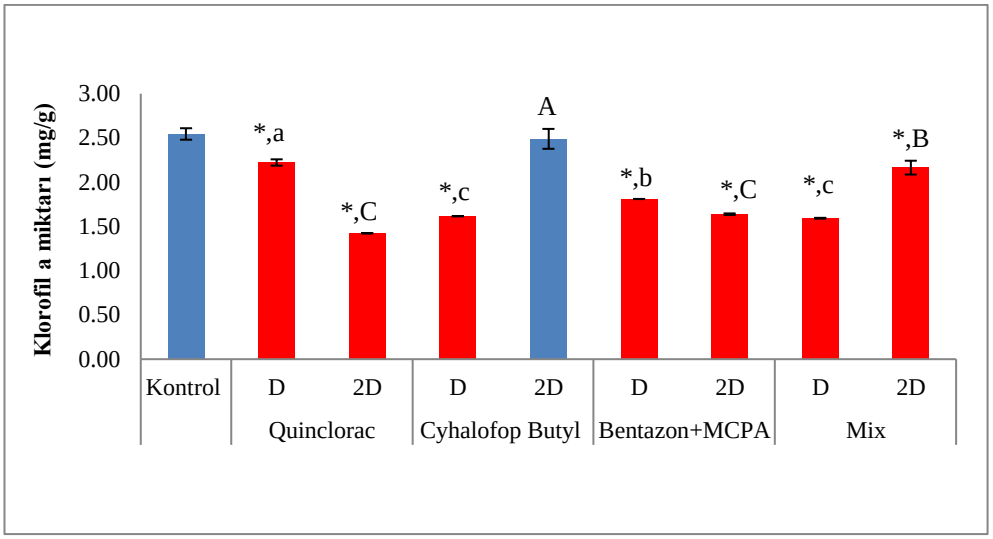
4.2.1.1. Fide Dönemi Pigment Analiz Sonuçları

Fide dönemine ait analiz sonuçlarına göre kontrol grubu total klorofil miktarı 3,97±0,01 mg/g olarak belirlenmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda total klorofil miktarları sırasıyla 3,22±0,04 mg/g, 2,15±0,02 mg/g, 2,43±0,01 mg/g ve 2,12±0,01 mg/g'dır. 2D doz herbisit uygulanan gruplarda total klorofil miktarlarının 1,85±0,01 mg/g, 3,92±0,04 mg/g, 2,17±0,02 mg/g ve 3,13±0,02 mg/g olduğu tespit edilmiştir. Fide dönemine ait en düşük total klorofil miktarı 2D doz quinclorac uygulaması yapılan grupta 1,85±0,01 mg/g, en yüksek total klorofil miktarı ise kontrol grubunda 3,97±0,01 mg/g olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, 2D doz cyhalofop butyl uygulaması dışındaki herbisit uygulamalarında kontrole göre anlamlı bir azalma gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). Quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mixin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen veriler ayrı olarak kıyaslandığında D doz cyhalofop butyl ve mix arasında anlamlı bir fark bulunmazken, diğer uygulamalarda anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.8).



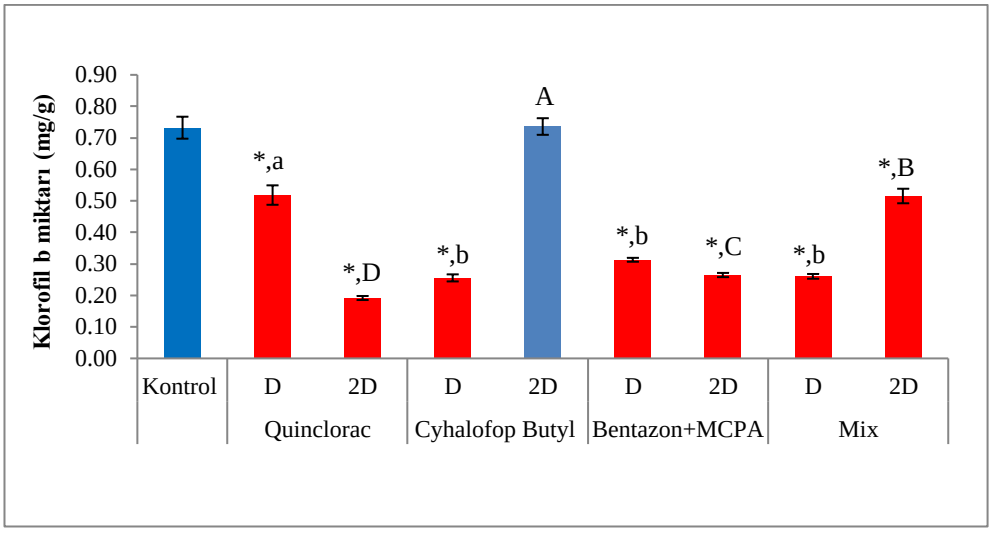
Şekil 4.8. Osmancık-97 fide dönemi total klorofil analiz sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Fide dönemi klorofil a analiz sonuçları incelendiğinde kontrol grubuna ait klorofil a miktarı 2,54±0,06 mg/g olarak belirlenmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda klorofil a miktarları sırasıyla 2,22±0,04 mg/g, 1,62±0,00 mg/g, 1,81±0,00 mg/g ve 1,59±0,00 mg/g'dır. 2D doz uygulama yapılan gruplarda klorofil a miktarlarının 1,42±0,00 mg/g, 2,49±0,11 mg/g, 1,64±0,01 mg/g ve 2,16±0,08 mg/g olduğu tespit edilmiştir. Fide dönemine ait en düşük klorofil a miktarı 2D doz quinclorac uygulaması yapılan grupta 1,42±0,00, en yüksek klorofil a miktarı ise kontrol grubunda 2,54±0,06 mg/g olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, 2D doz cyhalofop butyl uygulaması dışındaki tüm herbisit uygulamalarında kontrole göre anlamlı bir azalma gözlenmiştir (P≤0,05). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen veriler ayrı olarak kıyaslandığında, D doz cyhalofop butyl ve mix ile 2D doz quinclorac ve bentazon+MCPA arasında anlamlı bir fark bulunmazken, diğer uygulamalarda anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (P≤0,05, Şekil 4.9).



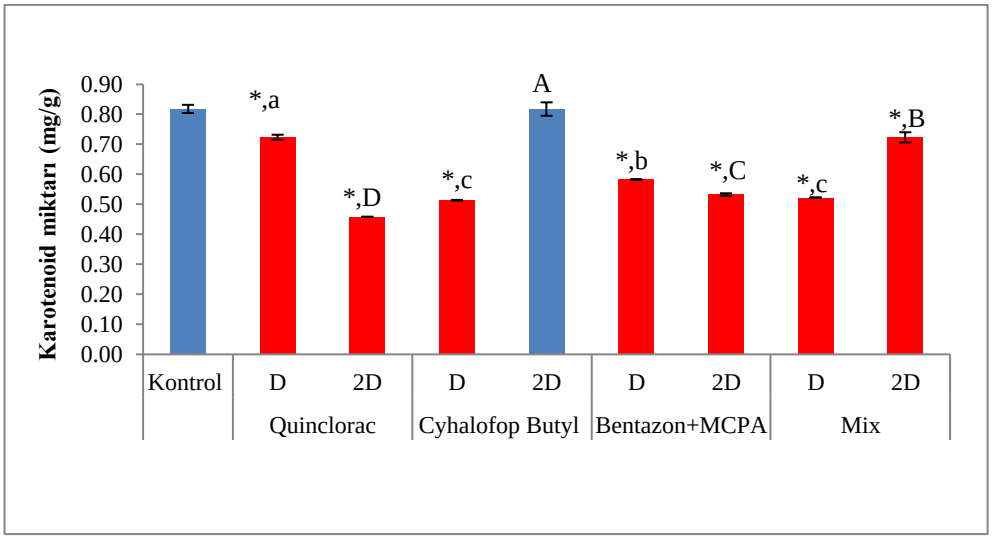
Şekil 4.9. Osmancık-97 fide dönemi klorofil a analiz sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Klorofil b analiz sonuçlarına göre kontrol grubuna ait klorofil b miktarı 0,73±0,03 mg/g'dır. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda klorofil b miktarları sırasıyla 0,52±0,03 mg/g, 0,26±0,01 mg/g, 0,31±0,01 mg/g ve 0,26±0,01 mg/g olarak tespit edilmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda klorofil b miktarları 0,19±0,01 mg/g, 0,74±0,03 mg/g, 0,26±0,01 mg/g ve 0,52±0,02 mg/g olarak belirlenmiştir. Fide dönemine ait en düşük klorofil b miktarı 2D doz quinclorac uygulaması yapılan grupta 0,19±0,01 mg/g, en yüksek klorofil b miktarı ise 2D doz cyhalofop butyl uygulanan grupta 0,74±0,03 mg/g olarak tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, 2D doz cyhalofop butyl uygulaması dışındaki tüm herbisit uygulamalarında kontrole göre anlamlı bir azalma gözlenmiştir (P≤0,05). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen veriler ayrı olarak kıyaslandığında, quinclorac uygulamasında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir (P≤0,05). Ayrıca 2D doz herbisit uygulanması sonucu elde edilen veriler arasındaki farklılıkların anlamlı olduğu belirlenmiştir (P≤0,05, Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Osmancık-97 fide dönemi klorofil b analiz sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

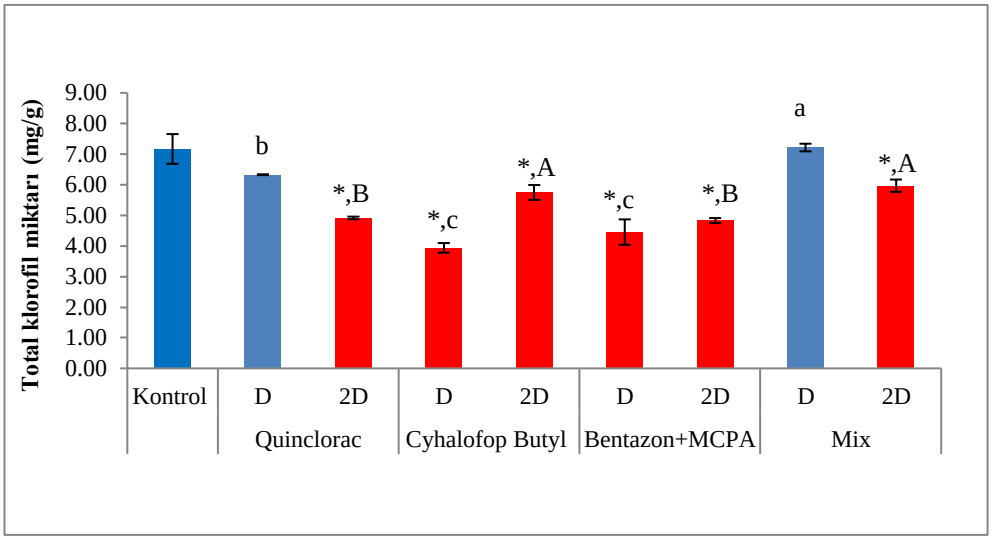
Karotenoid analiz sonuçlarına göre kontrol grubuna ait karotenoid miktarının 0,82±0,01 mg/g olduğu belirlenmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplara ait karotenoid miktarları sırasıyla 0,72±0,01 mg/g, 0,51±0,00 mg/g, 0,58±0,00 mg/g ve 0,52±0,00 mg/g olarak tespit edilmiştir. 2D doz herbisit uygulanan gruplarda karotenoid miktarları 0,46±0,00 mg/g, 0,82±0,02 mg/g, 0,53±0,00 mg/g ve 0,72±0,02 mg/g'dır. En düşük karotenoid miktarı 2D doz quinclorac uygulaması yapılan grupta 0,46±0,00 mg/g, en yüksek karotenoid miktarı ise kontrol ve 2D doz cyhalofop butyl uygulanan grupta 0,82±0,01 mg/g olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda 2D doz cyhalofop butyl uygulaması dışındaki herbisit uygulamalarında kontrole göre anlamlı bir azalma gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen veriler ayrı olarak kıyaslandığında, cyhalofop butyl ve mix arasında anlamlı bir fark bulunmazken, diğer uygulamalardaki farklılıklar anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulamaları sonucunda elde edilen veriler kıyaslandığında farklılıkların anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Osmancık-97 fide dönemi karotenoid analiz sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

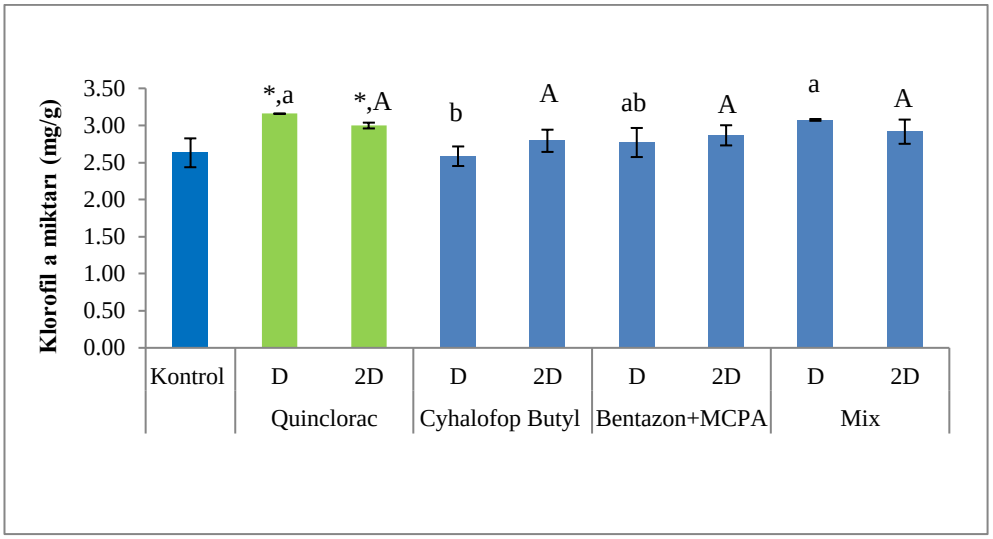
4.2.1.2. Sapa Kalkma Dönemi Pigment Analiz Sonuçları

Osmancık-97 çeltik çeşidi sapa kalkma dönemi total klorofil analiz sonuçları incelendiğinde kontrol grubuna ait total klorofil miktarı 7,17±0,49 mg/g olarak belirlenmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda total klorofil miktarları sırasıyla 6,33±0,01 mg/g, 3,94±0,16 mg/g, 4,45±0,42 mg/g ve 7,22±0,13 mg/g'dır. 2D doz uygulama yapılan gruplarda total klorofil miktarları 4,92±0,04 mg/g, 5,75±0,24 mg/g, 4,83±0,08 mg/g ve 5,97±0,20 mg/g olarak tespit edilmiştir. Bu döneme ait en düşük total klorofil miktarı D doz cyhalofop butyl uygulaması yapılan grupta 3,94±0,16 mg/g, en yüksek total klorofil miktarının ise D doz mix uygulanan grupta 7,22±0,13 mg/g olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda D doz quinclorac ve mix uygulamaları dışındaki herbisit uygulamalarında kontrole anlamlı bir azalma gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). D doz herbisit uygulamaları sonucunda elde edilen veriler ayrı olarak kıyaslandığında cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA arasında anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir. 2D doz uygulama sonuçları kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.12).



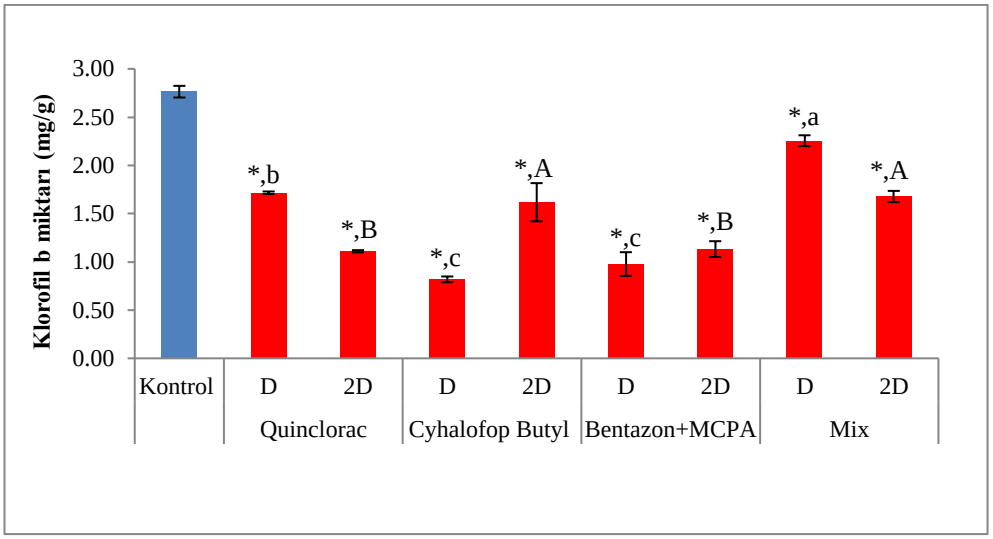
Şekil 4.12. Osmancık-97 sapa kalkma dönemi total klorofil analiz sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Sapa kalkma dönemi klorofil a sonuçlarına göre kontrol grubuna ait klorofil a miktarı 2,63±0,19 mg/g 'dır. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda klorofil a miktarları sırasıyla 3,16±0,00 mg/g, 2,58±0,13 mg/g, 2,77±0,20 mg/g ve 3,07±0,01 mg/g olarak tespit edilmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda klorofil a miktarları 3,00±0,04 mg/g, 2,79±0,15 mg/g, 2,87±0,14 mg/g ve 2,92±0,16 mg/g olarak belirlenmiştir. En düşük klorofil a miktarı D doz cyhalofop butyl uygulaması yapılan grupta 2,58±0,13 mg/g, en yüksek klorofil a miktarı ise D doz quinclorac uygulaması yapılan grupta 3,16±0,00 mg/g olarak tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz quinclorac uygulamasında kontrole göre anlamlı bir artış gözlenirken diğer herbisit uygulamalarında anlamlı bir değişim görülmemiştir. Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen klorofil a sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında quinclorac ve mix arasında anlamlı bir fark bulunmazken, diğer uygulamalar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (P≤0,05, Şekil 4.13).



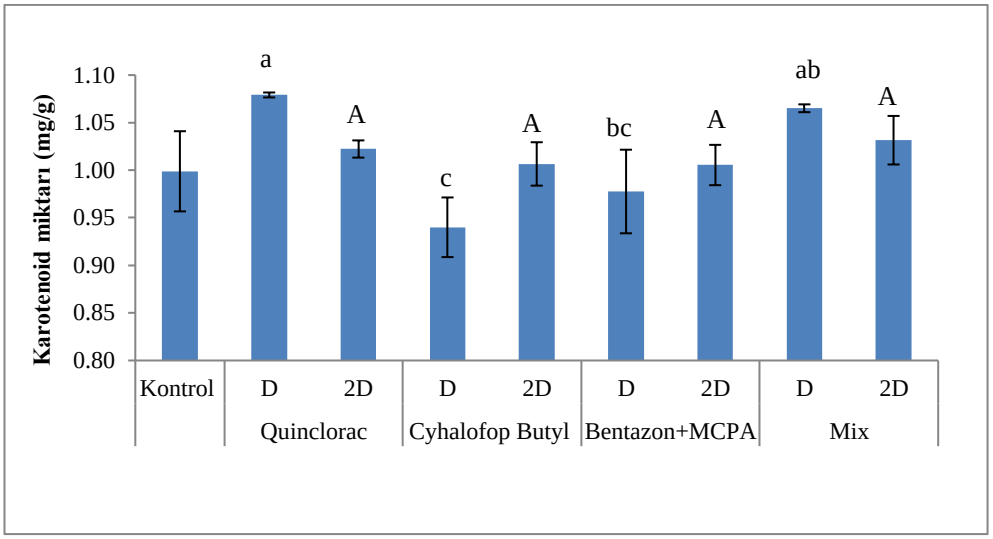
Şekil 4.13. Osmancık-97 sapa kalkma dönemi klorofil a analiz sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Klorofil b analiz sonuçlarına göre kontrol grubuna ait klorofil b miktarı 2,76±0,06 mg/g olarak tespit edilmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda klorofil b miktarları sırasıyla 1,72±0,01 mg/g, 0,82±0,03mg/g, 0,98±0,12 mg/g ve 2,26±0,06 mg/g olarak belirlenmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda klorofil b miktarları 1,11±0,01mg/g, 1,62±0,20 mg/g, 1,13±0,08 mg/g ve 1,68±0,06 mg/g'dır. En düşük klorofil b miktarı D doz cyhalofop butyl uygulaması yapılan grupta 0,82±0,03 mg/g, en yüksek klorofil b miktarı ise kontrol grubunda 2,76±0,06 mg/g olarak tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, herbisit uygulanan tüm gruplarda kontrole göre istatistiki olarak anlamlı bir azalış gözlenmiştir (P≤0,05). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen veriler ayrı olarak kıyaslandığında cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. 2D doz uygulamalara ait klorofil b sonuçları kıyaslandığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlmalı farklılıklar tespit edilmiştir (P≤0,05, Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Osmancık-97 sapa kalkma dönemi klorofil b analiz sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

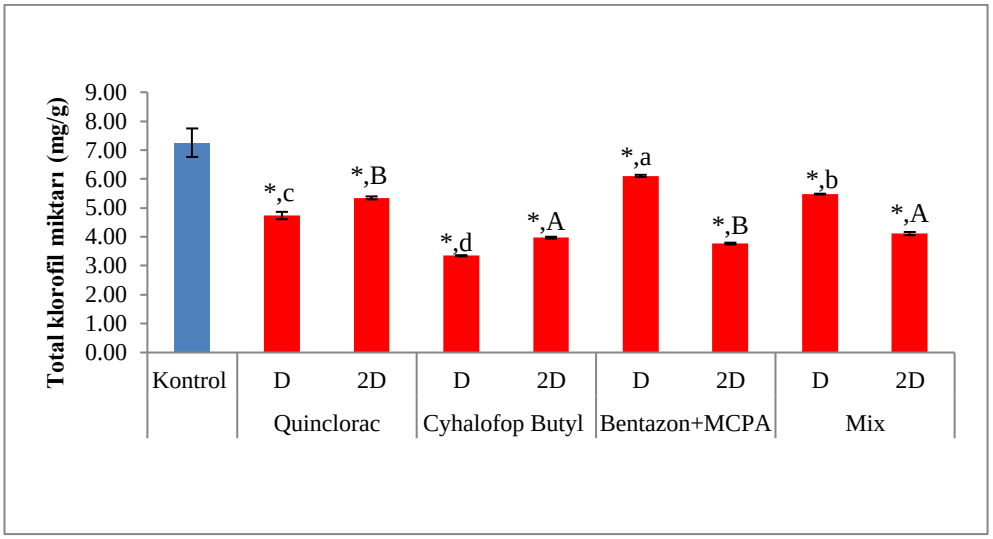
Karotenoid analiz sonuçları incelendiğinde kontrol grubuna ait karotenid miktarı 1,00±0,04 mg/g olarak belirlenmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda karotenoid miktarları sırasıyla 1,08±0,00 mg/g, 0,94±0,03 mg/g, 0,98±0,04 mg/g ve 1,07±0,00 mg/g'dır. 2D doz uygulama yapılan gruplarda karotenoid miktarları 1,02±0,01 mg/g, 1,01±0,02 mg/g, 1,01±0,02 mg/g ve 1,03±0,03 mg/g olarak tespit edilmiştir. Bu döneme ait en düşük karotenoid miktarı D doz cyhalofop butyl uygulaması yapılan grupta 0,94±0,03 mg/g, en yüksek karotenoid miktarı ise D doz quinclorac uygulanan grupta 1,08±0,00 mg/g olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda D ve 2D doz herbisit uygulaması yapılan gruplarda kontrole göre anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen karotenoid miktarları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Osmancık-97 sapa kalkma dönemi karotenoid analiz sonuçları. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

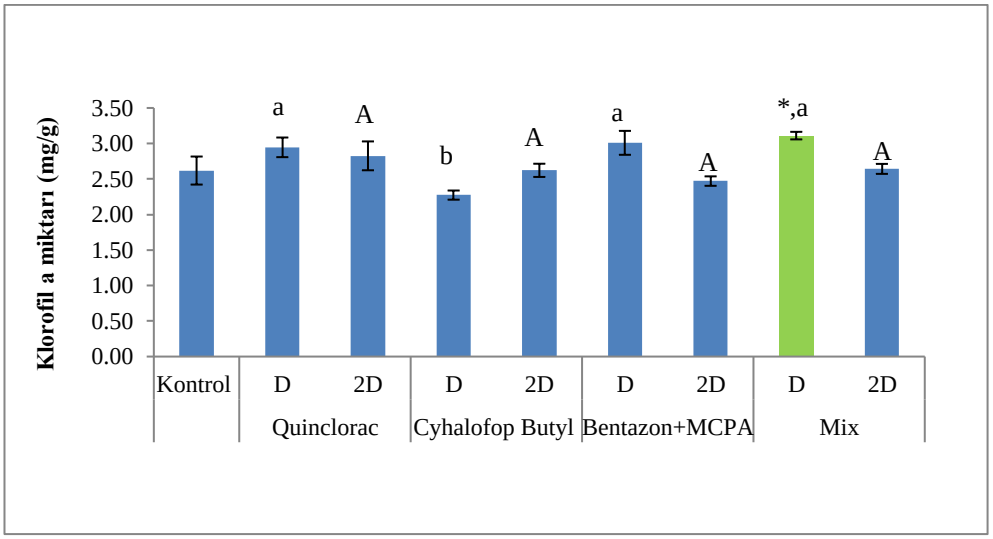
4.2.1.3. Salkım Oluşumu Dönemi Pigment Analiz Sonuçları

Osmancık-97 çeltik çeşidi salkım oluşumu dönemi total klorofil analiz sonuçları incelendiğinde kontrol grubuna ait total klorofil miktarı 7,26±0,49 mg/g olarak belirlenmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda total klorofil miktarları sırasıyla 4,74±0,13 mg/g, 3,35±0,02 mg/g, 6,11±0,04 mg/g ve 5,48±0,01 mg/g olarak tespit edilmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda total klorofil miktarları 5,35±0,05 mg/g, 3,97±0,03 mg/g, 3,77±0,03 mg/g ve 4,11±0,05 mg/g'dır. Salkım oluşumu dönemine ait en düşük total klorofil miktarı D doz cyhalofop butyl uygulaması yapılan grupta 3,35±0,02 mg/g, en yüksek total klorofil miktarı ise kontrol grubunda 7,26±0,49 mg/g olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda tüm herbisit uygulamalarında kontrole göre anlamlı bir azalma gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). Quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mixin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen total klorofil miktarları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.16).



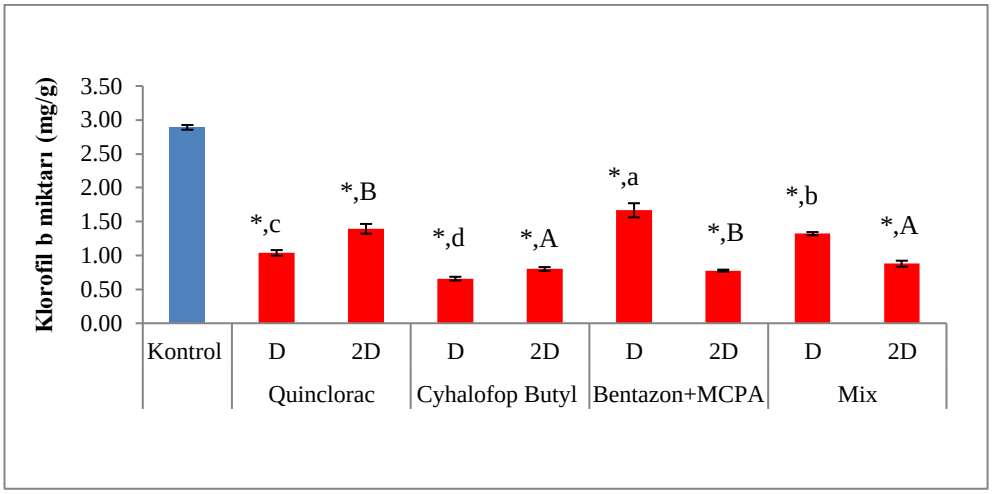
Şekil 4.16. Osmancık-97 salkım oluşumu dönemi total klorofil analiz sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata)

Kontrol grubuna ait klorofil a miktarı 2,62±0,20 mg/g olarak tespit edilmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda klorofil a miktarları sırasıyla 2,95±0,14 mg/g, 2,27±0,06 mg/g, 3,01±0,17 mg/g ve 3,11±0,05 mg/g 'dır. 2D doz uygulama yapılan gruplarda klorofil a miktarları 2,83±0,20 mg/g, 2,62±0,09 mg/g, 2,47±0,07 mg/g ve 2,64±0,07 mg/g olarak belirlenmiştir. Salkım oluşumu dönemine ait en düşük klorofil a miktarı D doz cyhalofop butyl uygulaması yapılan grupta 2,27±0,06, en yüksek klorofil a miktarı ise D doz mix uygulaması yapılan grupta 3,11±0,05 mg/g olarak tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucuna göre, D doz mix uygulamasında kontrole göre anlamlı bir artış gözlenirken, diğer herbisit uygulamalarında anlamlı bir değişime rastlanmamıştır ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen veriler ayrı olarak kıyaslandığında, cyhalofop butyl uygulaması sonucu elde edilen klorofil a miktarının diğer gruplara göre farklı olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulamaları sonuçları kıyaslandığında anlamlı bir fark gözlenmemiştir (Şekil 4.17).



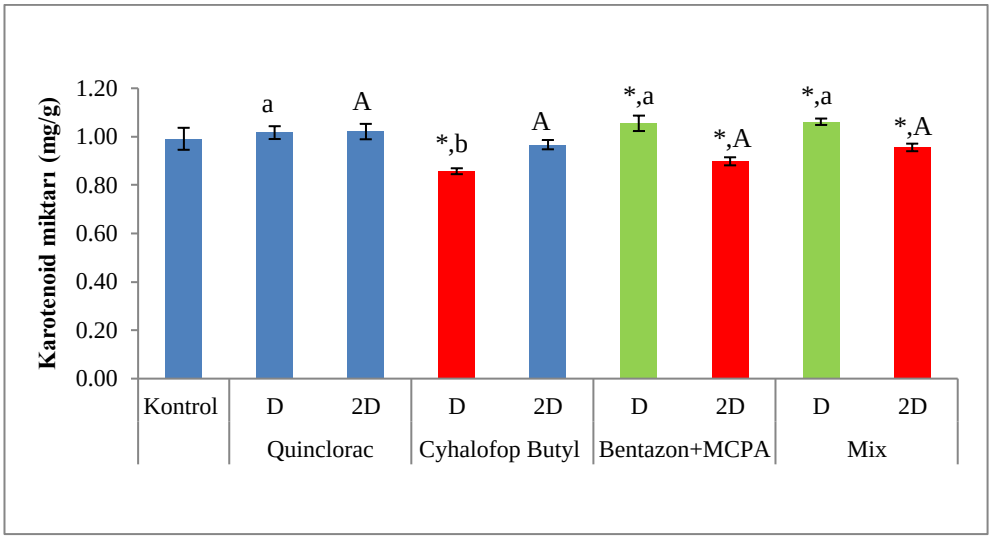
Şekil 4.17. Osmancık-97 salkım oluşumu dönemi klorofil a analiz sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalama kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata)

Kontrol grubuna ait klorofil b miktarı 2,89±0,03 mg/g olarak belirlenmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda klorofil b miktarları sırasıyla 1,04±0,04 mg/g, 0,66 ±0,03 mg/g, 1,67±0,10 mg/g ve 1,32±0,02 mg/g olarak tespit edilmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda klorofil b miktarları 1,39 ±0,07 mg/g, 0,80±0,03 mg/g, 0,78±0,02 mg/g ve 0,88±0,04 mg/g olarak belirlenmiştir. En düşük klorofil b miktarı D doz cyhalofop butyl uygulaması yapılan grupta 0,66 ±0,03 mg/g, en yüksek klorofil b miktarı ise kontrol grubunda 2,89±0,03 mg/g'dır. Yapılan istatistik analiz sonucunda herbisit uygulamalarının tümünde kontrole göre anlamlı bir azalış gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen veriler ayrı olarak kıyaslandığında, gruplar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Osmancık-97 salkım oluşumu dönemi klorofil b analiz sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Salkım oluşumu dönemine ait kontrol grubu karotenoid miktarı 0,99±0,05 mg/g olarak tespit edilmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda karotenoid miktarları sırasıyla 1,02±0,03 mg/g, 0,86±0,01 mg/g, 1,06±0,03 mg/g ve 1,06±0,01 mg/g'dır. 2D doz uygulama yapılan gruplarda karotenoid miktarlarının 1,02±0,03 mg/g, 0,97±0,02 mg/g, 0,90±0,02 mg/g ve 0,96±0,02 mg/g olduğu belirlenmiştir. En düşük karotenoid miktarı D doz cyhalofop butyl uygulaması yapılan grupta 0,86±0,01 mg/g, en yüksek karotenoid miktarı ise D doz bentazon+MCPA uygulanan grupta 1,06±0,03 mg/g'dır. Yapılan istatistik analize göre D ve 2D doz quinclorac uygulanan gruplarda kontrole göre anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. D doz cyhalofob butly uygulanan grupta kontrole göre anlamlı bir azalma gözlenirken, 2D doz cyhalofob butly uygulamasındaki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bentazon+MCPA ve mixin D doz uygulanması sonucunda kontrole göre anlamlı bir artış gözlenmiştir. 2D doz uygulanmaları sonucunda meydana gelen azalışın anlamlı olduğu belirlenmiştir (P≤0,05). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen veriler ayrı olarak kıyaslandığında, cyhalofob butly uygulanan gruba ait karotenoid miktarının diğer gruplardan istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir (P≤0,05). 2D doz uygulama sonuçları arasında anlamlı bir değişim gözlenmemiştir (Şekil 19).



Şekil 4.19. Osmancık-97 salkım oluşumu dönemi karotenoid analiz sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

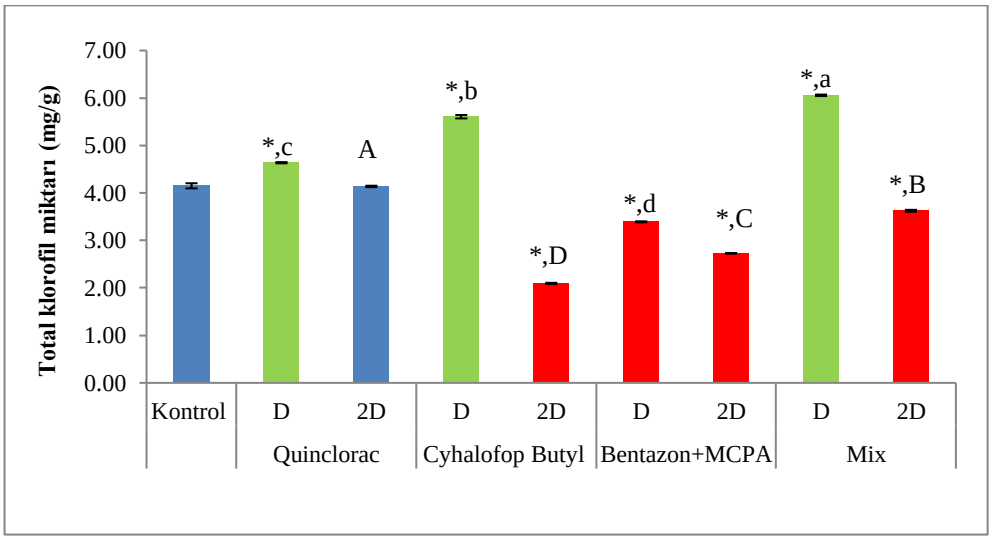
4.2.2. Cameo Çeltik Çeşidi Pigment Analiz Sonuçları

Cameo çeltik çeşidine ait fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu dönemi örneklerinden elde edilen sonuçlar *Ek-3*'te verilmiştir.

4.2.2.1. Fide Dönemi Pigment Analiz Sonuçları

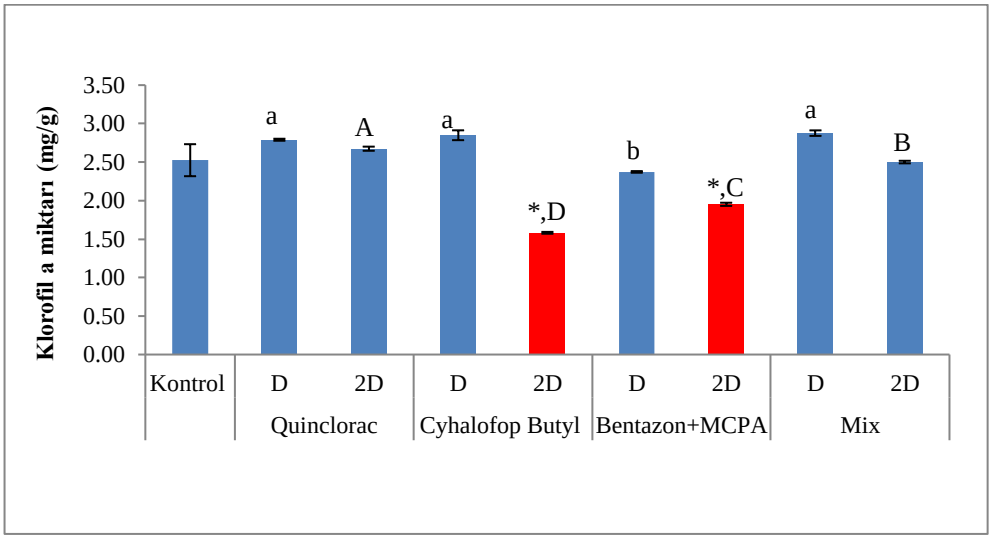
Fide dönemi sonuçlarına göre kontrol grubuna ait total klorofil miktarı 4,15±0,05 mg/g olarak tespit edilmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda total klorofil miktarları sırasıyla 4,64±0,01 mg/g, 5,61±0,04 mg/g, 3,39±0,01 mg/g ve 6,06±0,02 mg/g olarak belirlenmiştir. 2D doz uygulama yapılan grupların total klorofil miktarları 4,14±0,02 mg/g, 2,09±0,01 mg/g, 2,73±0,01 mg/g ve 3,62±0,02 mg/g'dır. Bu döneme ait en düşük total klorofil miktarı 2D doz cyhalofop butyl uygulaması yapılan grupta 2,09±0,01 mg/g, en yüksek total klorofil miktarının ise D doz mix uygulanan grupta 6,06±0,02 mg/g olarak tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre, D doz quinclorac uygulan grupta kontrole göre anlamlı bir artış gözlenmiştir (P≤0,05). 2D doz uygulama sonucunda meydana gelen azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. D doz cyhalofop butly uygulaması sonucunda kontrole

göre anlamlı bir artış, 2D doz uygulamada ise anlamlı bir azalış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). D ve 2D doz bentazon+MPCA uygulamaları sonucunda kontrole göre anlamlı bir azalış gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). D doz mix uygulanması sonucunda total klorofil miktarı kontrole göre azalış, 2D doz uygulamada ise artış göstermiştir. Bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Hem D doz hem de 2D doz herbisit uygulama sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.20).



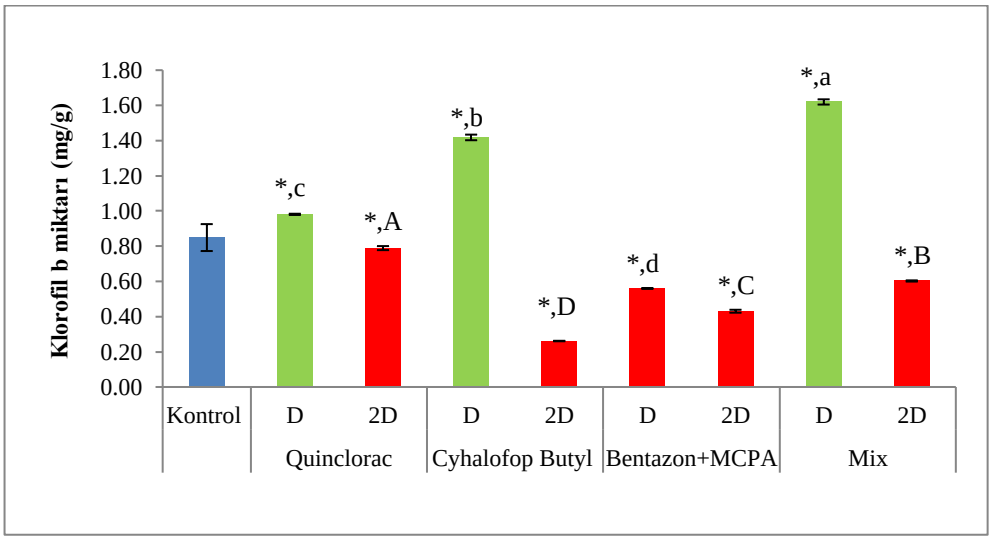
Şekil 4.20. Cameo fide dönemi total klorofil analiz sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Klorofil a miktarı kontrol grubunda 2,52±0,21 mg/g olarak belirlenmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda klorofil a miktarları sırasıyla 2,79±0,01 mg/g, 2,85±0,06 mg/g, 2,37±0,01 mg/g ve 2,88±0,04 mg/g olarak tespit edilmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda klorofil a miktarları 2,67±0,03 mg/g, 1,58±0,01 mg/g, 1,95±0,02 mg/g ve 2,5±0,02 mg/g'dır. En düşük klorofil a miktarı 2D doz cyhalofop butyl uygulaması yapılan grupta 1,58±0,01 mg/g, en yüksek klorofil a miktarı ise D doz mix uygulaması yapılan grupta 2,88±0,04 mg/g'dır. Yapılan istatistik analiz sonucunda 2D doz cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda kontrole göre anlamlı bir azalma tespit edilirken, diğer herbisit uygulamalarında anlamlı bir değişime rastlanmamıştır. D doz herbisit uygulamaları sonucunda elde edilen veriler ayrı olarak kıyaslandığında bentazon+MCPA uygulanan gruba ait klorofil a miktarının diğer gruplardan istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulanması sonucunda elde edilen veriler kıyaslandığında klorofil a miktarlarındaki farklılıklar anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$, Şekil 4.21).



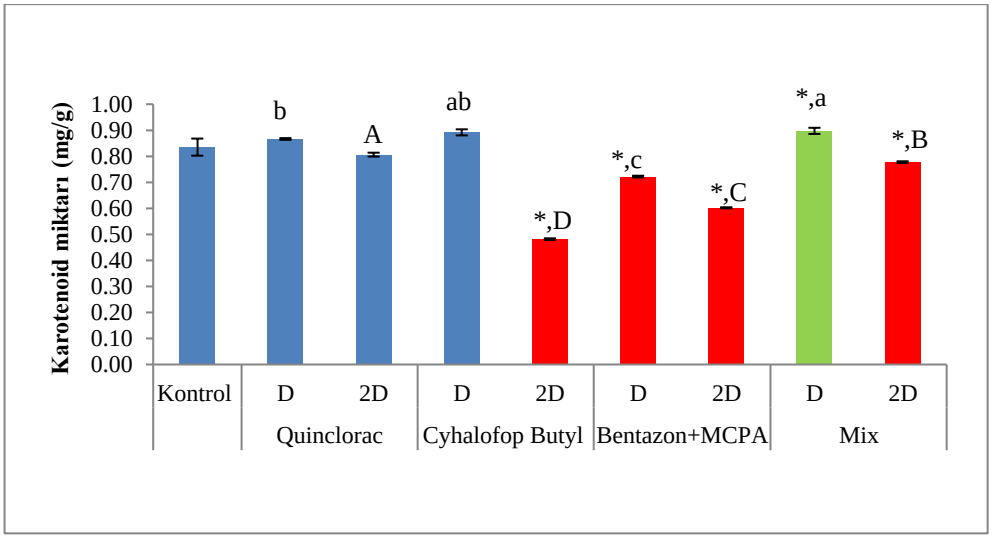
Şekil 4.21. Cameo fide dönemi klorofil a analiz sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Kontrol grubuna ait klorofil b miktarı 0,85±0,08 mg/g olarak belirlenmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda klorofil b miktarları sırasıyla 0,98±0,00 mg/g, 1,42±0,02 mg/g, 0,56±0,00 mg/g ve 1,62±0,01 mg/g olarak tespit edilmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda klorofil b miktarları 0,79±0,01 mg/g, 0,26±0,00 mg/g, 0,43± 0,01 mg/g ve 0,6±0,00 mg/g olarak belirlenmiştir. En düşük klorofil b miktarı 2D doz cyhalofop butyl uygulaması yapılan grupta 0,26±0,00 mg/g, en yüksek klorofil b miktarı ise D doz mix uygulanan grupta 1,62±0,01 mg/g olarak tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analize göre, D doz quinclorac, cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre anlamlı bir artış, 2D doz uygulamalarda ise azalış olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). D ve 2D doz bentazon+MCPA uygulanan gruplarda kontrole göre anlamlı bir azalış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen klorofil b sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlı farklılıklar gözlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Cameo fide dönemi klorofil b analiz sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

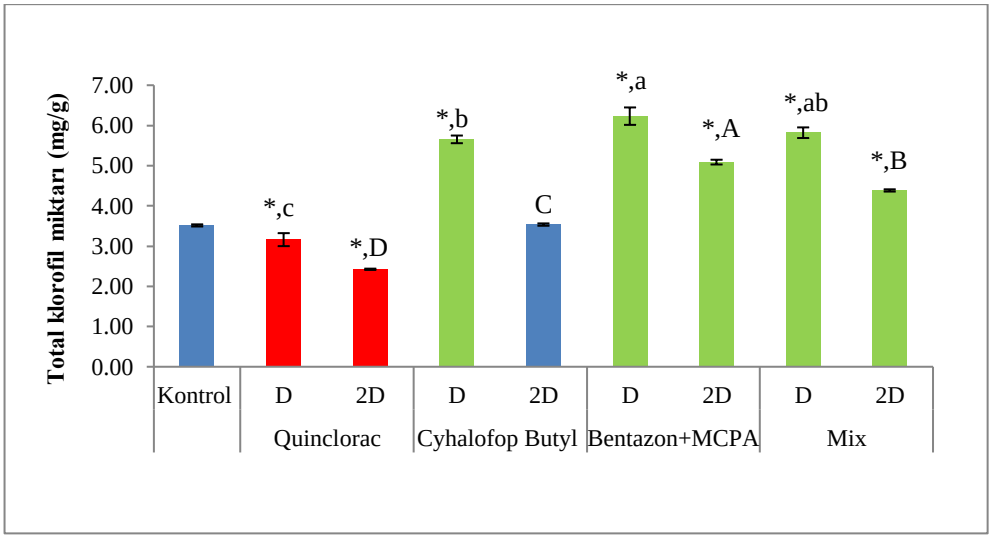
Fide dönemi kontrol grubuna ait karotenoid miktarı 0,84±0,03 mg/g olarak tespit edilmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda karotenoid miktarları sırasıyla 0,87±0,00 mg/g, 0,89±0,01 mg/g, 0,72±0,00 mg/g ve 0,9±0,01 mg/g olarak belirlenmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda karotenoid miktarlarının 0,81±0,01 mg/g, 0,48±0,00 mg/g, 0,6±0,00 mg/g ve 0,78±0,00 mg/g olduğu tespit edilmiştir. Fide dönemine ait en düşük karotenoid miktarı 2D doz cyhalofop butyl uygulaması yapılan grupta 0,48±0,00 mg/g, en yüksek karotenoid miktarı ise D doz mix uygulanan grupta 0,78±0,00 mg/g olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre, D ve 2D doz quinclorac uygulanan gruplarda kontrole göre anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. 2D doz cyhalofop butyl uygulanan grupta kontrole göre anlamlı bir azalış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). D ve 2D doz bentazon+MCPA uygulanan gruplarda karotenoid miktarının kontrole göre azaldığı belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). D doz mix uygulanan grupta kontrole göre anlamlı bir artış gözlenirken, 2D doz uygulama yapılan grupta karotenoid miktarının kontrole göre azaldığı tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen veriler ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4. 23).



Şekil 4.23. Cameo fide dönemi karotenoid analiz sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

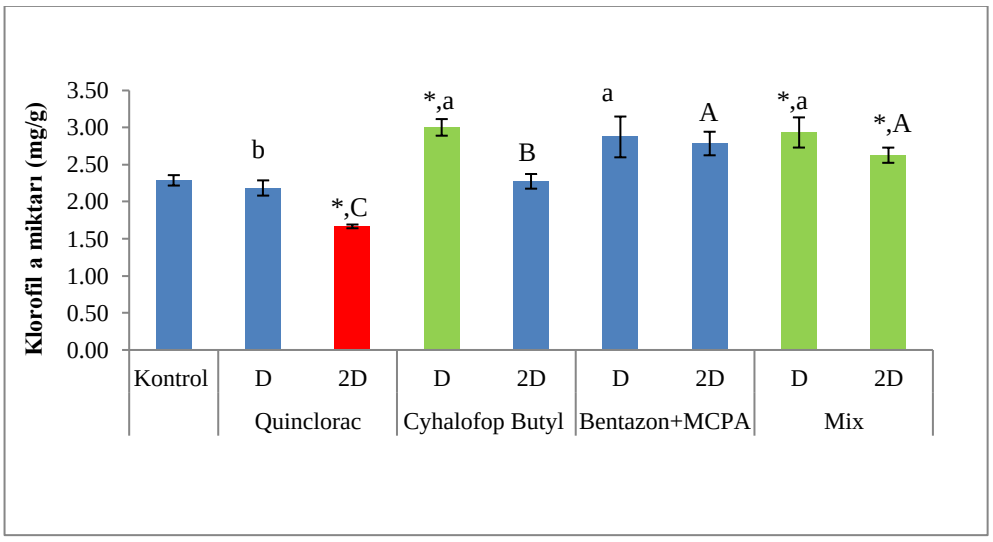
4.2.2.2. Sapa Kalkma Dönemi Pigment Analiz Sonuçları

Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi total klorofil analiz sonuçları incelendiğinde kontrol grubuna ait total klorofil miktarı 3,51±0,03 mg/g olarak tespit edilmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda total klorofil miktarları sırasıyla 3,16±0,16 mg/g, 5,65±0,10 mg/g, 6,23±0,22 mg/g ve 5,82±0,13 mg/g olarak belirlenmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda total klorofil miktarları 2,42±0,02 mg/g, 3,54±0,03 mg/g, 5,09±0,06 mg/g ve 4,38±0,03 mg/g olarak tespit edilmiştir. Sapa kalkma dönemine ait en düşük total klorofil miktarı 2D doz quinclorac uygulaması yapılan grupta 2,42±0,02 mg/g, en yüksek total klorofil miktarı ise D doz bentazon+MCPA uygulaması yapılan grupta 7,26±0,49 mg/g'dır. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz quinclorac uygulanan gruplarda kontrole göre azalma, cyhalofop butyl (2D uygulaması hariç), bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda ise artma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanmaları sonucunda elde edilen total klororfil sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.24).



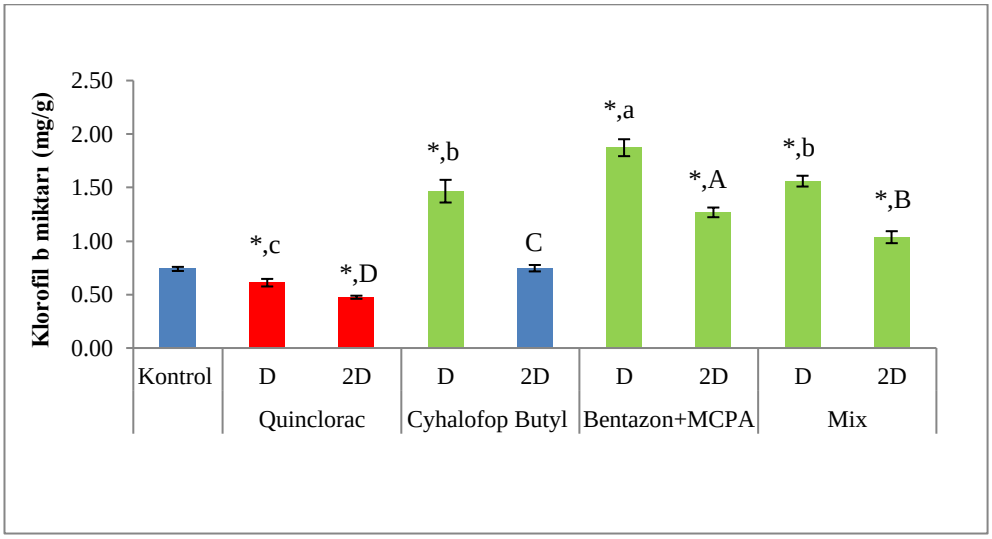
Şekil 4.24. Cameo sapa kalkma dönemi total klorofil analiz sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Kontrol grubuna ait klorofil a miktarı 2,29±0,07 mg/g olarak tespit edilmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda klorofil a miktarları sırasıyla 2,18±0,10 mg/g, 3,00±0,11 mg/g, 2,87±0,28 mg/g ve 2,93±0,20 mg/g olarak belirlenmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda klorofil a miktarları 1,67±0,03 mg/g, 2,27±0,10 mg/g, 2,78±0,16 mg/g ve 2,63±0,10 mg/g olarak tespit edilmiştir. Sapa kalkma dönemine ait en düşük klorofil a miktarı 2D doz quinclorac uygulaması yapılan grupta 1,67±0,03, en yüksek klorofil a miktarı ise D doz cyhalofop butyl uygulaması yapılan grupta 3,00±0,11 mg/g olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, 2D doz quinclorac uygulamasında kontrole göre anlamlı bir azalış olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). Mix ve cyhalofop butyl (2D uygulaması hariç) uygulamalarında kontrole göre anlamlı bir artış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen veriler ayrı olarak kıyaslandığında quinclorac uygulaması yapılan grubun klorofil a miktarının diğer gruplara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulanan gruplara ait klorofil a sonuçları kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.25).



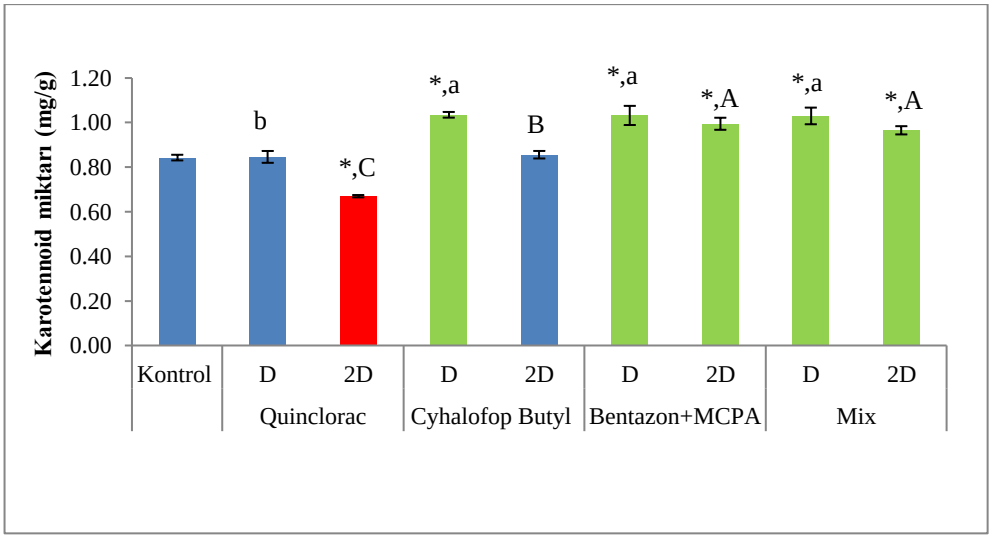
Şekil 4.25. Cameo sapa kalkma dönemi klorofil a analiz sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Kontrol grubuna ait klorofil b miktarı 0,74±0,02 mg/g olarak belirlenmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda klorofil b miktarları sırasıyla 0,61±0,04 mg/g, 1,47±0,11 mg/g, 1,87±0,08 mg/g ve 1,56±0,05mg/g olarak tespit edilmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda klorofil b miktarlarının 0,47±0,01 mg/g, 0,75±0,03mg/g, 1,27±0,05 mg/g ve 1,04±0,06 mg/g olduğu belirlenmiştir. En düşük klorofil b miktarı 2D doz quinclorac uygulaması yapılan grupta 0,47±0,01 mg/g, en yüksek klorofil b miktarı ise D doz bentazon+MCPA uygulanan grupta 1,87±0,08 mg/g olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz quinclorac uygunan gruplarda kontrole göre azalış, cyhalofop butyl (2D doz uygulaması hariç), bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda ise artış olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen klorofil b sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.26).



Şekil 4.26. Cameo sapa kalkma dönemi klorofil b analiz sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

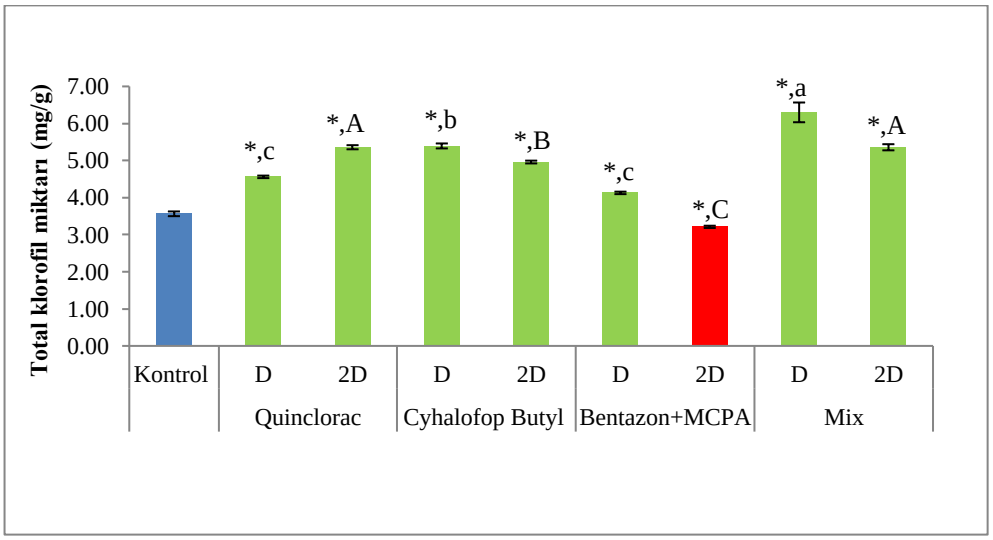
Sapa kalkma dönemine ait kontrol grubu karotenoid miktarı 0,84±0,01 mg/g olarak tespit edilmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda karotenoid miktarları sırasıyla 0,85±0,03 mg/g, 1,04±0,02 mg/g, 1,03±0,04 mg/g ve 1,03±0,04 mg/g olarak belirlenmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda karotenoid miktarları 0,67±0,01 mg/g, 0,86±0,02 mg/g, 0,99±0,03 mg/g ve 0,97±0,02 mg/g'dır. En düşük karotenoid miktarı 2D doz quinclorac uygulaması yapılan grupta 0,67±0,01 mg/g, en yüksek karotenoid miktarı ise D doz cyhalofop butyl uygulanan grupta 1,04±0,02 mg/g olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, cyhalofop butyl (2D doz uygulaması hariç), bentazon+MCPA ve mix uygulamaları yapılan grupların karotenoid miktarlarında artış, quinclorac (D doz uygulaması hariç) uygulamaları yapılan grupta ise azalış olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen karotenoid sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında, quinclorac uygulaması yapılan grubun karotenoid miktarının diğer gruplara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılık istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulanan gruplardan elde karotenoid sonuçları kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.27).



Şekil 4.27. Cameo sapa kalkma dönemi karotenoid analiz sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

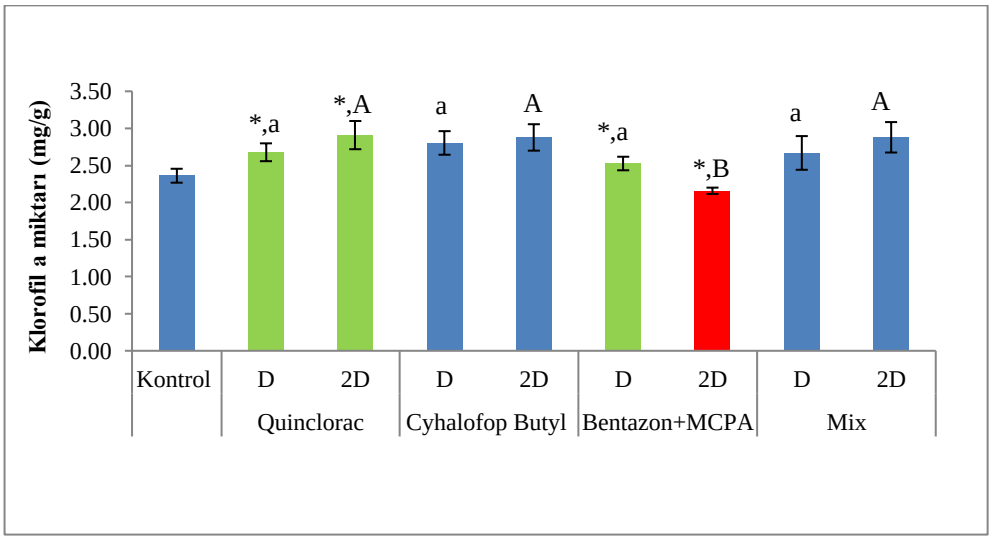
4.2.2.3. Salkım Oluşumu Dönemi Pigment Analiz Sonuçları

Cameo çeltik çeşidi salkım oluşumu dönemi total klorofil sonuçları incelendiğinde, kontrol grubuna ait total klorofil miktarı 3,56±0,06 mg/g olarak tespit edilmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda total klorofil miktarları sırasıyla 4,56±0,03 mg/g, 5,40±0,07 mg/g, 4,13±0,03 mg/g ve 6,30±0,27 mg/g olarak belirlenmiştir. 2D doz uygulama yapılan grupların total klorofil miktarları 5,36±0,06 mg/g, 4,96±0,04 mg/g, 3,21±0,03 mg/g ve 5,36±0,08 mg/g'dır. Salkım oluşumu dönemine ait en düşük total klorofil miktarı 2D doz bentazon+MCPA uygulaması yapılan grupta 3,21±0,03 mg/g, en yüksek total klorofil miktarı ise D doz mix uygulanan grupta 6,30±0,27 mg/g olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl, mix ve D doz bentazon+MCPA uygulanan gruplarda kontrole göre anlamlı bir artış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). 2D doz bentazon+MCPA uygulanan grupta kontrole göre anlamlı bir azalma belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen total klorofil miktarları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.28).



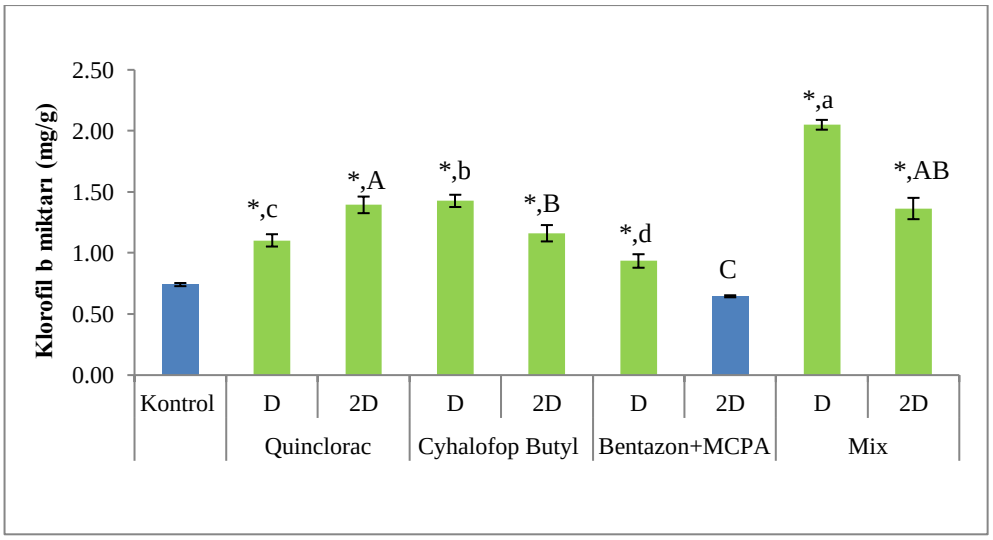
Şekil 4.28. Cameo salkım oluşumu dönemi total klorofil analiz sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Kontrol grubuna ait klorofil a miktarı 2,36±0,09 mg/g olarak belirlenmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda klorofil a miktarları sırasıyla 2,68±0,12 mg/g, 2,80±0,16 mg/g, 2,53±0,09 mg/g ve 2,67±0,23 mg/g olarak tespit edilmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda klorofil a miktarları 2,91±0,19 mg/g, 2,88±0,18 mg/g, 2,16±0,04 mg/g ve 2,88±0,21 mg/g olarak belirlenmiştir. En düşük klorofil a miktarı 2D doz bentazon+MCPA uygulaması yapılan grupta 2,16±0,04 mg/g, en yüksek klorofil a miktarı ise 2D doz quinclorac uygulaması yapılan grupta 2,91±0,19 mg/g'dır. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz quinclorac uygulanan grupların klorofil a miktarlarında kontrole göre artış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Bentazon+MCPA'nın D doz uygulanması sonucunda kontrole göre artış, 2D doz uygulaması sonucunda ise azalış olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). Cyhalofop butyl ve mix uygulamaları sonucunda klorofil a miktarında meydana gelen değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen klorofil a sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. 2D doz herbisit uygulamalarına ait sonuçlara göre bentazon+MCPA uygulaması yapılan grubun klorofil a miktarının diğer gruplara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$, Şekil 4.29).



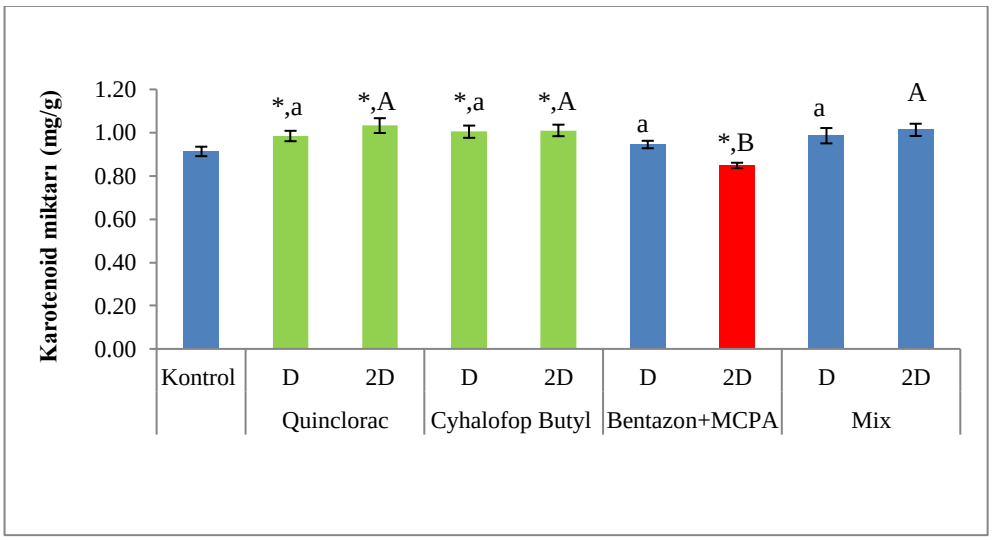
Şekil 4.29. Cameo salkım oluşumu dönemi klorofil a analiz sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Kontrol grubuna ait klorofil b miktarı 0,74±0,01 mg/g olarak belirlenmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda klorofil b miktarları sırasıyla 1,10±0,05 mg/g, 1,43±0,05 mg/g, 0,93±0,06 mg/g ve 2,05±0,04 mg/g olarak tespit edilmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda klorofil b miktarları 1,39±0,07 mg/g, 1,16±0,07 mg/g, 0,65±0,01 mg/g ve 1,36± 0,09 mg/g'dır. En düşük klorofil b miktarı 2D doz bentazon+MCPA uygulaması yapılan grupta 0,65±0,01 mg/g, en yüksek klorofil b miktarı ise D doz mix uygulanan grupta 2,05±0,04 mg/g olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA (2D doz hariç) ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre anlamlı bir artış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen veriler ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.30).



Şekil 4.30. Cameo salkım oluşumu dönemi klorofil b analiz sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Salkım oluşumu dönemine ait kontrol grubu karotenoid miktarı 0,91±0,02 mg/g olarak belirlenmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda karotenoid miktarları sırasıyla 0,98±0,02 mg/g, 1,00±0,03 mg/g, 0,95±0,02 mg/g ve 0,99±0,04 mg/g olarak tespit edilmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda karotenoid miktarları 1,03±0,03 mg/g, 1,01±0,03 mg/g, 0,85±0,01 mg/g ve 1,01±0,03 mg/g'dır. En düşük karotenoid miktarı 2D doz bentazon+MCPA uygulaması yapılan grupta 0,85±0,01 mg/g, en yüksek karotenoid miktarı ise 2D doz quinclorac uygulanan grupta 1,03±0,03 mg/g olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz quinclorac uygulamalarında kontrole göre anlamlı bir artış gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). 2D doz bentazon+MCPA uygulanan grupta karotenoid miktarının kontrole göre azaldığı tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen karotenoid miktarları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. 2D doz herbisit uygulanan gruplara ait sonuçlar kıyaslandığında, bentazon+MCPA uygulaması yapılan grubun karotenoid miktarının diğer gruplara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$, Şekil 4.31).



Şekil 4.31. Cameo salkım oluşumu dönemi karotenoid analiz sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

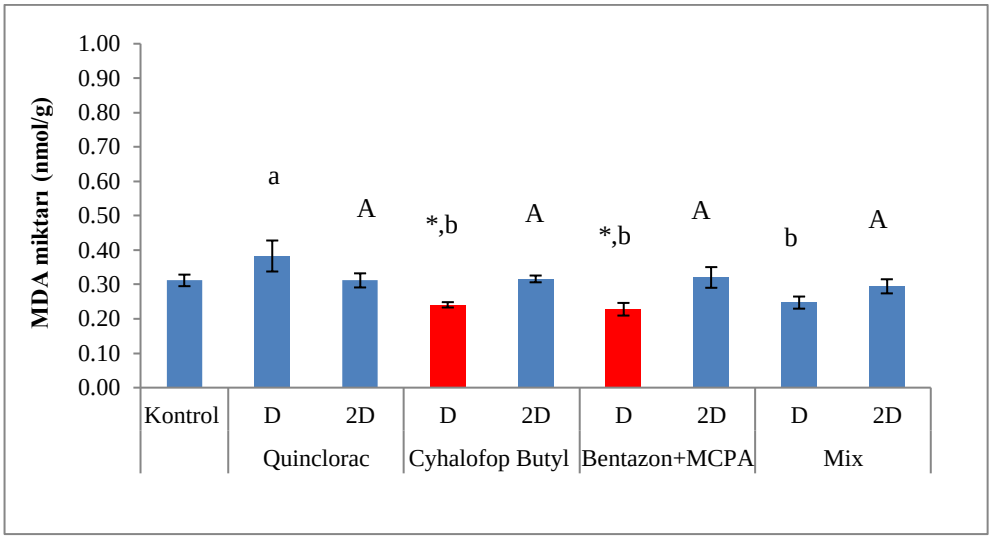
4.3. MDA Analiz Sonuçları

4.3.1. Osmancık-97 Çeltik Çeşidi MDA Analiz Sonuçları

Osmancık-97 çeltik çeşidi fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu dönemlerine ait MDA analiz sonuçları *Ek-2*'de yer almaktadır.

4.3.1.1. Fide Dönemi MDA Analiz Sonuçları

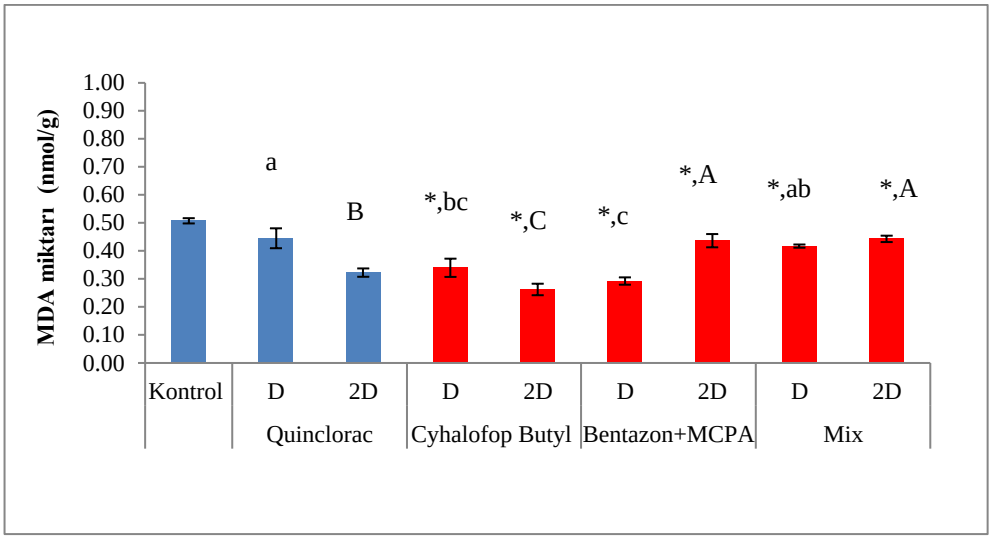
Fide dönemine ait MDA analiz sonuçlarına göre kontrol grubunda MDA miktarı 0,31±0,02 nmol/g olarak tespit edilmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda MDA miktarları sırasıyla 0,38±0,05 nmol/g, 0,24±0,01 nmol/g, 0,23±0,02 nmol/g ve 0,25±0,02 nmol/g olarak belirlenmiştir. 2D doz uygulama yapılan grupların MDA miktarları 0,31±0,02 nmol/g, 0,32±0,01 nmol/g, 0,32±0,03 nmol/g ve 0,29±0,02 nmol/g'dır. Fide dönemine ait en düşük MDA miktarı D doz bentazon+MCPA uygulamasında 0,23±0,02 nmol/g, en yüksek MDA miktarı ise D doz quinclorac uygulamasında 0,38±0,05 nmol/g olarak tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analize göre, quinclorac ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. D doz cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanması sonucunda MDA miktarında kontrole göre anlamlı bir azalma tespit edilirken, 2D uygulanmaları sonucunda anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen MDA sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar belirlenmemiştir ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulanan gruplardan elde edilen MDA sonuçları kıyaslandığında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (Şekil 4.32).



Şekil 4.32. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi MDA analiz sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

4.3.1.2. Sapa Kalkma Dönemi MDA Analiz Sonuçları

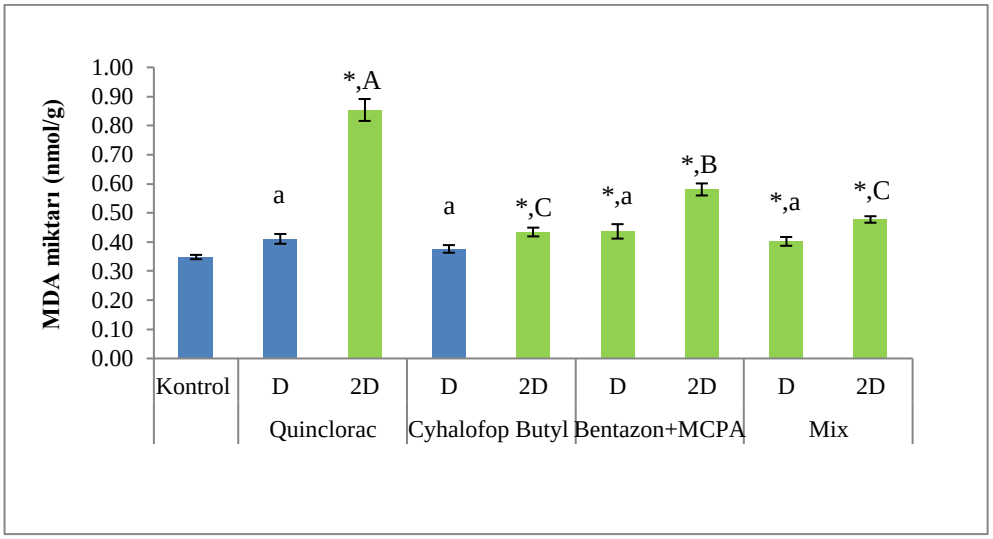
Sapa kalkma dönemi MDA analiz sonuçları incelendiğinde kontrol grubuna ait MDA miktarı 0,51±0,01 nmol/g olarak belirlenmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda MDA miktarları sırasıyla 0,45±0,04 nmol/g, 0,34±0,03 nmol/g, 0,29 ±0,01 nmol/g ve 0,42±0,01 nmol/g olarak tespit edilmiştir. 2D doz uygulama yapılan grupların MDA miktarlarının 0,32±0,01 nmol/g, 0,26±0,02 nmol/g ve 0,44±0,02 nmol/g, 0,44±0,01 nmol/g' dır. Sapa kalkma dönemine ait en düşük MDA miktarı 2D doz cyhalofop butyl uygulaması yapılan grupta 0,26±0,02 nmol/g, en yüksek MDA miktarı ise kontrol grubunda 0,51±0,01 nmol/g olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analize göre, D ve 2D doz cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre anlamlı bir azalma tespit edilirken, quinclorac uygulamalarında bir değişime rastlanmamıştır ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen MDA sonuçlarına ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4. 33).



Şekil 4.33. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi MDA analiz sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

4.3.1.3. Salkım Oluşumu Dönemi MDA Analiz Sonuçları

Salkım oluşumu döneminde kontrol grubu MDA miktarı 0,35±0,01 nmol/g olarak tespit edilmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda MDA miktarları sırasıyla 0,41±0,02 nmol/g, 0,38±0,01 nmol/g, 0,44±0,02 nmol/g ve 0,40±0,02 nmol/g olarak belirlenmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda MDA miktarları 0,85±0,04 nmol/g, 0,43±0,02 nmol/g, 0,58±0,02 nmol/g ve 0,48±0,01 nmol/g olarak tespit edilmiştir. Salkım oluşumu dönemine ait en düşük MDA miktarı kontrol grubunda 0,35±0,0135 nmol/g, en yüksek MDA miktarı ise 2D doz quinclorac uygulanan grupta 0,85±0,04 nmol/g'dır. Yapılan istatistik analize göre, D ve 2D doz bentazon+MCPA ve mix uygulaması yapılan gruplarda kontrole kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). D doz quinclorac ve cyhalofop butyl uygulaması yapılan gruplarda kontrole göre anlamlı bir değişim gözlenmezken, 2D doz uygulamalar sonucunda kontrole göre anlamlı bir artış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen MDA sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 34).



Şekil 4.34. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi MDA analiz sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

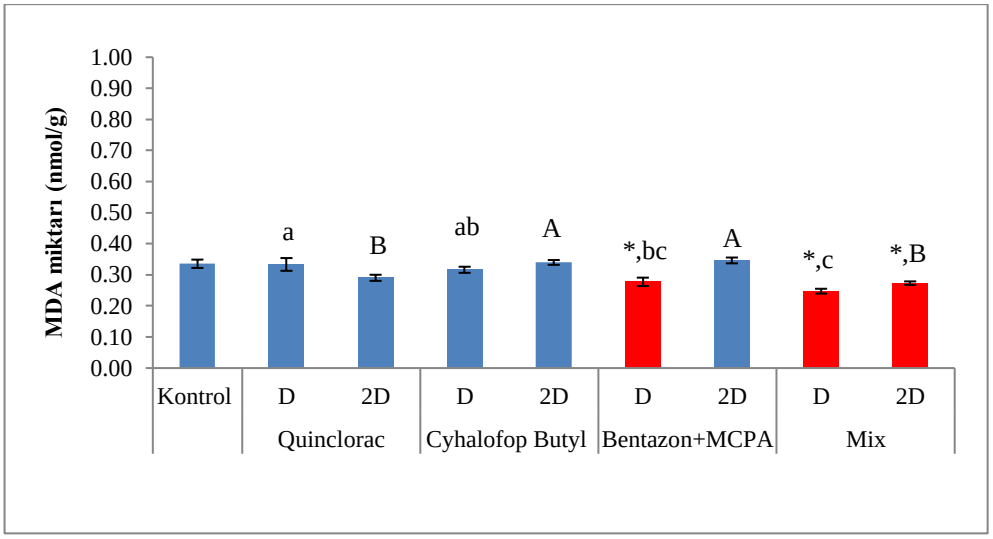
4.3.2. Cameo Çeltik Çeşidi MDA Analiz Sonuçları

Cameo çeltik çeşidi fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu dönemlerine ait MDA analiz sonuçları *Ek-3*' te yer almaktadır.

4.3.2.1. Fide Dönemi MDA Analiz Sonuçları

Fide dönemine ait sonuçlar incelendiğinde kontrol grubu MDA miktarının 0,34±0,01 nmol/g olduğu tespit edilmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan grupların MDA miktarları sırasıyla 0,33±0,02 nmol/g, 0,32± 0,01 nmol/g, 0,28±0,01 nmol/g ve 0,25±0,01 nmol/g olarak belirlenmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda MDA miktarları 0,29±0,01 nmol/g, 0,34±0,01 nmol/g, 0,35±0,01 nmol/g ve 0,27±0,01 nmol/g'dır. Fide dönemine ait en düşük MDA miktarı D doz mix uygulanan grupta 0,25±0,01 nmol/g, en yüksek MDA miktarı ise 2D doz bentazon+MCPA uygulanan grupta 0,35±0,01 nmol/g olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analize göre, D ve 2D doz quinclorac ve cyhalofop butyl uygulanan grupların MDA miktarlarında kontrole kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Bentazon+MCPA'nın D doz uygulanması sonucunda MDA miktarında

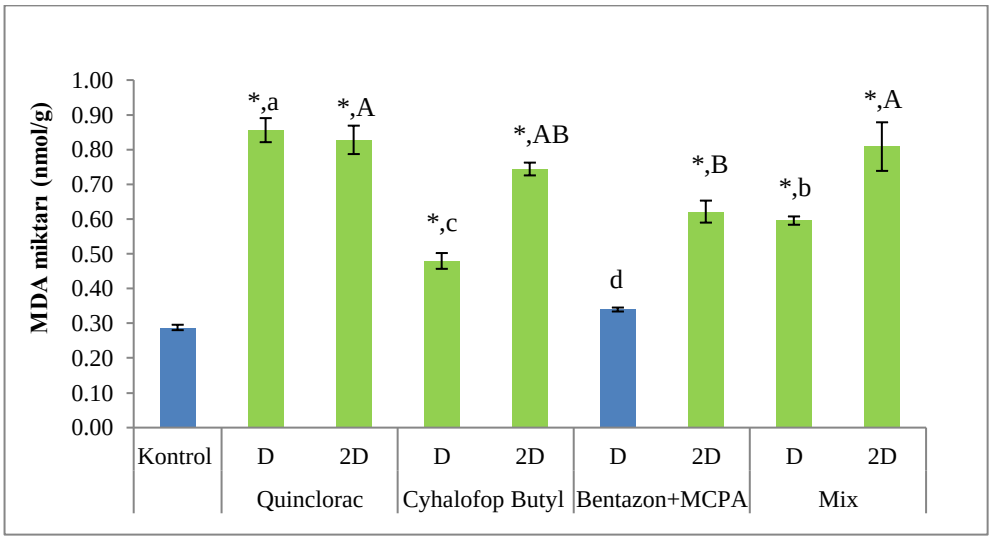
kontrole göre anlamlı bir azalış gözlenirken, 2D doz uygulanmasında meydana gelen değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. D ve 2D doz mix uygulaması yapılan gruplarda kontrole göre anlamlı bir azalış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen MDA miktarları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4. 35).



Şekil 4.35. Cameo çeşidi fide dönemi MDA analiz sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

4.3.2.2. Sapa Kalkma Dönemi MDA Analiz Sonuçları

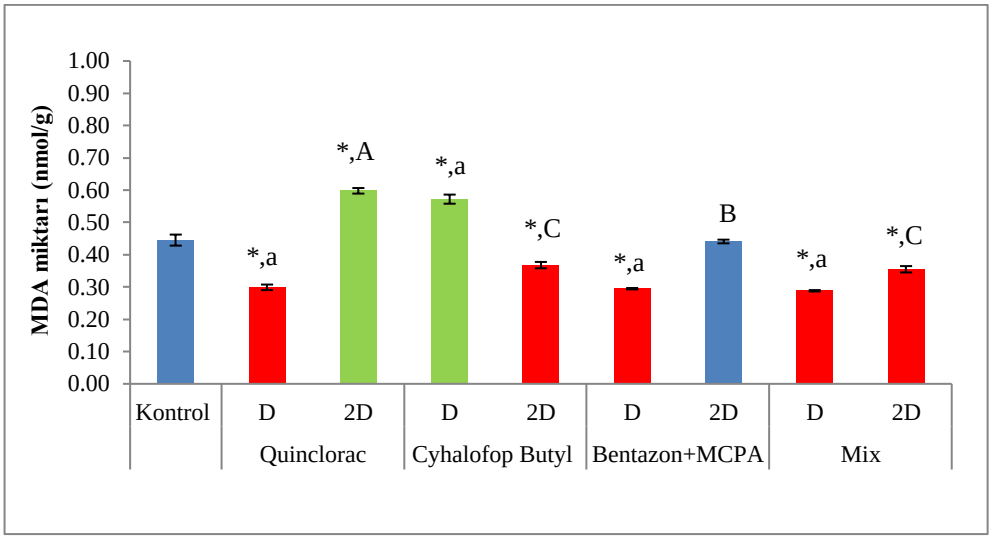
Sapa kalkma dönemi analiz sonuçları incelendiğinde kontrol grubuna ait MDA miktarının 0,29±0,01 nmol/g olduğu tespit edilmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan grupların MDA miktarları sırasıyla 0,86±0,03 nmol/g, 0,48±0,02 nmol/g, 0,34±0,01 nmol/g ve 0,60±0,01 nmol/g olarak belirlenmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda MDA miktarları 0,83±0,04 nmol/g, 0,74±0,02 nmol/g, 0,62±0,03 nmol/g ve 0,81±0,07 nmol/g'dır. Sapa kalkma dönemine ait en düşük MDA miktarı kontrol grubunda 0,29±0,01 nmol/g, en yüksek MDA miktarı ise D doz quinclorac uygulanan grupta 0,86±0,03 nmol/g olarak tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). D doz bentazon+MCPA uygulamasında kontrole göre anlamlı bir değişim gözlenmezken, 2D doz uygulanması sonucunda MDA miktarının kontrole göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış gösterdiği tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin hem D doz ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen MDA sonuçları kendi aralarında kıyaslandığında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.36).



Şekil 4.36. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi MDA analiz sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

4.3.2.3. Salkım Oluşumu Dönemi MDA Analiz Sonuçları

Salkım oluşum dönemine ait sonuçlara göre kontrol grubunda MDA miktarı 0,45±0,02 nmol/g olarak tespit edilmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda MDA miktarları sırasıyla 0,30±0,01 nmol/g, 0,57±0,01 nmol/g, 0,29±0,00 nmol/g ve 0,29±0,00 nmol/g olarak belirlenmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda MDA miktarlarının 0,60±0,01 nmol/g, 0,37±0,01 nmol/g, 0,44±0,01 nmol/g ve 0,35±0,01 nmol/g olduğu tespit edilmiştir. Salkım oluşumu dönemine ait en düşük MDA miktarı D doz bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda 0,29±0,00 nmol/g, en yüksek MDA miktarı ise 2D doz quinclorac uygulanan grupta 0,60±0,01 nmol/g olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D doz quinclorac uygulanan grubun MDA miktarında anlamlı bir azalış gözlenirken, 2D doz uygulaması sonucunda kontrole göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Cyhalofop butyl D dozda uygulandığında MDA miktarı kontrole göre anlamlı bir artış göstermiştir. 2D doz uygulanması sonucunda kontrole göre anlamlı bir azalış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). D doz bentazon+MCPA uygulanması sonucunda kontrole göre anlamlı bir azalış gözlenirken, 2D doz uygulama sonucunda meydana gelen değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. D ve 2D doz mix uygulamalarında kontrole göre anlamlı bir azalış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen MDA sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. 2D doz herbisit uygulamaları sonucunda elde edilen MDA miktarları kıyaslandığında ise gruplar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.37).



Şekil 4.37. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi MDA analiz sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

4.4. Total Protein Analiz Sonuçları

4.4.1. Osmancık-97 Çeltik Çeşidi Total Protein Sonuçları

Osmancık-97 çeltik çeşidi fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu dönemlerine ait total protein analiz sonuçları *Ek-2*'de verilmiştir.

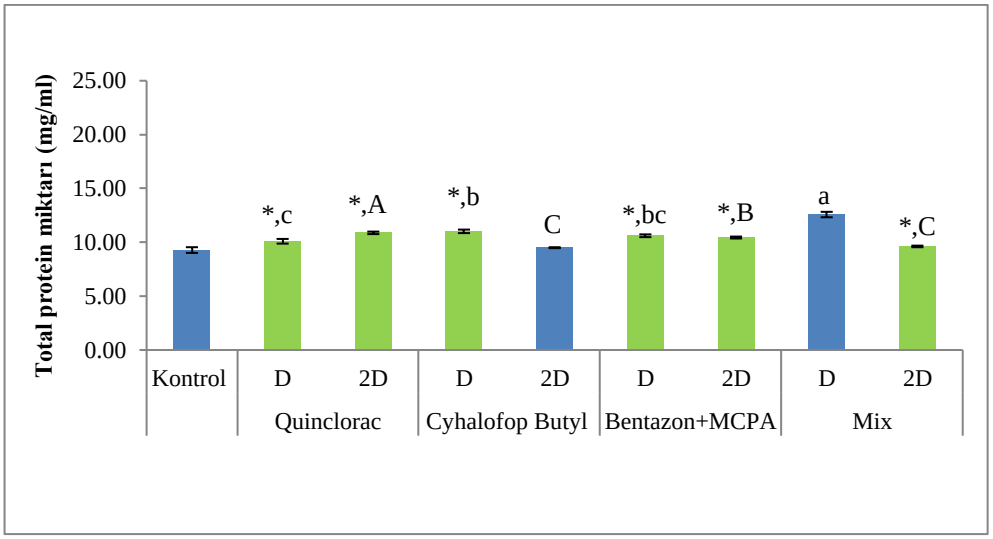
4.4.1.1. Fide Dönemi Total Protein Sonuçları

Fide dönemine ait sonuçlar incelendiğinde kontrol grubuna ait total protein miktarı 9,28±0,27 mg/ml olarak tespit edilmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda total protein miktarları sırasıyla 10,10±0,22 mg/ml, 11,02±0,16 mg/ml, 10,61±0,13 mg/ml ve 12,58±0,25 mg/ml'dir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda total protein miktarları 10,88±0,12 mg/ml, 9,5±0,04 mg/ml, 10,44±0,09 mg/ml ve 9,62±0,07 mg/ml olarak belirlenmiştir. Fide dönemine ait en düşük total protein miktarı kontrol grubunda 9,28±0,27 mg/ml, en yüksek total protein miktarı ise D doz mix uygulanan grupta 12,58±0,25 mg/ml'dir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl (2D doz uygulaması hariç), bentazon+MCPA ve mix (D doz uygulaması hariç) uygulanan gruplarda total protein

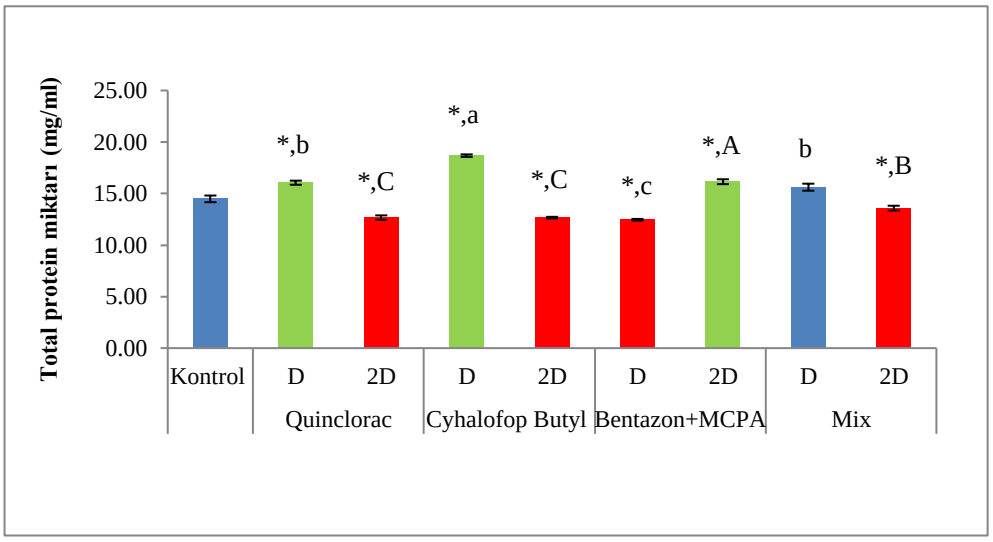
miktarının kontrole göre arttığı belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). Quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mixin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen total protein sonuçları kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.38).

4.4.1.2. Sapa Kalkma Dönemi Total Protein Sonuçları

Sapa kalkma dönemi analiz sonuçlarına göre kontrol grubunda total protein miktarı 14,49±0,32 mg/ml olarak tespit edilmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda total protein miktarları sırasıyla 16,05±0,20 mg/ml, 18,68±0,12 mg/ml, 12,46±0,08 mg/ml ve 15,62±0,34 mg/ml olarak belirlenmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda total protein miktarları 12,67±0,21 mg/ml, 12,66±0,08 mg/ml, 16,15±0,24 mg/ml ve 13,59±0,23 mg/ml'dir. Sapa kalkma dönemine ait en düşük total protein miktarı D doz bentazon+MCPA uygulaması yapılan grupta 12,46±0,08 mg/ml, en yüksek total protein miktarı ise D doz cyhalofop butyl uygulanan grupta 18,68±0,12 mg/ml olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D doz quinclorac uygulanan grupta kontrole göre anlamlı bir artış tespit edilmiştir. 2D doz uygulanması sonucunda total protein miktarında meydana gelen azalış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Cyhalofop butyl uygulanan gruplarda D doz uygulama sonucunda kontrole göre anlamlı bir artış, 2D doz uygulama sonucunda ise azalış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). D doz bentazon+MCPA uygulanması sonucunda total protein miktarında kontrole göre anlamlı bir azalış gözlenirken, 2D doz uygulama sonucunda artış olduğu belirlenmiştir. D doz mix uygulamasında kontrole göre anlamlı bir değişim görülmezken, 2D doz uygulama yapılan grupta total protein miktarı azalmıştır ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen total protein miktarları kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar olduğu gözlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.39).



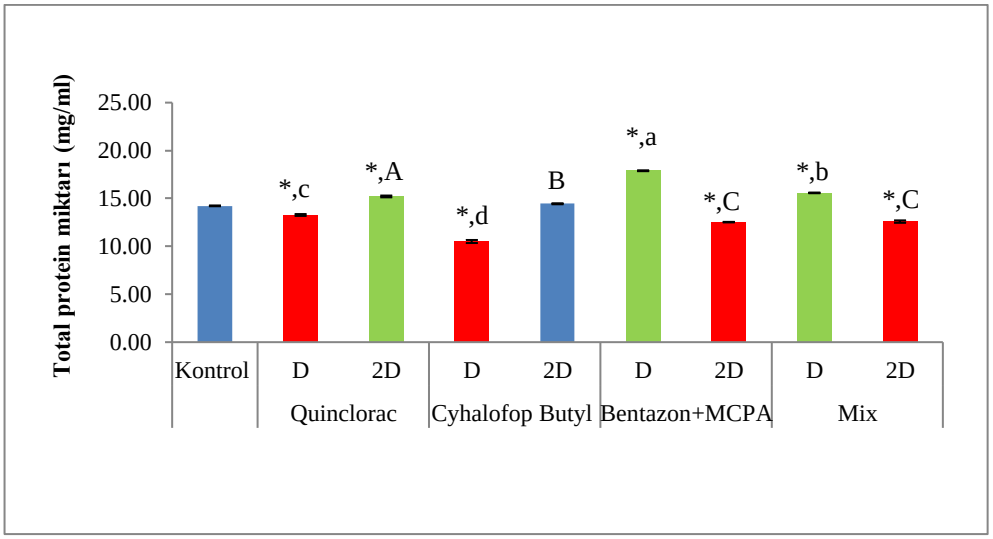
Şekil 4.38. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi total protein analiz sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).



Şekil 4.39. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi total protein analiz sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

4.4.1.3. Salkım Oluşumu Dönemi Total Protein Sonuçları

Salkım oluşumu dönemine ait sonuçlar incelendiğinde, kontrol grubunda total protein miktarı 14,23±0,04 mg/ml olarak tespit edilmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda total protein miktarları sırasıyla 13,27±0,10 mg/ml, 10,51±0,16 mg/ml, 17,89±0,05 mg/ml ve 15,58±0,04 mg/ml olarak belirlenmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda total protein miktarları 15,21±0,09 mg/ml, 14,44±0,05 mg/ml, 12,53±0,03 mg/ml ve 12,58±0,13 mg/ml'dir. Salkım oluşumu dönemine ait en düşük total protein miktarı D doz cyhalofop butyl uygulaması yapılan grupta 10,51±0,16 mg/ml, en yüksek total protein miktarı ise D doz bentazon+MCPA uygulanan grupta 17,89±0,05 mg/ml olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analize göre, D doz quinclorac uygulanan grupta kontrole göre anlamlı bir azalış, 2D uygulama yapılan grupta ise artış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). D doz cyhalofop butyl uygulanan grupta kontrole göre anlamlı bir azalış gözlenirken, 2D doz uygulanan grupta total protein miktarında anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. D doz bentazon+MCPA ve mix uygulamaları sonucunda total protein miktarlarının kontrole göre arttığı, 2D doz uygulamalar sonucunda ise azaldığı tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen total protein miktarları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.40).



Şekil 4.40. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi total protein analiz sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

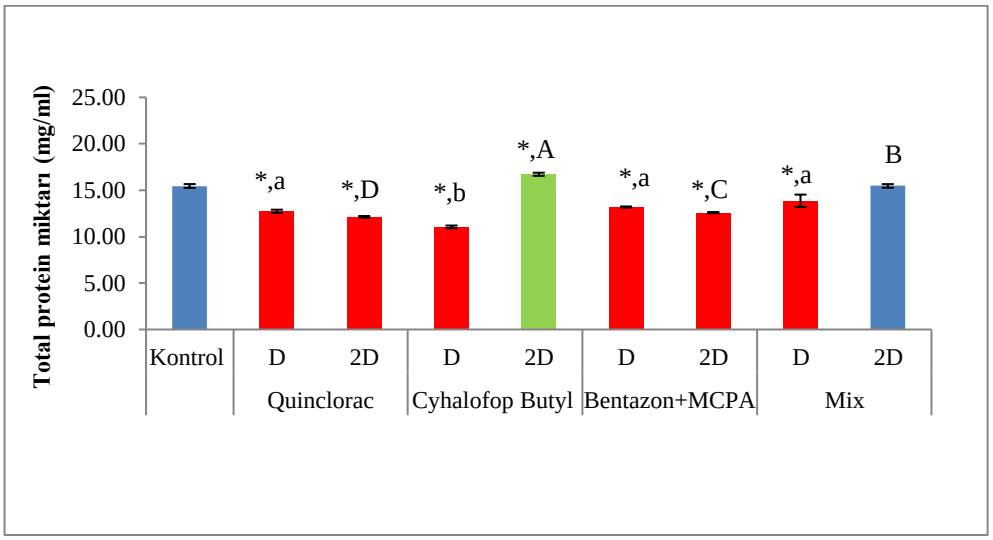
4.4.2. Cameo Çeltik Çeşidi Total Protein Analiz Sonuçları

Cameo çeltik çeşidi fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu dönemlerine ait total protein analiz sonuçları *Ek-3*'te verilmiştir.

4.4.2.1. Fide Dönemi Total Protein Analiz Sonuçları

Fide dönemi analiz sonuçlarına göre kontrol grubuna ait total protein miktarı 15,46±0,20 mg/ml olarak tespit edilmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda total protein miktarları sırasıyla 12,73±0,17 mg/ml, 11,05±0,14 mg/ml, 13,19±0,06 mg/ml ve 13,87±0,66 mg/ml olarak belirlenmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda total protein miktarları 12,14±0,08 mg/ml, 16,72±0,17 mg/ml, 12,59±0,06 mg/ml ve 15,46±0,19 mg/ml'dır. Fide dönemine ait en düşük total protein miktarı D doz cyhalofop butyl uygulanan grupta 11,05±0,14 mg/ml, en yüksek total protein miktarı ise 2D doz cyhalofop butyl uygulanan grupta 16,72±0,17 mg/ml olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analize göre, D ve 2D doz quinclorac ve bentazon+MCPA uygulanan grupların total protein miktarında kontrole göre anlamlı bir azalma gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). D doz cyhalofop butyl uygulanan grupta

kontrole göre anlamlı bir azalış, 2D doz uygulamada anlamlı bir artış olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). D doz mix uygulanan gruba ait total protein miktarında kontrole göre anlamlı bir azalış gözlenirken, 2D doz mix uygulanan grubun total protein miktarında kontrole göre anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen total protein miktarları ayrı olarak kıyaslandığında, cyhalofop butyl uygulaması sonucunda elde edilen sonucun diğer uygulama gruplarına göre farklı olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulamaları sonucunda elde edilen total protein miktarları kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.41).



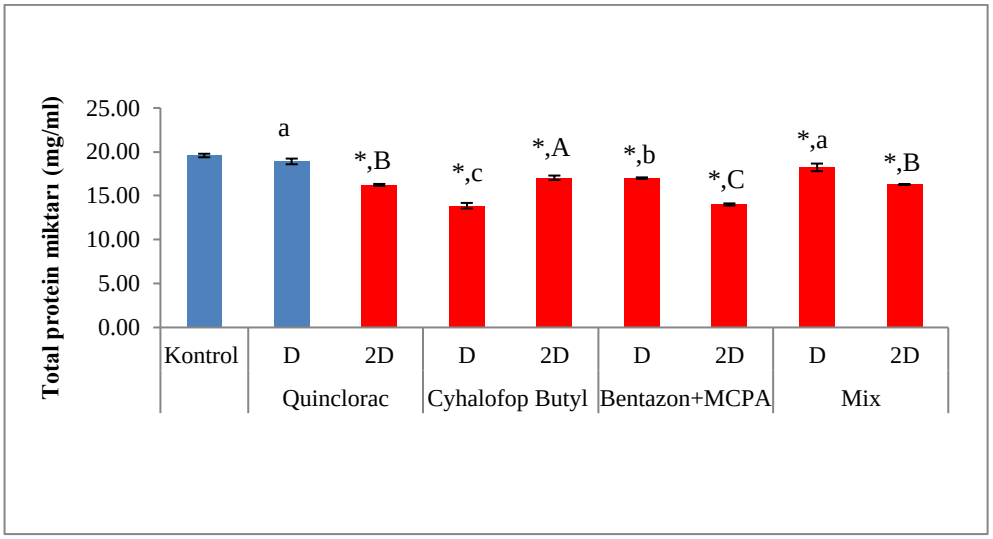
Şekil 4.41. Cameo çeşidi fide dönemi total protein analiz sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

4.4.2.2. Sapa Kalkma Dönemi Total Protein Analiz Sonuçları

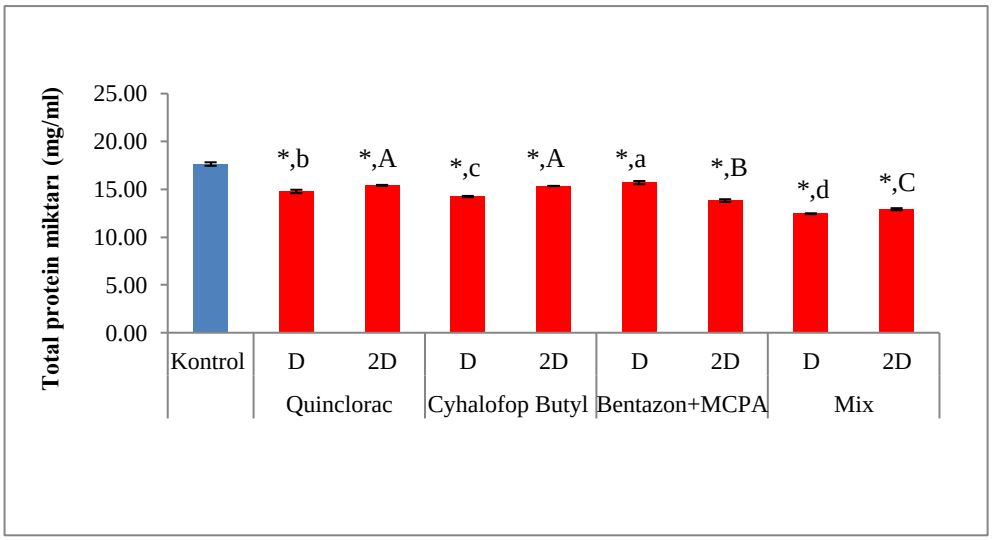
Sapa kalkma dönemine ait veriler incelendiğinde kontrol grubu total protein miktarı 19,58±0,20 mg/ml olarak tespit edilmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda total protein miktarları sırasıyla 18,91±0,32 mg/ml, 13,87±0,31 mg/ml, 17,01±0,08 mg/ml ve 18,23±0,43 mg/ml olarak belirlenmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda total protein miktarları 16,24±0,10 mg/ml, 17,05±0,25 mg/ml, 14,01±0,12 mg/ml ve 16,28±0,05 mg/ml'dir. Sapa kalkma dönemine ait en düşük total protein miktarı D doz cyhalofop butyl uygulaması yapılan grupta 13,87±0,31 mg/ml, en yüksek total protein miktarı ise kontrol grubunda 19,58±0,20 mg/ml olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analize göre, D doz quinclorac uygulanan grubun total protein miktarında anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. 2D doz uygulama sonucunda anlamlı bir azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). D ve 2D doz cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda doz artışına bağlı olarak total protein miktarlarında kontrole göre anlamlı bir azalma olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen total protein sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.42).

4.4.2.3. Salkım Oluşumu Dönemi Total Protein Analiz Sonuçları

Salkım oluşumu dönemi analiz sonuçları incelendiğinde kontrol grubu total protein miktarı 17,64±0,18 mg/ml olarak tespit edilmiştir. D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda total protein miktarları sırasıyla 14,77±0,18 mg/ml, 14,24±0,07 mg/ml, 15,69±0,17 mg/ml ve 12,44±0,05 mg/ml olarak belirlenmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda total protein miktarları 15,41±0,05 mg/ml, 15,34±0,02 mg/ml, 13,81±0,14 mg/ml ve 12,91±0,11 mg/ml'dir. Salkım oluşumu dönemine ait en düşük total protein miktarı D doz mix uygulaması yapılan grupta 12,44±0,05 mg/ml, en yüksek total protein miktarı ise kontrol grubunda 17,64±0,18 mg/ml olarak tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analize göre tüm herbisit uygulama gruplarında kontrole kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen total protein sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.43).



Şekil 4.42. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi total protein analiz sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).



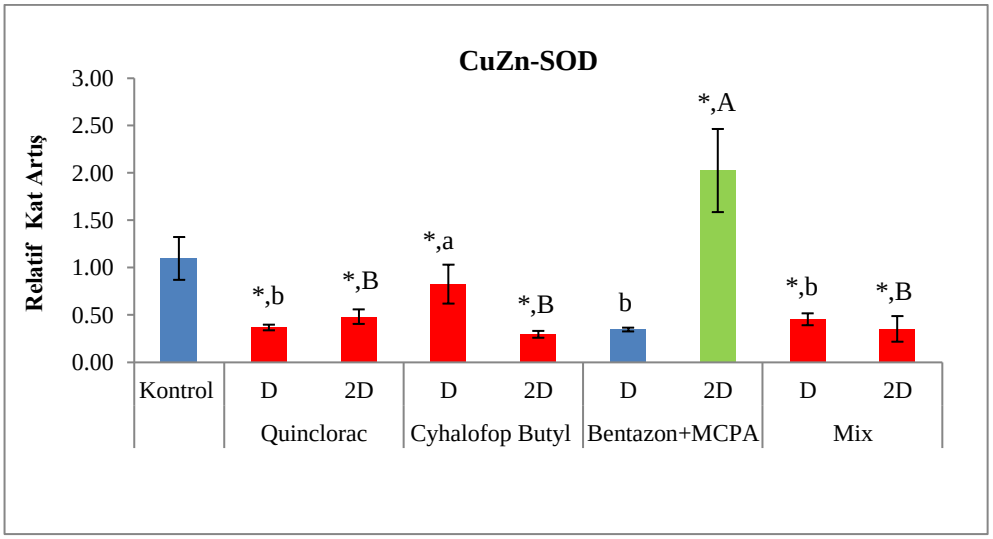
Şekil 4.43. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi total protein analiz sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

4.5. Antioksidan Gen Analiz Sonuçları

4.5.1. Osmancık-97 Çeltik Çeşidi Antioksidan Gen Analiz Sonuçları

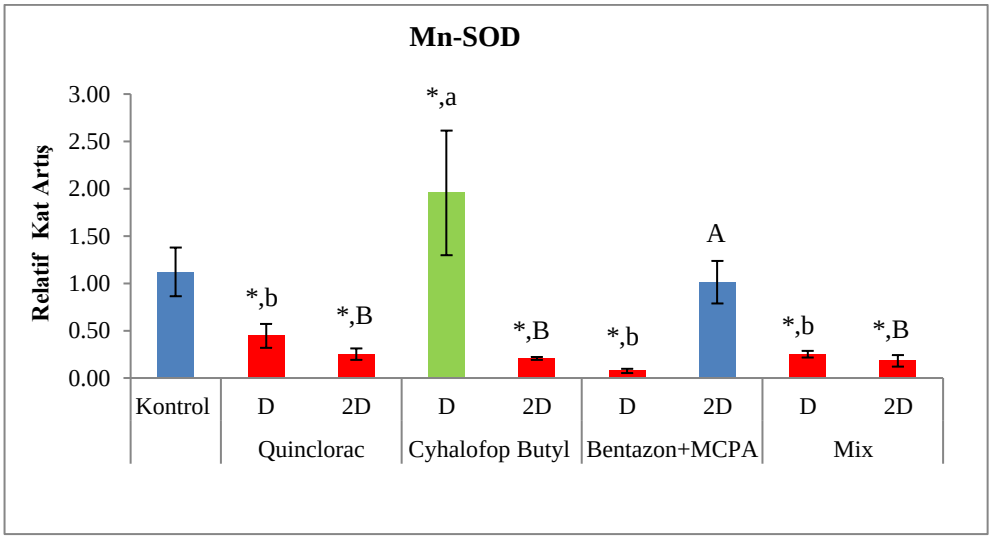
4.5.1.1. Fide Dönemi Antioksidan Gen Analiz Sonuçları

Osmancık-97 çeşidi fide dönemi örneklerine ait antioksidan genlerinin relatif kat değişimleri *Ek-4*'te verilmiştir. CuZn-SOD gen ifade düzeylerindeki değişimler incelendiğinde, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 0,37±0,03, 0,83±0,21, 0,35±0,02 ve 0,46±0,06 kat azalma tespit edilmiştir. 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl ve mix uygulamalarında 0,48±0,08, 0,30±0,04 ve 0,35±0,14 kat azalma, bentazon+MCPA uygulamasında ise 2,03±0,44 kat artma olduğu belirlenmiştir. CuZn-SOD gen ifade düzeylerinde meydana gelen bu değişimler (D doz bentazon+MCPA uygulaması hariç) istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). D doz herbisit uygulaması yapılan gruplara ait CuZn-SOD gen ifade düzeyindeki değişimler kıyaslandığında, cyhalofop butyl uygulaması yapılan grupta CuZn-SOD gen ifade düzeyinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulamaları sonucunda elde edilen CuZn-SOD gen ifade düzeyleri kıyaslandığında, bentazon+MCPA uygulanan grupta tespit edilen CuZn-SOD gen ifade düzeyinin diğer gruplara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$, Şekil 44).



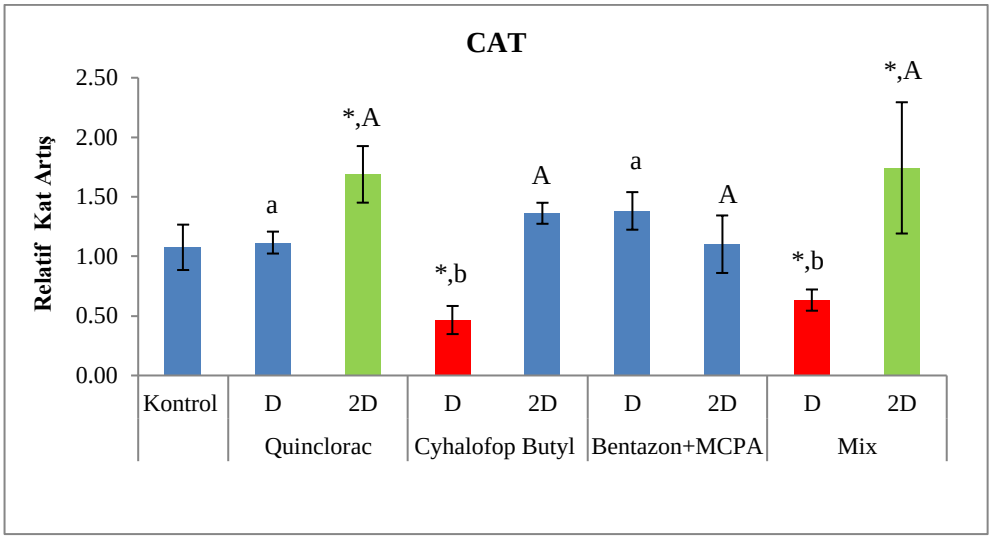
Şekil 4.44. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi CuZn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Mn-SOD gen ifade düzeylerine ait sonuçlar incelendiğinde D doz quinclorac, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole kıyasla sırasıyla 0,45±0,13, 0,07±0,02 ve 0,25±0,04 kat azalma, cyhalofop butyl uygulamasında ise 1,96±0,66 kat artma olduğu belirlenmiştir. 2D doz herbisit uygulamaları incelendiğinde Mn-SOD gen ifade düzeylerindeki değişimin kontrole göre sırasıyla 0,25±0,06, 0,21±0,02, 1,01±0,22 ve 0,18±0,06 kat azalma şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Mn-SOD gen ifade düzeylerinde meydana gelen bu değişimler (2D doz bentazon+MCPA hariç) istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). D doz herbisit uygulaması yapılan gruplara ait Mn-SOD gen ifade düzeyleri kıyaslandığında, cyhalofop butyl uygulaması sonucunda elde edilen Mn-SOD gen ifade düzeyinin diğer gruplara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulanması sonucunda elde edilen Mn-SOD gen ifade düzeyleri kıyaslandığında, bentazon+MCPA uygulanan grupta tespit edilen Mn-SOD gen ifade düzeyinin diğer gruplara göre istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 45).



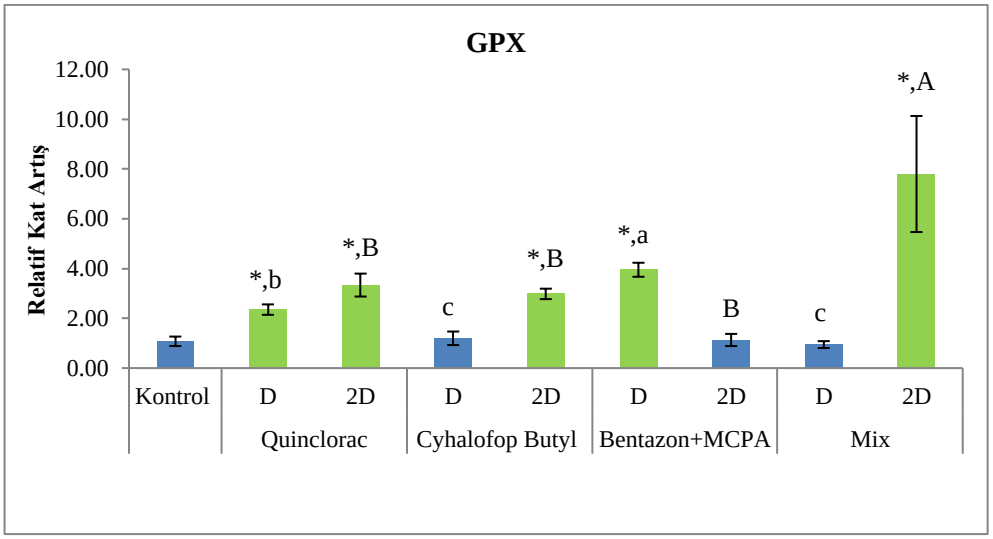
Şekil 4.45. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi Mn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

CAT gen ifade düzeyleri incelendiğinde D doz quinclorac ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda kontrole kıyasla 1,12±0,09 ve 1,38±0,16 kat artış, cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda 0,47±0,12 ve 0,63±0,09 kat azalış tespit edilmiştir. Quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix etken maddeli herbisitlerin 2D doz uygulanması sonucunda CAT gen ifade düzeylerinde kontrole göre sırasıyla 1,69±0,24, 1,36±0,09, 1,10±0,24 ve 1,74±0,55 kat artış gözlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz quinclorac uygulamasında kontrole göre artış tespit edilmiştir. 2D doz quinclorac uygulaması sonucunda CAT gen ifade düzeyinde meydana gelen artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (P≤0,05). D doz cyhalofop butyl uygulaması sonucunda CAT gen ifade düzeyinde kontrole göre anlamlı bir azalış gözlenirken, 2D uygulaması sonucunda elde edilen değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. D ve 2D bentazon+MCPA uygulanan gruplarda kontrole göre anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. D doz mix uygulanması sonucunda CAT gen ifade düzeyinde kontrole göre anlamlı bir azalış, 2D doz uygulama sonucunda ise artış olduğu tespit edilmiştir (P≤0,05). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen veriler ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir (P≤0,05, Şekil 4.46).



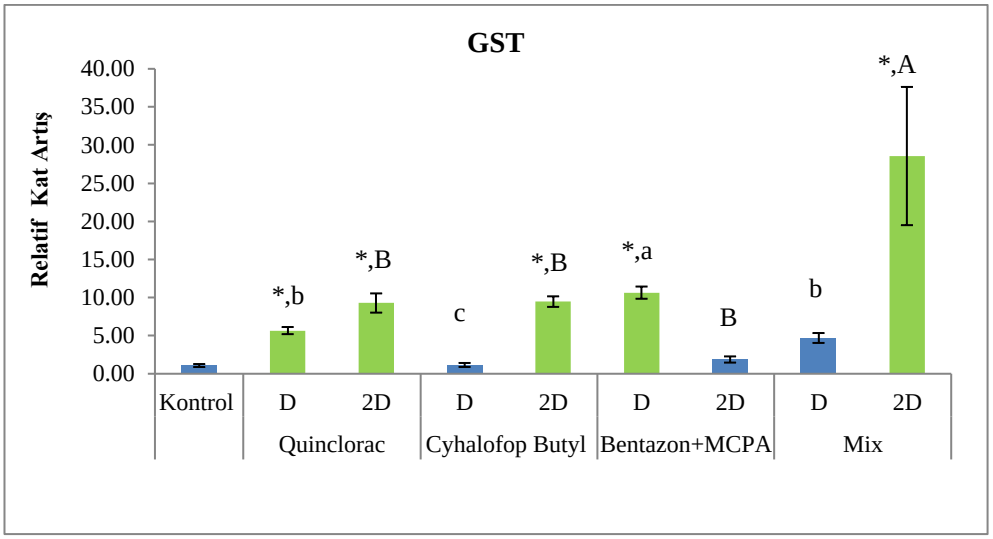
Şekil 4.46. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi CAT gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

GPX gen ifade düzeylerine ait sonuçlar incelendiğinde, D doz quinclorac, cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda kontrole göre 2,35±0,21, 1,20±0,27 ve 3,95±0,28 kat artış, mix uygulanan grupta ise 0,94±0,14 kat azalış tespit edilmiştir. 2D doz herbisit uygulanan grupların GPX gen ifade düzeylerinde sırasıyla 3,34±0,46, 2,98±0,21, 1,13±0,24 ve 7,80±2,33 kat artış belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz quinclorac uygulanan gruplarda kontrole göre anlamlı bir artış gözlenmiştir (P≤0,05). D doz cyhalofop butyl ve mix uygulanan grupların GPX gen ifade düzeyinde kontrole göre anlamlı bir değişim gözlenmezken, 2D doz uygulama yapılan gruplarda GPX gen ifadesinde meydana gelen artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (P≤0,05). Bentazon+MCPA uygulamaları incelendiğinde D doz uygulama yapılan grupta kontrole göre anlamlı bir artış tespit edilmiştir (P≤0,05). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen GPX gen ifade düzeyleri karşılaştırıldığında, gruplar arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir (P≤0,05). 2D doz mix uygulaması sonucunda elde edilen GPX gen ifade düzeyinin diğer gruplara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (P≤0,05, Şekil 4.47).



Şekil 4.47. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi GPX gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

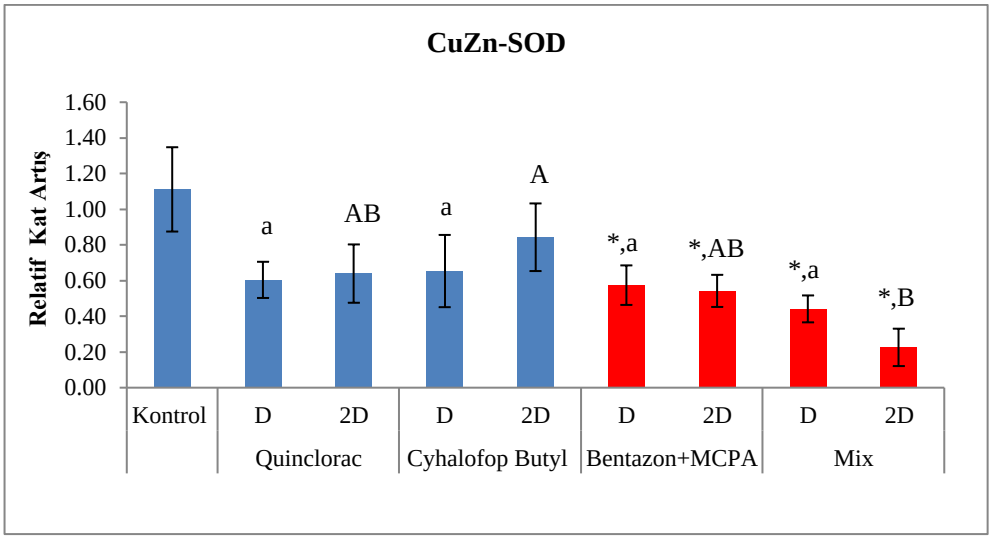
GST gen ifade düzeylerine ait sonuçlara göre quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix etken maddeli herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda sırasıyla 5,66±0,47, 1,15±0,26, 10,64±0,80 ve 4,69±0,65 kat artış tespit edilmiştir. 2D doz uygulama sonuçlarına göre sırasıyla 9,28±1,26, 9,46±0,69, 1,87±0,41 ve 28,56±9,06 kat artış olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz quinclorac uygulanan gruplarda meydana gelen GST gen ifade düzeyindeki artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). D doz cyhalofop butyl ve mix uygulanan grupların GST gen ifade düzeyinde kontrole göre anlamlı bir değişim gözlenmezken, 2D doz uygulama yapılan gruplarda kontrole göre anlamlı bir artış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Bentazon+MCPA uygulamaları incelendiğinde D doz uygulama yapılan grupta kontrole göre anlamlı bir artış gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen GST gen ifade düzeyleri kıyaslandığında, gruplar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulanan gruplara ait sonuçlar karşılaştırıldığında, mix uygulaması sonucunda elde edilen GST gen ifade düzeyinin diğer gruplara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$, Şekil 4.48).



Şekil 4.48. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi GST gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

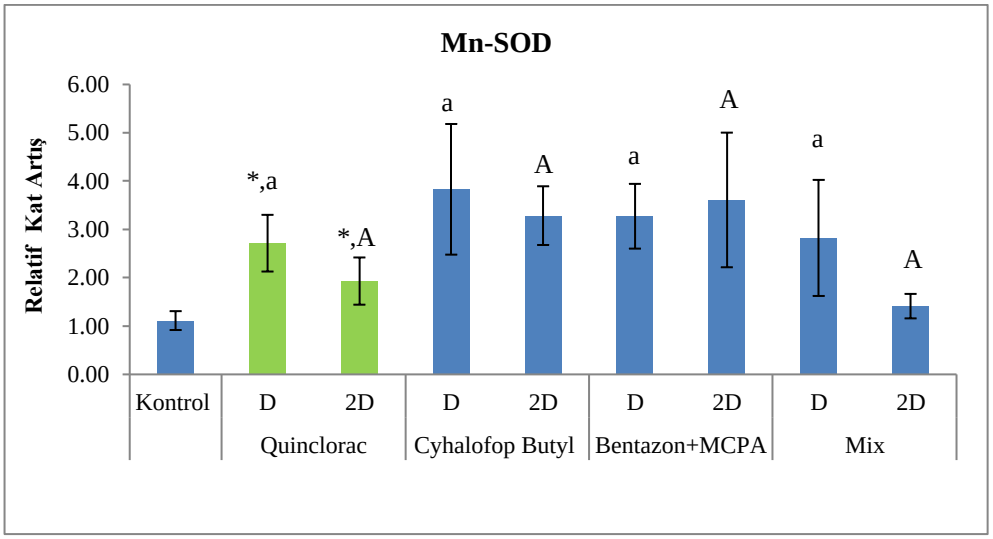
4.5.1.2. Sapa Kalkma Dönemi Antioksidan Gen Analiz Sonuçları

Sapa kalkma dönemi örneklerine ait antioksidan genlerinin relatif kat değişimleri *Ek-5'*te yer almaktadır. CuZn-SOD gen ifade düzeylerine ait değişimler incelendiğinde, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 0,60±0,10, 0,65±0,20, 0,57±0,11 ve 0,44±0,08 kat, 2D doz uygulamalarda ise 0,64±0,16, 0,84±0,19, 0,54±0,09 ve 0,23±0,10 katlık azalış tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre anlamlı bir azalma olduğu belirlenmiştir(P≤0,05). Quinclorac ve cyhalofop butyl uygulanan grupların CuZn-SOD gen ifade düzeylerinde meydana gelen azalmalar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen CuZn-SOD gen ifade düzeyleri ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı bir fark tespit edilmezken, 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılıklar gözlenmiştir (P≤0,05, Şekil 4.49).



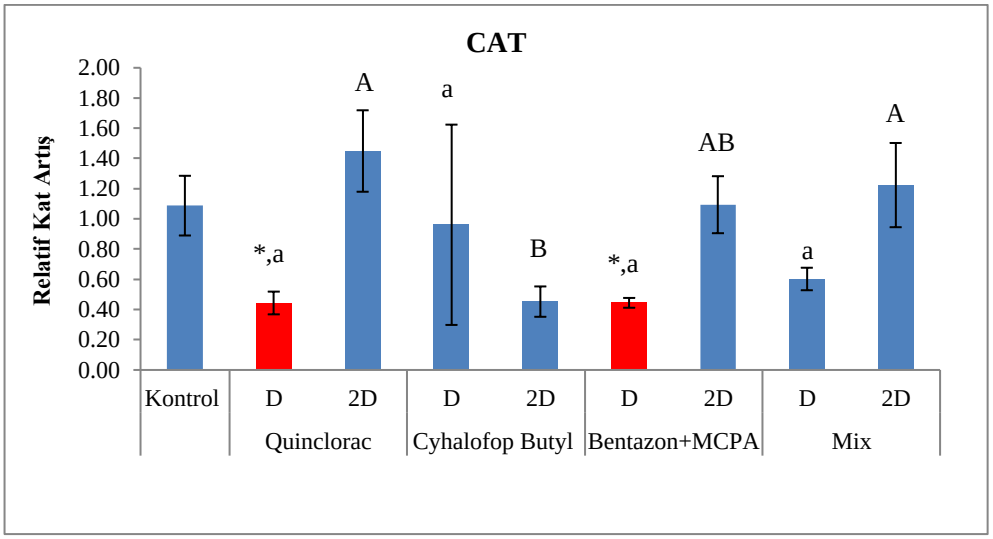
Şekil 4.49. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi CuZn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, $P \leq 0,05$, Ortalama±Standart Hata).

Mn-SOD gen ifade düzeylerinde D doz doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 2,72±0,59, 3,83±1,35, 3,27±0,67 ve 2,82±1,20 kat, 2D doz uygulamalarda ise 1,93±0,49, 3,29±0,61, 3,61±1,39 ve 1,41±0,25 kat artış tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda D ve 2D doz quinclorac uygulaması yapılan gruplarda kontrole göre anlamlı bir artış olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). Diğer herbisit uygulamaları sonucunda elde edilen Mn-SOD gen ifade düzeylerindeki değişimler istatistik olarak anlamlı bulunmamıştır. Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen Mn-SOD gen ifade düzeyleri ayrı olarak kıyaslandığında, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (Şekil 4.50).



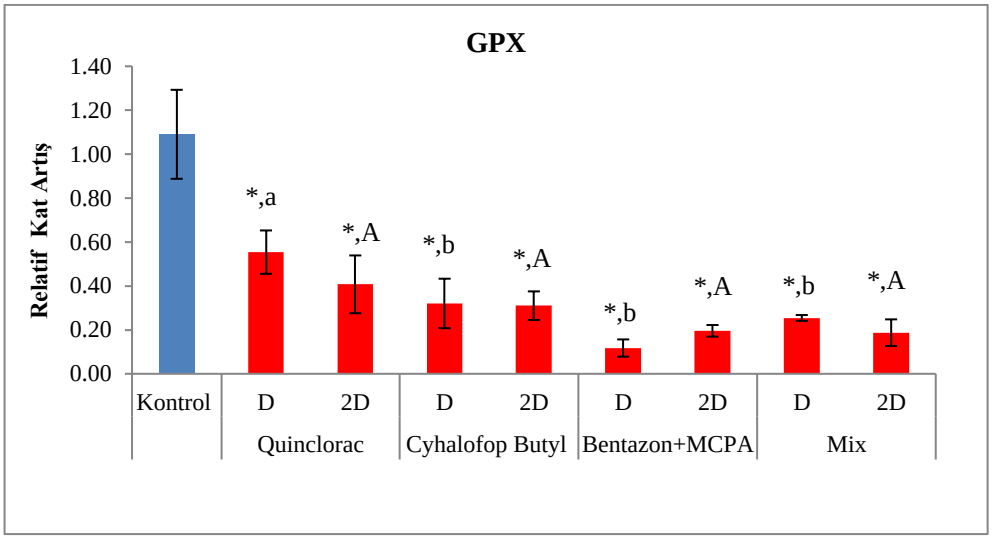
Şekil 4.50. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi Mn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Sapa kalkma dönemine ait CAT gen ifade düzeylerine ait sonuçlar incelendiğinde, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 0,44±0,08, 0,96±0,66, 0,44±0,03 ve 0,60±0,07 katlık azalma tespit edilmiştir. 2D doz quinclorac, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda sırasıyla 1,45±0,27, 1,09±0,19 ve 1,22±0,28 katlık artış gözlenirken, cyhalofop butyl uygulanan grupta 0,45±0,10 katlık azalma olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda D doz quinclorac ve bentazon+MCPA uygulaması yapılan gruplarda kontrole göre anlamlı bir azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Diğer herbisit uygulamaları sonucunda meydana gelen CAT gen ifade düzeyi değişimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen CAT gen ifade düzeyleri kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı bir fark gözlenmezken, 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.51).



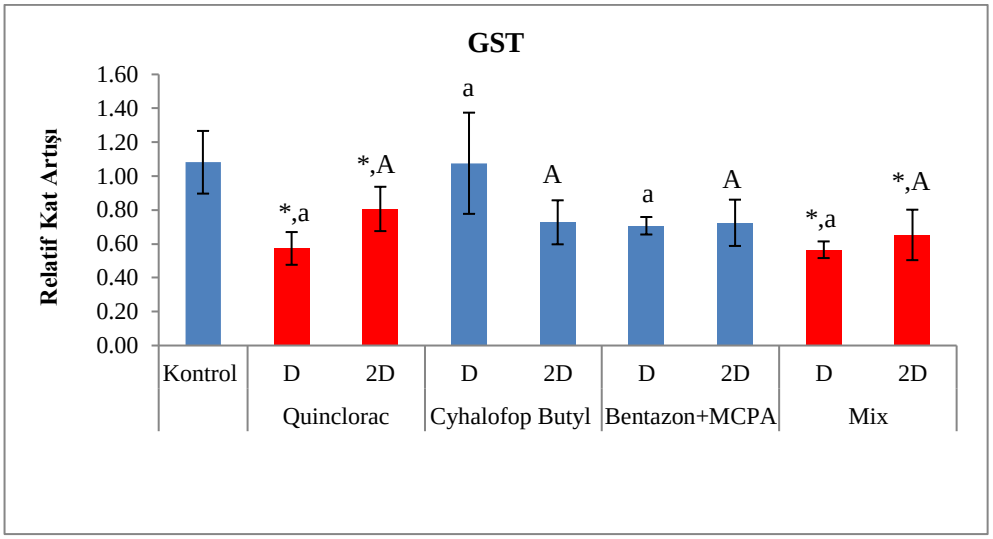
Şekil 4.51. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi CAT gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

GPX gen ifade düzeylerinde D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 0,55±0,10, 0,32±0,11, 0,12±0,04 ve 0,25±0,01 kat, 2D doz uygulama yapılan gruplarda 0,41±0,13, 0,31±0,07, 0,20±0,03 ve 0,19±0,06 kat azalma tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda tüm herbisit uygulamalarında kontrole göre anlamlı bir azalma olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen GPX gen ifade düzeyleri kıyaslandığında, quinclorac uygulaması sonucunda elde edilen GPX gen ifade düzeyinin diğer gruplara göre istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulaması yapılan gruplar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (Şekil 4.52).



Şekil 4.52. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi GPX gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, $P \leq 0,05$, Ortalama±Standart Hata).

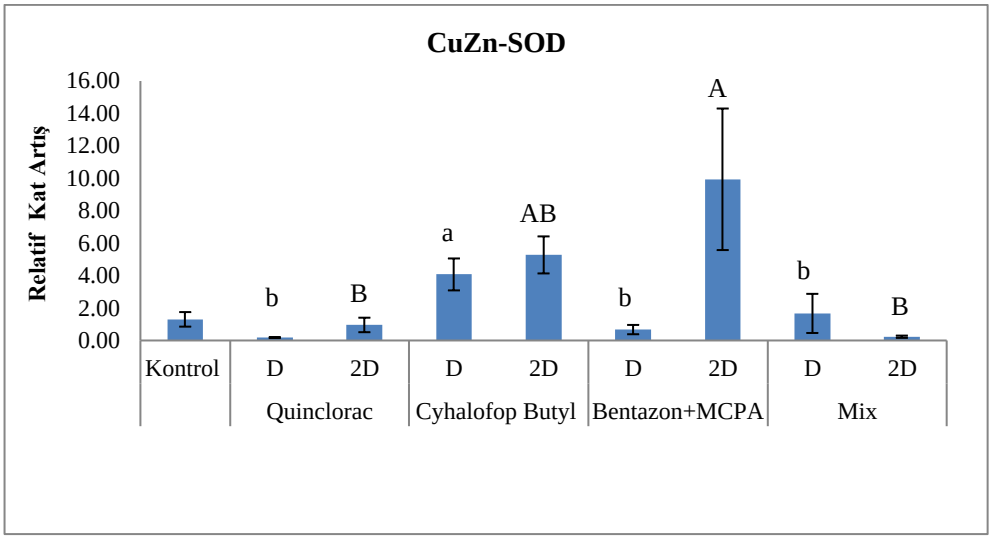
GST gen ifade düzeylerine ait sonuçlar incelendiğinde, D quinclorac, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 0,57±0,10, 0,71±0,05 ve 0,57±0,05 kat azalış tespit edilmiştir. Cyhalofop butyl uygulamasında GTS gen ifade düzeyi 1,08±0,30 olarak belirlenmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplardaki GST gen ifade düzeyleri kontrole göre 0,81±0,13, 0,73±0,13, 0,72±0,14 ve 0,65±0,15 katlık azalış göstermiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz quinclorac ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre anlamlı bir azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan grupların GST gen ifade düzeylerinde meydana gelen azalmalar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen GST gen ifade düzeyleri ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir (Şekil 4.53).



Şekil 4.53. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi GST gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

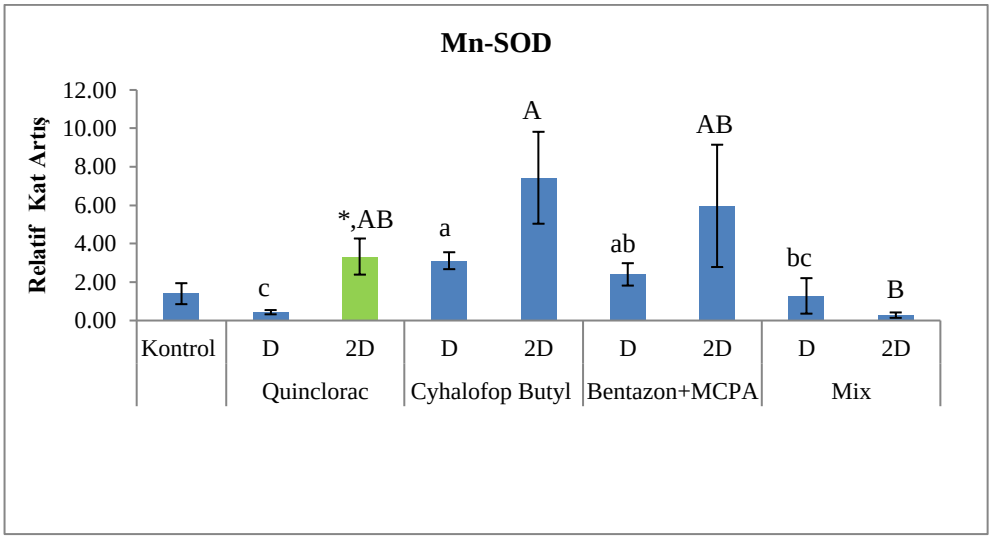
4.5.1.3. Salkım Oluşumu Dönemi Antioksidan Gen Analiz Sonuçları

Salkım oluşumu dönemi örneklerine ait antioksidan genlerinin relatif kat değişimleri *Ek-6*'da verilmiştir. CuZn-SOD gen ifade düzeylerindeki değişimler incelendiğinde, D doz quinclorc ve bentazon+MCPA uygulanan grupta sırasıyla 0,18±0,03 ve 0,67±0,29 kat azalış, cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda ise 4,07±0,98 ve 1,67±1,21 kat artış olduğu belirlenmiştir. 2D doz quinclorac ve mix uygulamaları yapılan gruplarda GST gen ifade düzeyi 0,96±0,45 ve 0,23±0,07 kat azalış gösterirken, cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda 5,28±1,14 ve 9,94±4,36 katlık artış göstermiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz herbisit uygulanan grupların CuZn-SOD gen ifade düzeylerinde meydana gelen değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen CuZn-SOD gen ifade düzeyleri ayrı olarak kıyaslandığında ise gruplar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.54).



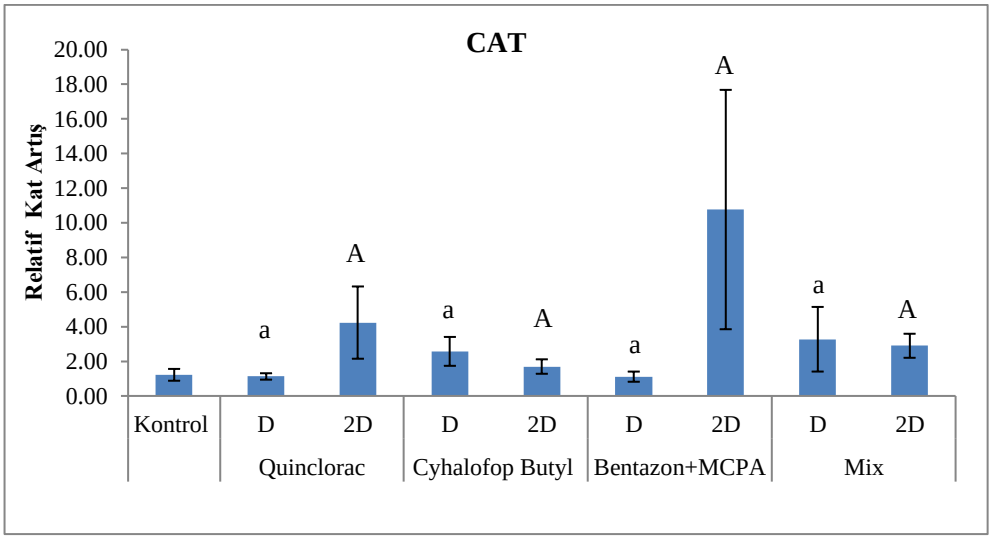
Şekil 4.54. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi CuZn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Mn-SOD gen ifade düzeyleri incelendiğinde D doz quinclorac ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 0,43±0,11 ve 1,28±0,92 katlık azalış, cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda ise 3,11±0,44 ve 2,40±0,58 katlık artış tespit edilmiştir. 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulaması yapılan gruplarda Mn-SOD gen ifade düzeyinde 3,33±0,94, 7,43±2,39 ve 5,97±3,18 katlık artış, mix uygulamasında ise 0,28±0,14 katlık azalış olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, 2D doz quinclorac uygulaması yapılan grupta kontrole göre anlamalı bir artış gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). D ve 2D doz cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda meydana gelen değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen Mn-SOD gen ifade düzeyleri ayrı olarak kıyaslandığında, gruplar arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.55).



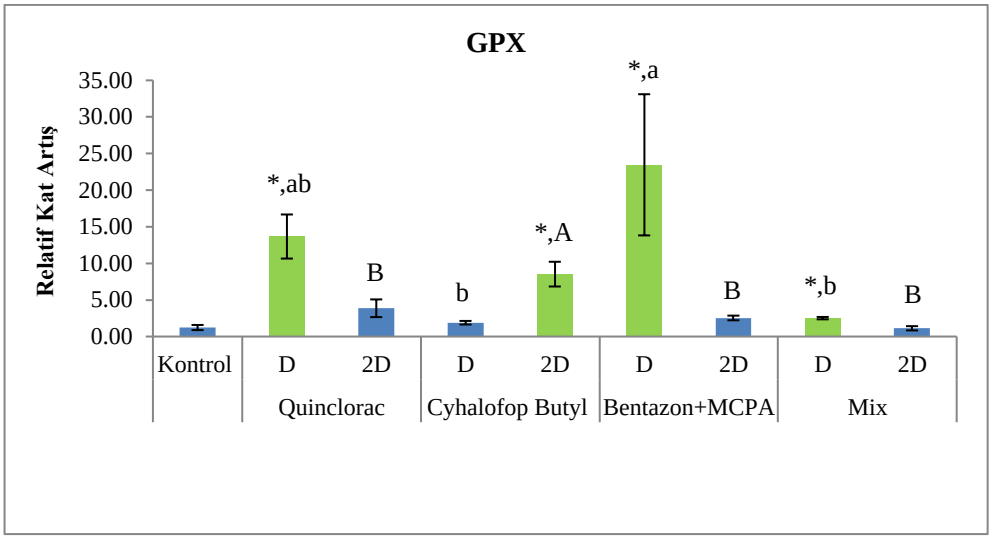
Şekil 4.55. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi Mn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

CAT gen ifade düzeylerine göre D doz quinclorac ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda 1,13±0,18 ve 1,11±0,29 kat azalış, cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda ise 2,57±0,83 ve 3,28±1,87 kat artış tespit edilmiştir. 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulaması yapılan gruplarda CAT gen ifade düzeylerinde kontrole göre 4,24±2,09, 1,70±0,42, 10,77±6,91 ve 2,90±0,69 kat artış olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz herbisit uygulanan tüm gruplarda kontrole göre anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Şekil 4.56).



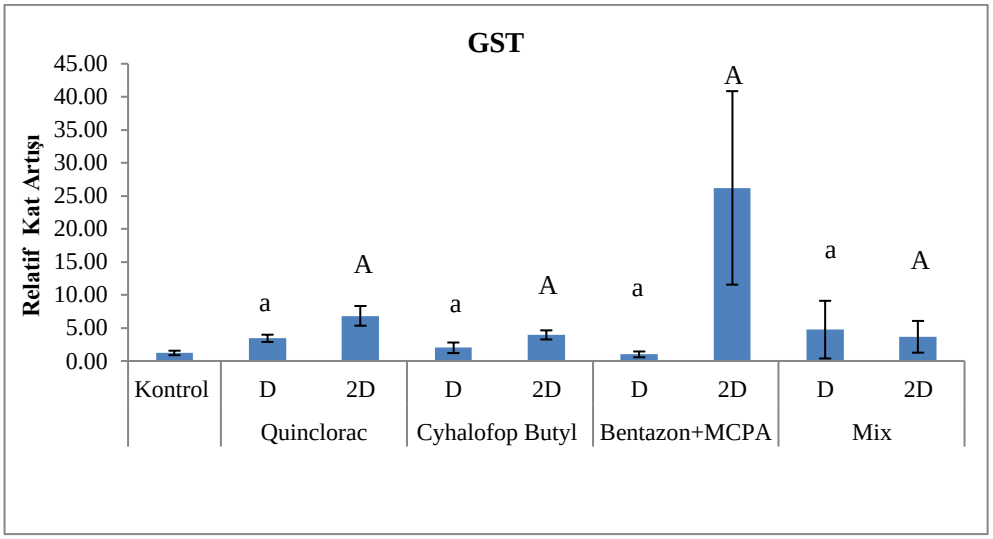
Şekil 4.56. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi CAT gen ifade düzeyi sonuçları. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

GPX gen ifade düzeylerine ait sonuçlar incelendiğinde, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 13,66±3,01, 1,88±0,25, 23,46±9,64 ve 2,51±0,16 katlık artış tespit edilmiştir. 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda 3,86±1,21, 8,52±1,69 ve 2,54±0,32 katlık artış, mix uygulanan grupta ise 1,13±0,29 katlık azalış olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, quinclorac (2D doz uygulaması hariç), cyhalofop butyl (D doz uygulaması hariç), bentazon+MCPA (2D doz uygulaması hariç) ve mix (2D doz uygulaması hariç) uygulanan gruplarda meydana gelen değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen GPX gen ifade düzeyleri ayrı olarak kıyaslandığında, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.57).



Şekil 4.57. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi GPX gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

GST gen ifade düzeylerine göre, D doz quinclorac, cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 3,43±0,55, 1,99±0,80 ve 4,74±4,36 katlık artış, bentazon+MCPA uygulaması yapılan grupta ise 1,00±0,44 kat azalış olduğu belirlenmiştir. 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda GST gen ifade düzeyleri kontrole göre 6,83±1,50, 3,95±0,69, 26,20±14,65 ve 3,66±2,40 katlık artış göstermiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Ayrıca farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen GST gen ifade düzeyleri ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir (Şekil 4.58).

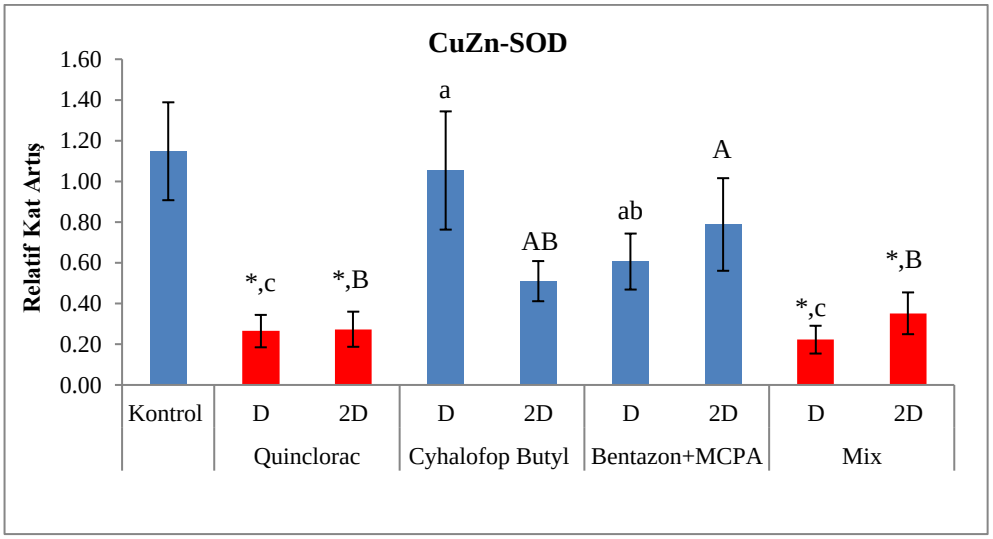


Şekil 4.58. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi GST gen ifade düzeyi sonuçları. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

4.5.2. Cameo Çeltik Çeşidi Antioksidan Gen Analiz Sonuçları

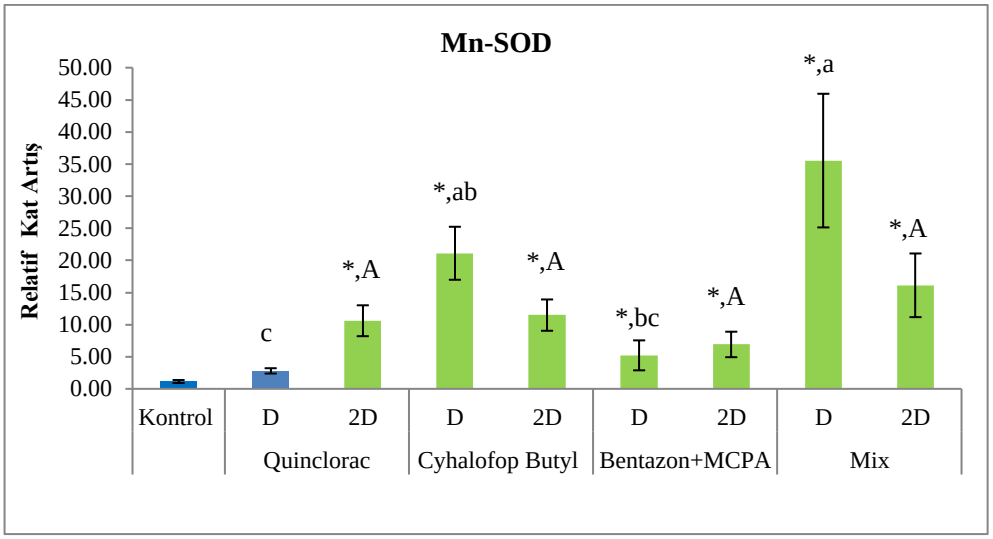
4.5.2.1. Fide Dönemi Antioksidan Gen Analiz Sonuçları

Cameo çeltik çeşidi fide dönemine ait antioksidan savunma genlerine ait relatif kat değişimleri *Ek-7*'de verilmiştir. CuZn-SOD genine ait ifade düzeylerindeki değişimler incelendiğinde, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 0,26±0,08, 1,05±0,29, 0,61±0,14 ve 0,22±0,07 kat, 2D doz uygulama yapılan gruplarda ise 0,27±0,09, 0,51±0,10, 0,79±0,23 ve 0,35±0,10 kat azalış tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz quinclorac ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre anlamlı bir azalış gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). Cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda meydana gelen değişimlerin istatistik olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen CuZn-SOD gen ifade düzeyleri ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.59).



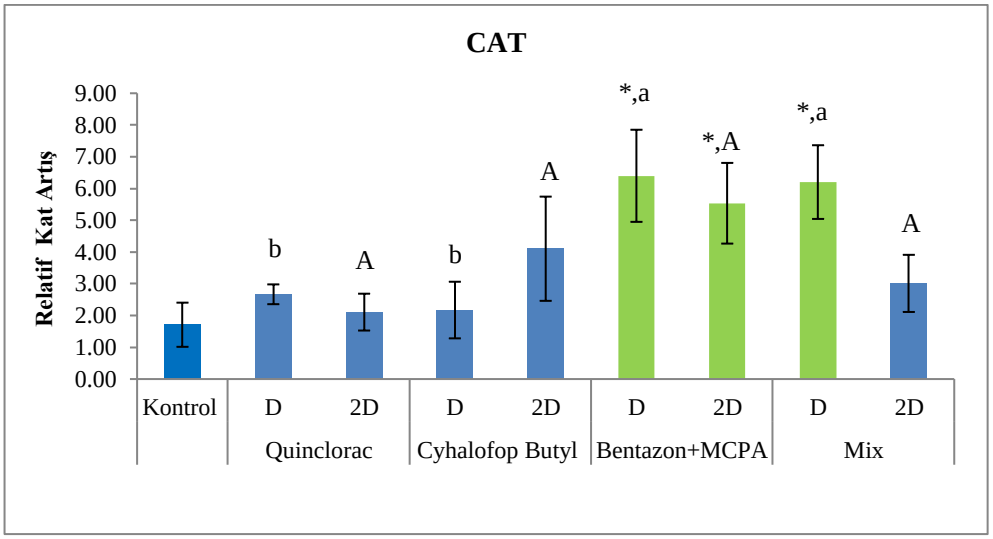
Şekil 4.59. Cameo çeşidi fide dönemi CuZn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Mn-SOD gen ifade düzeylerine göre, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 2,80±0,41, 21,11±4,12, 5,22±2,33 ve 35,54±10,40 kat, 2D doz uygulama yapılan gruplarda ise 10,60±2,40, 11,48±2,44, 6,91±1,98 ve 16,12±4,96 kat artış belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D doz quinclorac uygulaması yapılan grup dışındaki tüm herbisit uygulamalarında kontrole göre anlamlı bir artış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen Mn-SOD gen ifade düzeyleri ayrı olarak kıyaslandığında, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulanan gruplara ait sonuçlar kıyaslandığında anlamlı bir fark gözlenmemiştir (Şekil 4. 60).



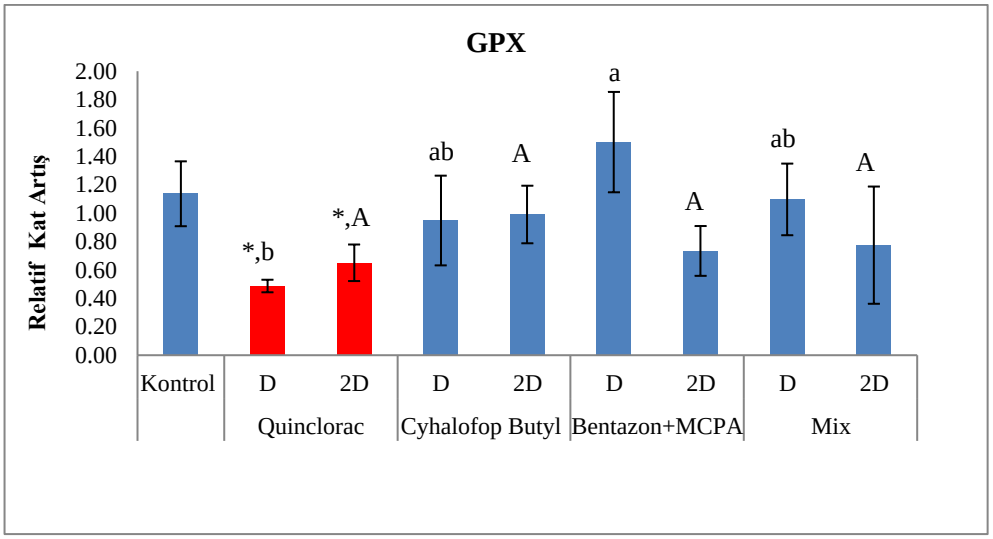
Şekil 4.60. Cameo çeşidi fide dönemi Mn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir. (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata)

CAT gen ifade düzeylerine ait sonuçlar incelendiğinde, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 2,67±0,31, 2,17±0,89, 6,40±1,45 ve 6,20±1,16 katlık, 2D doz uygulama yapılan gruplarda ise 2,11±0,58, 4,10±1,64, 5,54±1,27 ve 3,01±0,90 katlık artış olduğu tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz bentazon+MCPA uygulanan gruplar ile D doz mix uygulanan grupta meydana gelen artış anlamlı bulunmuştur (P≤0,05). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen CAT gen ifade düzeyleri kıyaslandığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (P≤0,05). 2D doz uygulama sonuçlarına göre gruplar arasında anlamlı bir değişim belirlenmemiştir (Şekil 4.61).



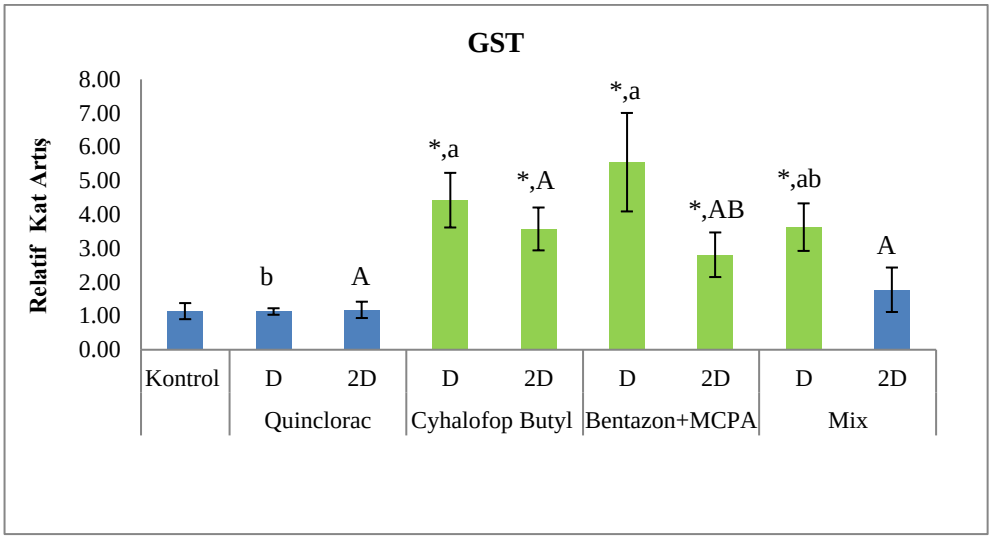
Şekil 4.61. Cameo çeşidi fide dönemi CAT gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

GPX gen ifade düzeylerinde D doz quinclorac, cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 0,49±0,04, 0,95±0,32 ve 1,10±0,25 kat azalış, bentazon+MCPA uygulanan grupta ise 1,50±0,35 kat artış belirlenmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda sırasıyla 0,65±0,13, 0,99±0,20, 0,73±0,18 ve 0,77±0,41 katlık azalış olduğu tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, sadece D ve 2D doz quinclorac uygulaması yapılan gruplarda kontrole göre anlamlı bir azalma olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen GPX gen ifade düzeyleri kıyaslandığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). 2D doz uygulama sonuçlarına göre gruplar arasında anlamlı bir değişim gözlenmemiştir (Şekil 4.62).



Şekil 4.62. Cameo çeşidi fide dönemi GPX gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

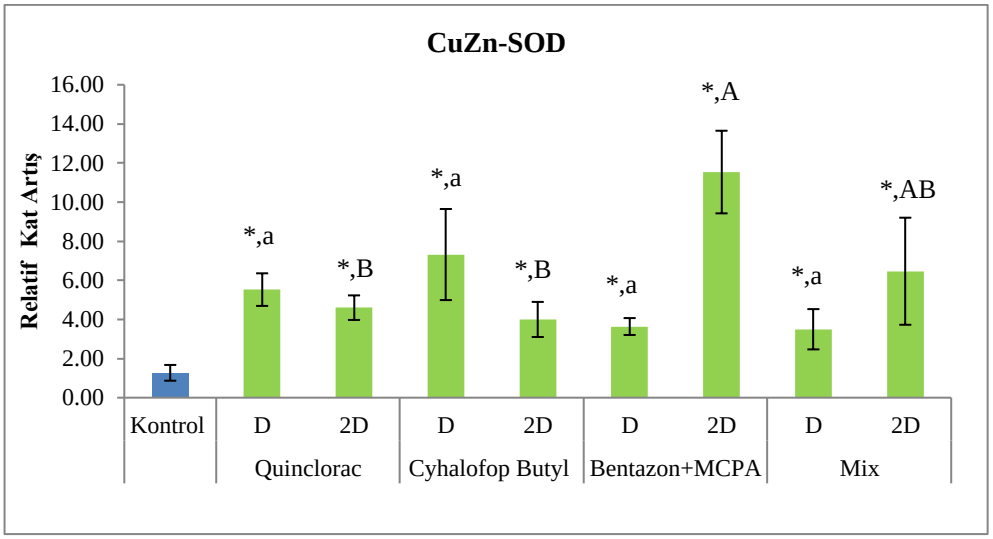
GST gen ifade düzeylerine ait sonuçlar incelendiğinde, D doz quinclorac uygulaması yapılan grupta 1,13±0,10 kat azalış, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda ise sırasıyla 4,43±0,81, 5,55±1,46 ve 3,63±0,70 kat artış tespit edilmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda GST gen ifade düzeylerinde 1,18±0,24, 3,57±0,63, 2,81±0,66 ve 1,77±0,66 katlık artış belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz quinclorac uygulaması sonucunda kontrole göre anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. D ve 2D doz cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan grupların GST gen ifade düzeylerinde kontrole göre anlamlı bir artış olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). D doz mix uygulanan grupta kontrole göre anlamlı bir artış belirlenirken, 2D doz uygulaması sonucunda meydana gelen değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen GST gen ifade düzeyleri kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulama sonuçları arasında yapılan kıyaslanmada cyhalofop butyl uygulanan grubun GST gen ifade düzeyinin diğer gruplara göre farklı olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.63).



Şekil 4.63. Cameo çeşidi fide dönemi GST gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

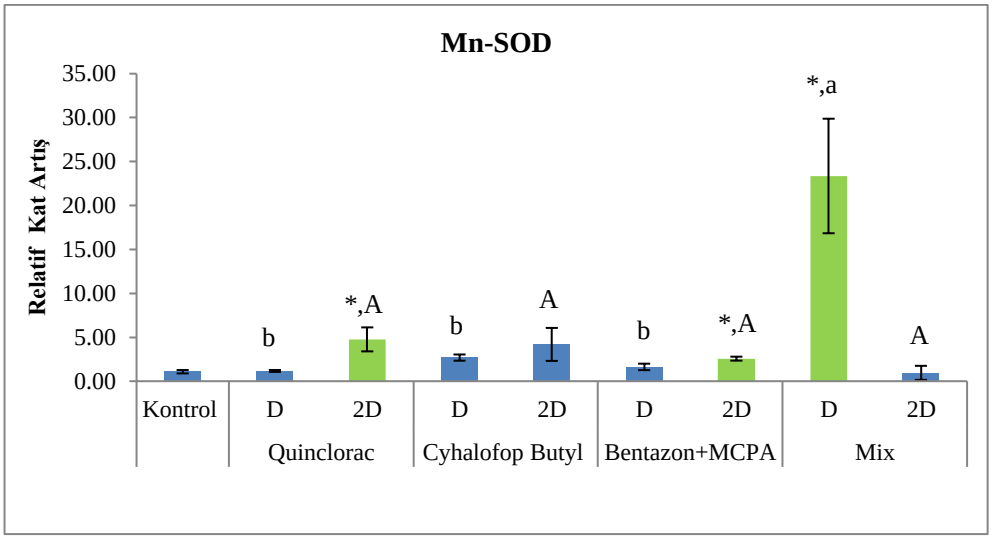
4.5.2.2. Sapa Kalkma Dönemi Antioksidan Gen Analiz Sonuçları

Sapa kalkma dönemine ait antioksidan savunma genleri relatif kat değişimleri *Ek-8*'de yer almaktadır. CuZn-SOD gen ifade düzeylerindeki değişimler incelendiğinde, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 5,52±0,83, 7,32±2,33, 3,64±0,43 ve 3,50±1,03 kat, 2D doz uygulama yapılan gruplarda ise 4,60±0,63, 4,00±0,90, 11,54±2,11 ve 6,46±2,74 kat artış olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, tüm herbisit uygulamalarında kontrole göre anlamlı artış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen CuZn-SOD gen ifade düzeyleri ayrı olarak kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. 2D doz herbisit uygulama sonuçları arasında yapılan kıyaslanmada gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.64).



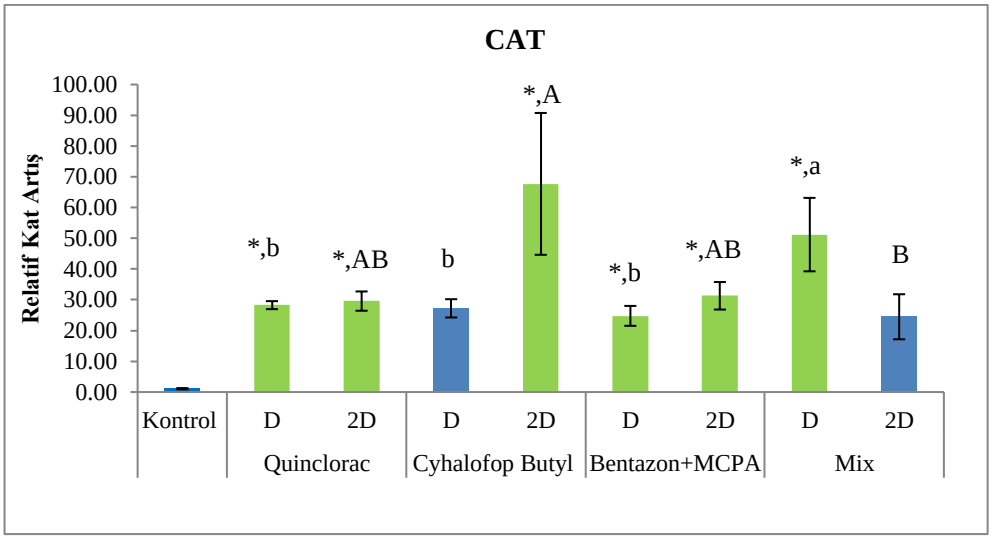
Şekil 4.64. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi CuZn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Mn-SOD gen ifade düzeylerine ait sonuçlara göre, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole kıyasla sırasıyla 1,17±0,11, 2,69±0,35, 1,63±0,37 ve 23,36±6,52 katlık artış tespit edilmiştir. 2D doz mix uygulanan grupta Mn-SOD gen ifade düzeyi 0,95±0,80 kat azalış gösterirken, quinclorac, cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulama yapılan gruplarda sırasıyla 4,76±1,36, 4,19±1,88 ve 2,57±0,22 kat artış göstermiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, 2D doz quinclorac ve bentazon+MCPA uygulanan grup ile D doz mix uygulanan grupta anlamlı bir artış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen Mn-SOD gen ifadedüzeyleri kıyaslandığında, mix uygulaması sonucunda elde edilen Mn-SOD gen ifade düzeyinin diğer gruplara göre farklı olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulamaları arasında yapılan kıyaslama sonucunda gruplar arasında anlamlı bir değişim tespit edilmemiştir (Şekil 4. 65).



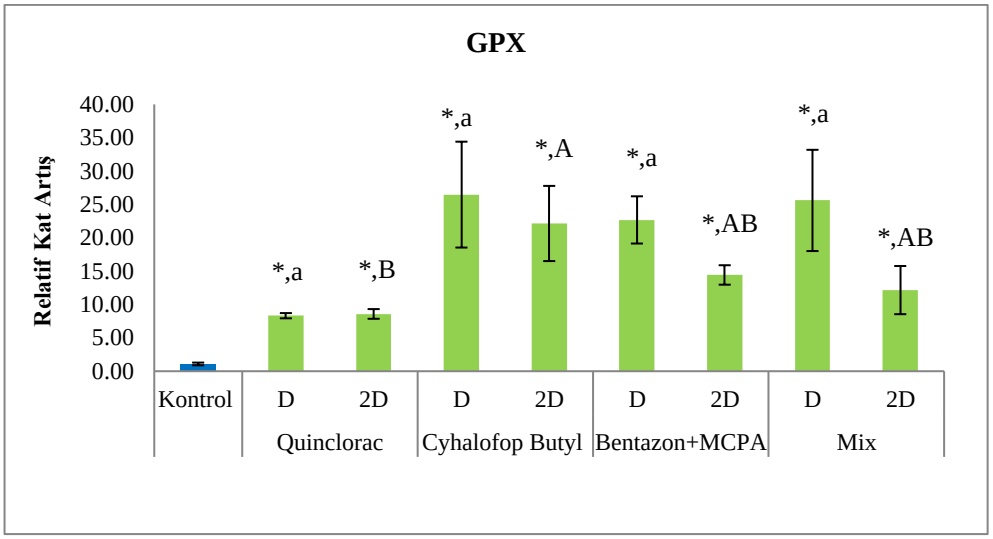
Şekil 4.65. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi Mn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05; Ortalama±Standart Hata).

CAT gen ifade düzeylerine ait sonuçlar incelendiğinde, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 28,27±1,30, 27,22±2,97, 24,77±3,24 ve 51,20±11,94 kat, 2D doz uygulama yapılan gruplarda ise 29,58±3,14, 67,70±23,06, 31,30±4,47 ve 24,48±7,32 kat artış belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, quinclorac, cyhalofop butyl (D doz uygulaması hariç), bentazon+MCPA ve mix (2D doz uygulaması hariç) uygulanan gruplarda meydana gelen değişimler anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen CAT gen ifade düzeyleri kıyaslandığında, en yüksek CAT gen ifade düzeyinin mix uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulama sonuçları kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar tepit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.66).



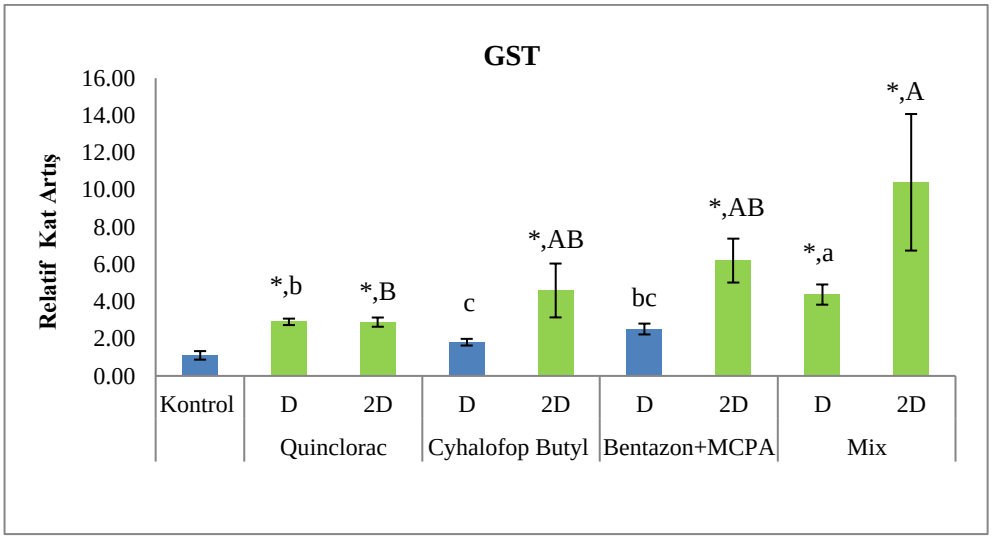
Şekil 4.66. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi CAT gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, $P \leq 0,05$, Ortalama±Standart Hata).

GPX gen ifade düzeylerine ait sonuçlar incelendiğinde, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 8,32±0,39, 26,47±7,94, 22,68±3,54 ve 25,60±7,59 katlık artış tespit edilmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda ise 8,58±0,73, 22,14±5,63, 14,43±1,46 ve 12,16±3,61 kat artış olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz herbisit uygulanan tüm gruplarda kontrole göre anlamlı bir artış gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen GPX gen ifade düzeyi sonuçları kıyaslandığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. 2D doz herbisit uygulanması sonucunda elde edilen veriler kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 67).



Şekil 4.67. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi GPX gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

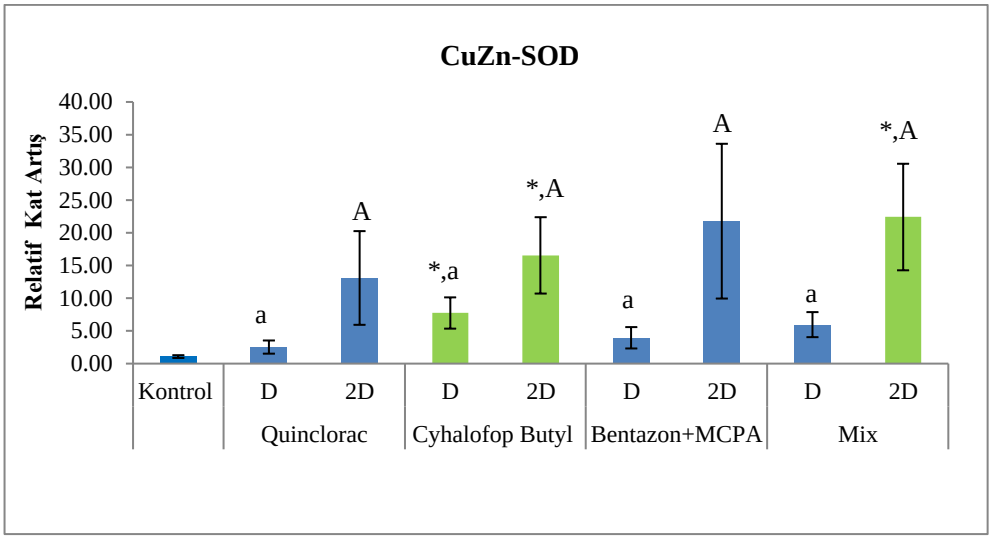
GST gen ifade düzeyleri incelendiğinde, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 2,91±0,17, 1,81±0,18, 2,52±0,29 ve 4,37±0,54 katlık artış olduğu tespit edilmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda GST gen ifade düzeylerindeki artış miktarları 2,89±0,25, 4,59±1,45, 6,20±1,18 ve 10,41±3,67 olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, quinclorac, cyhalofop butyl (D doz hariç), bentazon+MCPA (D doz hariç) ve mix uygulanan grupların GST gen ifade düzeylerinde meydana gelen değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen GST gen ifade düzeyleri kendi aralarında kıyaslandığında, gruplar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.68).



Şekil 4.68. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi GST gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

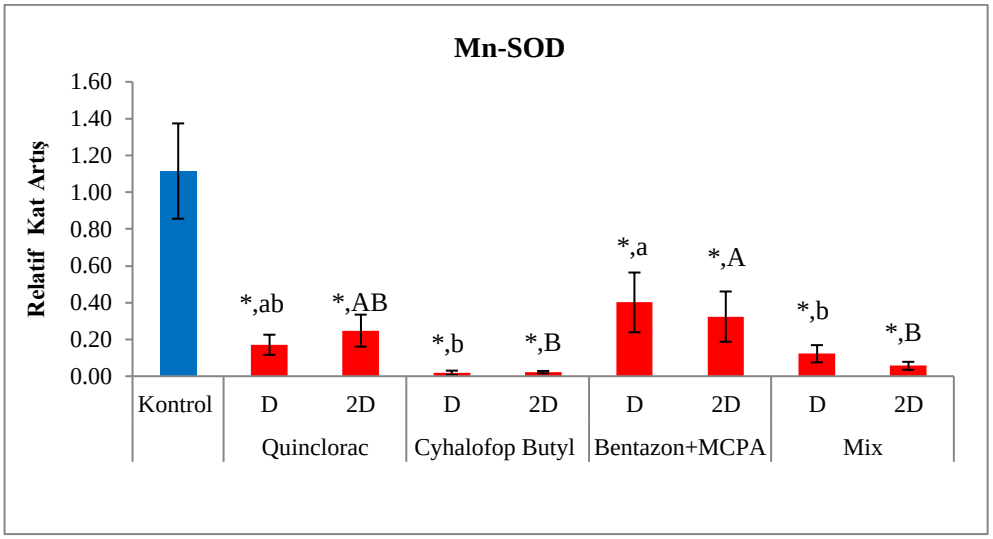
4.5.2.3. Salkım Oluşumu Dönemi Antioksidan Gen Analiz Sonuçları

Salkım oluşumu dönemine ait antioksidan savunma genleri relatif kat değişimleri *Ek-9*'da verilmiştir. Bu dönem ait CuZn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları incelendiğinde, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 2,53±1,01, 7,74±2,39, 3,95±1,63 ve 5,96±1,92 katlık artış belirlenmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda CuZn-SOD gen ifade düzeylerindeki artış 13,09±7,16, 16,54±5,84, 21,77±11,83 ve 22,41±8,14 olarak tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, hem D ve 2D doz cyhalofop butyl uygulanan grupta hem de D doz mix uygulanan grupta meydana gelen artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen CuZn-SOD gen ifade düzeyleri kendi aralarında kıyaslandığında, gruplar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (Şekil 4.69).



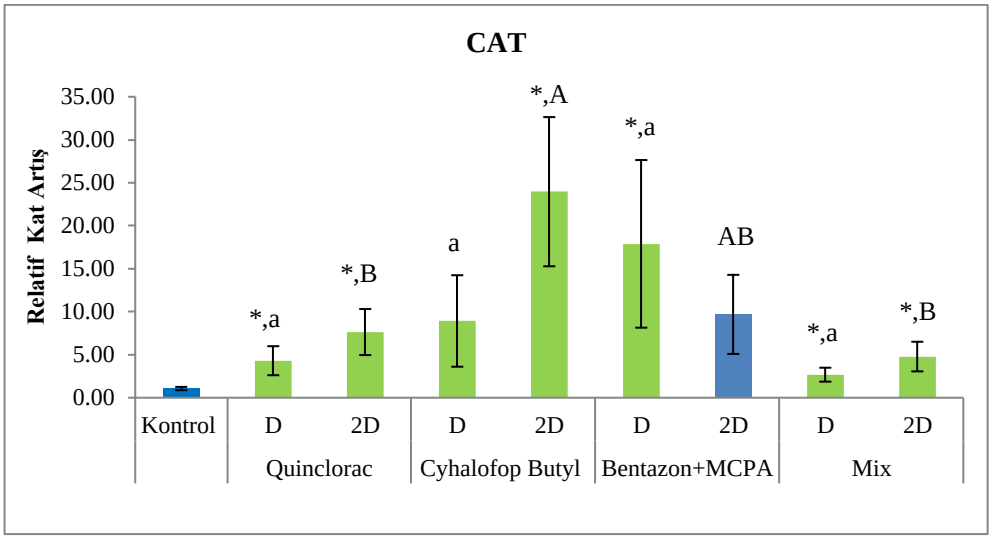
Şekil 4.69. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi CuZn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir. (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Mn-SOD gen ifade düzeylerinde D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 0,17±0,05, 0,02±0,01, 0,40±0,16 ve 0,12±0,05 katlık azalış tespit edilmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda Mn-SOD gen ifade düzeyindeki azalışın 0,25±0,09, 0,02±0,01, 0,32±0,14 ve 0,06±0,02 olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda D ve 2D doz herbisit uygulanan tüm gruplarda kontrole göre anlamlı bir azalma olduğu gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen Mn-SOD gen ifade düzeyleri kendi aralarında kıyaslandığında, gruplar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.70).



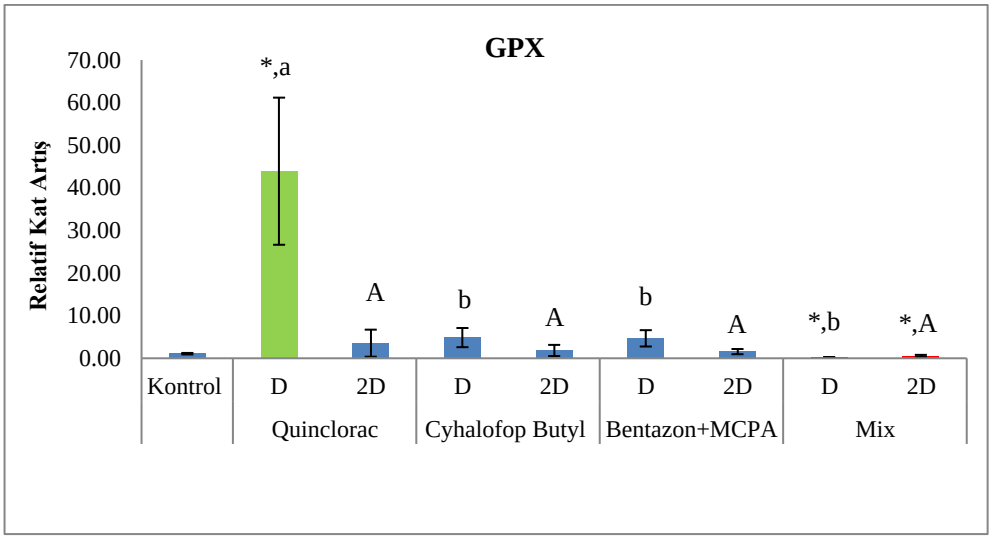
Şekil 4.70. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi Mn-SOD gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

CAT gen ifade düzeylerine ait sonuçlar incelendiğinde D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 4,30±1,69, 8,92±5,32, 17,89±9,75 ve 2,68±0,81 kat, 2D doz uygulama yapılan gruplarda ise 7,64±2,68, 23,96±8,68, 9,69±4,60 ve 4,78±1,72 kat artış tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA (2D doz hariç) ve mix uygulanan gruplarda tespit edilen CAT gen ifade düzeyi artışlarının anlamlı olduğu belirlenmiştir (P≤0,05). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen CAT gen ifade düzeylerindeki değişimler kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. 2D doz herbisit uygulama sonuçlarına göre gruplar arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir (P≤0,05, Şekil 71).



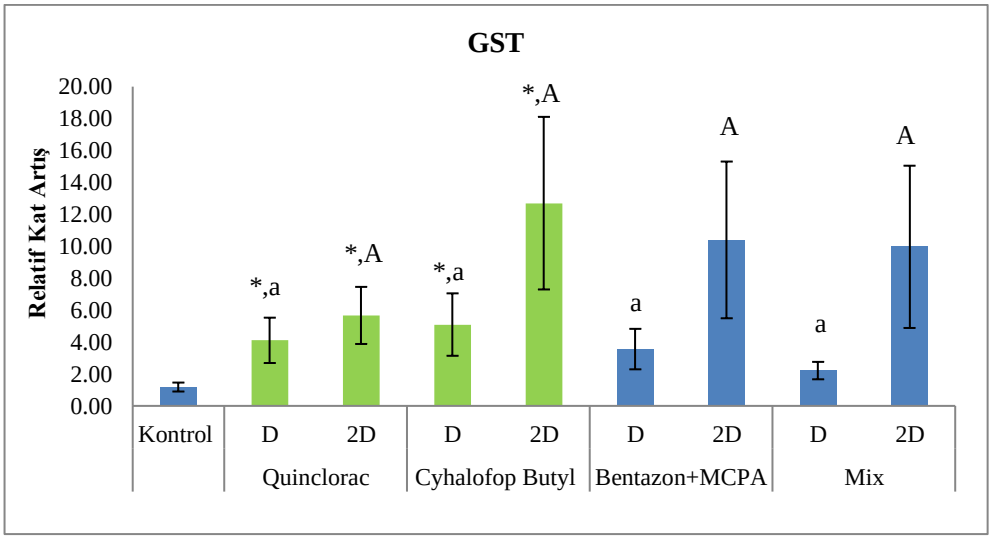
Şekil 4.71. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi CAT gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata)

GPX gen ifade düzeylerinde D doz quinclorac, cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulaması yapılan gruplarda kontrole göre sırasıyla 43,91±17,27, 4,86±2,25 ve 4,68±1,92 katlık artış, mix uygulaması yapılan grupta ise 0,20±0,05 katlık azalış tespit edilmiştir. 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulaması yapılan gruplarda GPX gen ifade düzeylerinde 3,54±3,17, 1,83±1,31 ve 1,56±0,61 katlık artış, mix uygulamasında ise 0,56±0,25 katlık azalış belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, quinclorac (D doz hariç), cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda kontrole göre anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. D ve 2D doz mix uygulanan gruplarda belirlenen artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen GPX gen ifade düzeyleri kıyaslandığında, en yüksek değerin quinclorac uygulamasın olduğu belirlenmiştir. Bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). 2D doz uygulamalar sonucunda elde edilen GPX değerleri kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (Şekil 4.72).



Şekil 4.72. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi GPX gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

GST gen ifade düzeylerine ait sonuçlar incelendiğinde D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 4,11±1,42, 5,09±1,96, 3,56±1,27 ve 2,21±0,55 katlık, 2D doz uygulama yapılan gruplarda ise 5,67±1,79, 12,70±5,41, 10,40±4,91 ve 9,96±5,08 katlık artış tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda tespit edilen artışların istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (P≤0,05). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda GST gen ifade düzeylerinde meydana gelen değişimler kıyaslandığında, gruplar arasında anlamlı bir değişim gözlenmemiştir (Şekil 4.73).



Şekil 4.73. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi GST gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

4.6. HSP Analiz Sonuçları

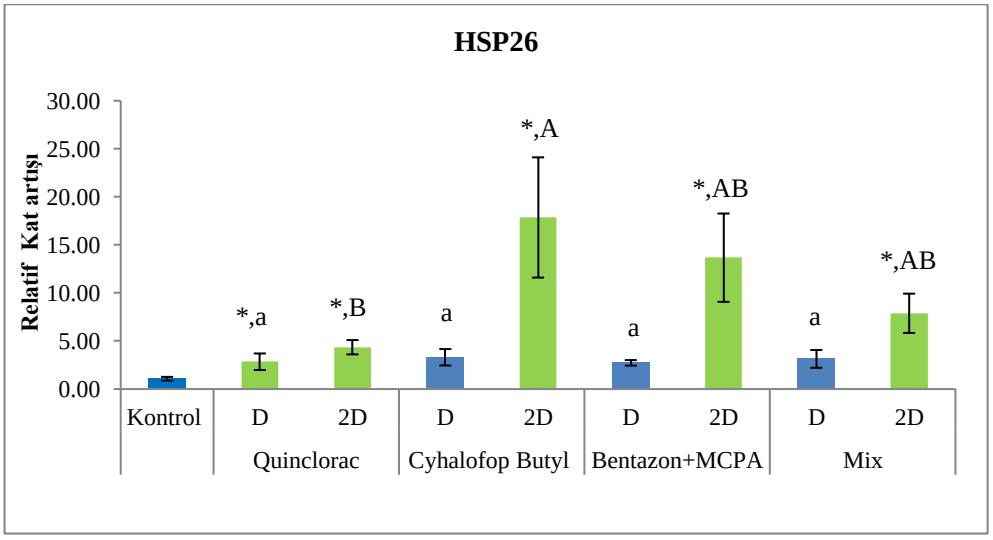
4.6.1. Osmancık-97 Çeltik Çeşidi HSP Analiz Sonuçları

4.6.1.1. Fide Dönemi HSP Analiz Sonuçları

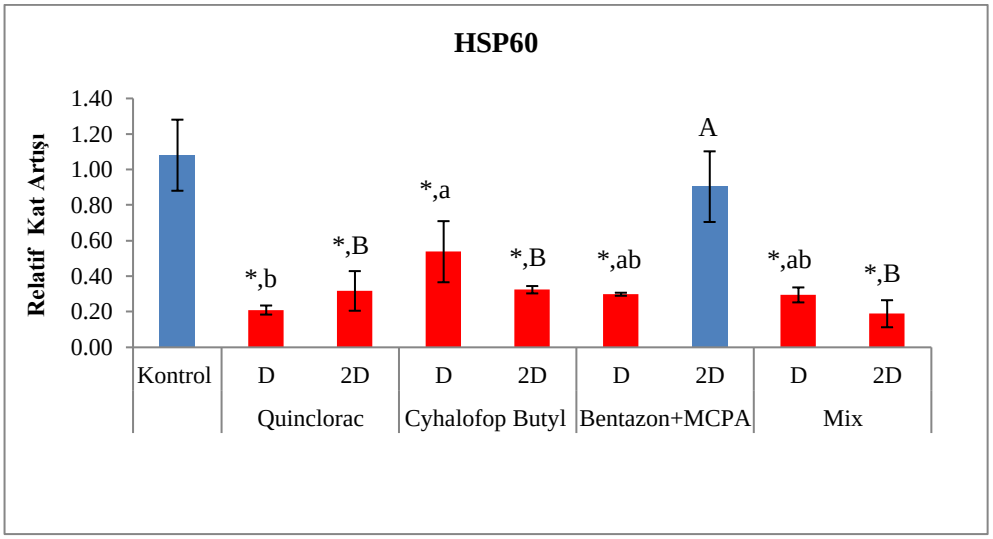
Osmancık-97 çeltik çeşidi fide dönemi örneklerine ait HSP26, HSP60, HSP70 ve HSP90 genlerinin relatif gen ekspresyon değerleri *Ek-4*'te yer almaktadır. Bu döneme ait HSP26 gen ifade düzeyindeki değişimler incelendiğinde D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole kıyasla sırasıyla 2,85±0,86, 3,31±0,85, 2,73±0,29 ve 3,14±093 kat, 2D doz uygulama yapılan gruplarda ise 4,35±0,75, 17,86±6,26, 13,67±4,60 ve 7,89±2,04 kat artış olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, quinclorac, cyhalofop butyl (D doz hariç), bentazon+MCPA (D doz hariç) ve mix (D doz hariç) uygulanan gruplarda gözlenen artışların istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda HSP26 gen ifade düzeylerinde meydana gelen değişimler kıyaslandığında, gruplar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. 2D doz herbisit

uygulama sonuçları kıyaslandığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.74).

HSP60 gen ifade düzeylerine ait sonuçlar incelendiğinde D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 0,21±0,03, 0,54±0,17, 0,30±0,01 ve 0,29±0,04 kat, 2D doz uygulama yapılan gruplarda ise 0,32±0,11, 0,32±0,02, 0,90±0,20 ve 0,19±0,08 kat azalış olduğu tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA (2D doz hariç) ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre anlamlı bir azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda HSP60 gen ifade düzeylerinde meydana gelen değişimler kıyaslandığında, gruplar arasında anlamlı faklılıklar gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulama sonuçları kıyaslandığında, bentazon+MCPA uygulanan gruba ait HSP60 gen ifade düzeyinin diğer gruplardan farklı olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.75).

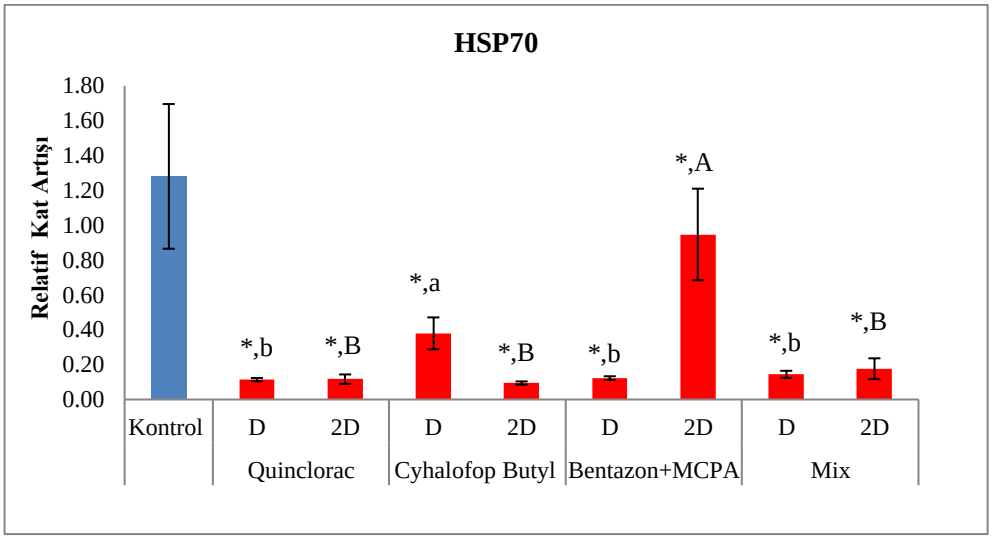


Şekil 4.74. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi HSP26 gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata)



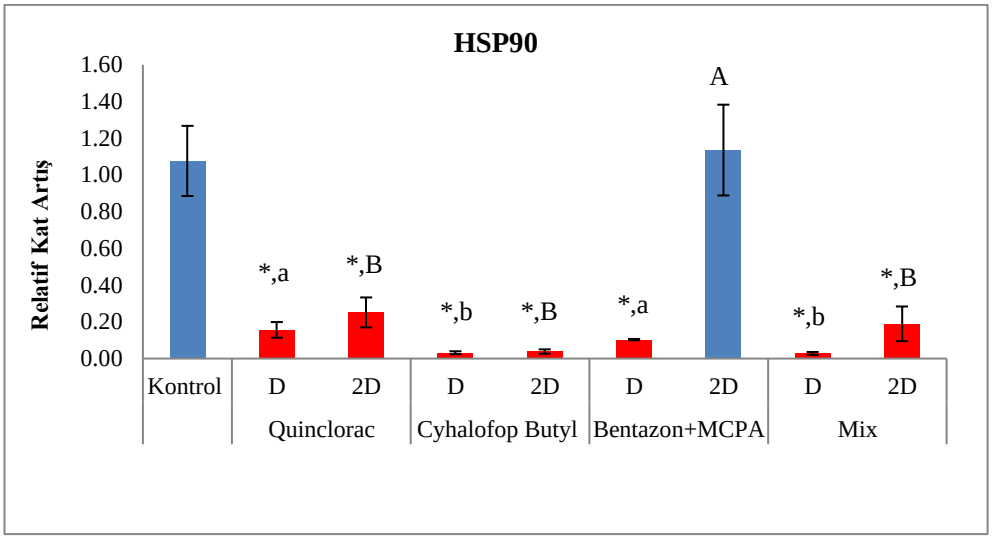
Şekil 4.75. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi HSP60 gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

HSP70 gen ifade düzeyleri incelendiğinde, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 0,11±0,01, 0,38±0,09, 0,12±0,01 ve 0,14±0,02 kat, 2D doz uygulama yapılan gruplarda ise 0,12±0,03, 0,09±0,01, 0,95±0,26 ve 0,18±0,06 kat azalış gözlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda D ve 2D doz herbisit uygulanan tüm gruplarda kontrole göre anlamlı bir azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda HSP70 gen ifade düzeylerinde meydana gelen değişimler kıyaslandığında, quinclorac uygulanan gruba ait HSP70 gen ifade düzeyinin diğer gruplardan farklı olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulama sonuçları kıyaslandığında, bentazon+MCPA uygulanan gruba ait HSP70 gen ifade düzeyinin diğer gruplardan farklı olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.76).



Şekil 4.76. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi HSP70 gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

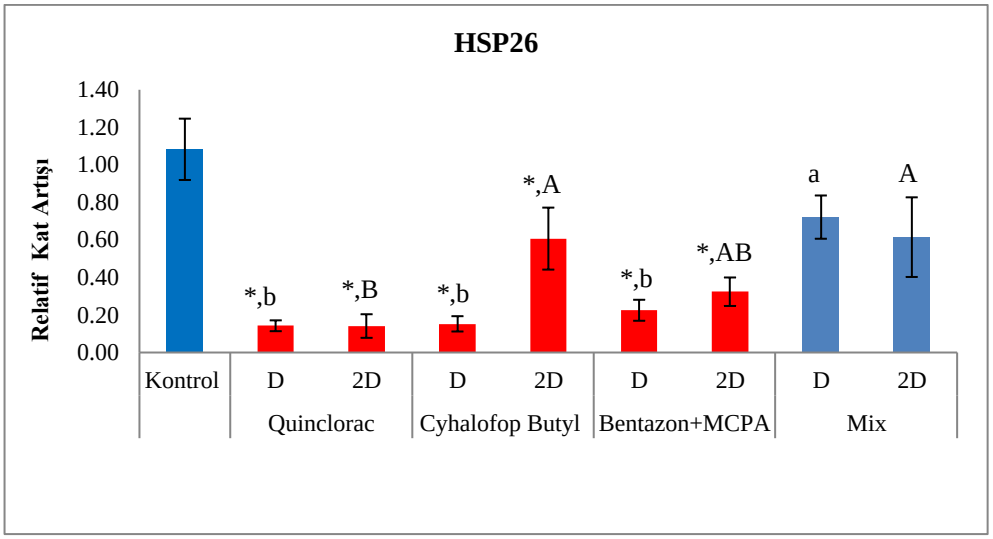
HSP 90 gen ifade düzeyi sonuçları incelendiğinde, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 0,16±0,04, 0,03±0,01, 0,10±0,00 ve 0,03±0,01 kat azalma tespit edilmiştir. 2D doz bentazon+MCPA uygulanan grupta 1,14±0,25 kat artma gözlenirken, quinclorac, cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda 0,25±0,08, 0,04±0,01 ve 0,19±0,09 kat azalış tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA (2D doz hariç) ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre anlamlı bir azalma olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda HSP 90 gen ifade düzeylerinde meydana gelen değişimler kıyaslandığında, gruplar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulama sonuçları kıyaslandığında, bentazon+MCPA uygulanan gruba ait HSP90 gen ifade düzeyinin diğer gruplardan farklı olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.77).



Şekil 4.77. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi HSP90 gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

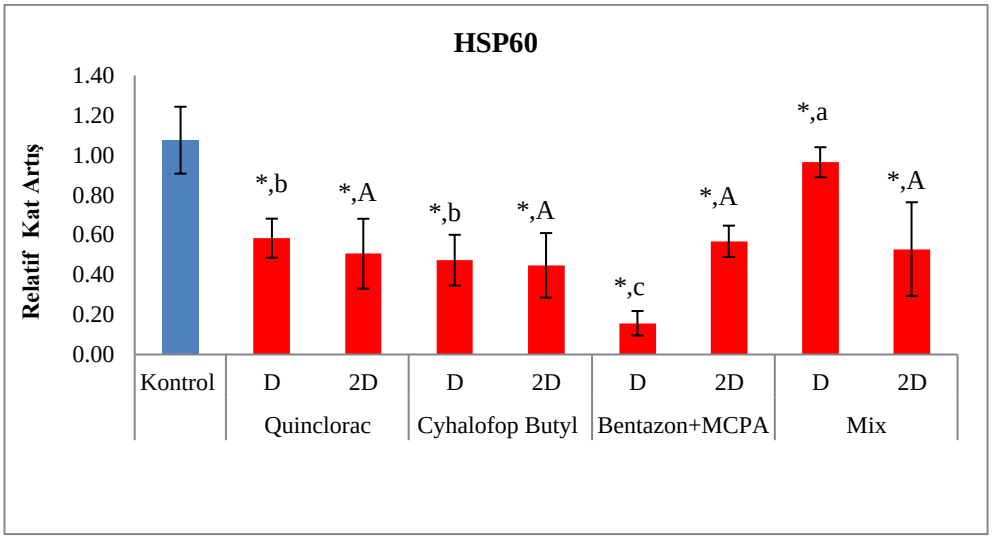
4.6.1.2. Sapa Kalkma Dönemi HSP Analiz Sonuçları

Sapa kalkma dönemi örneklerine ait HSP26, HSP60, HSP70 ve HSP90 genlerinin relatif gen ekspresyon değişimleri *Ek-5*'te verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda 0,14±0,03, 0,15±0,04, 0,22±0,06 ve 0,72±0,12 kat, 2D doz uygulama yapılan gruplarda ise 0,14±0,06, 0,61±0,17, 0,32±0,08 ve 0,61±0,21 kat azalma tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analize göre, D ve 2D doz mix uygulaması yapılan gruplar dışındaki herbisit uygulamalarında kontrole göre anlamlı bir azalma olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda HSP26 gen ifade düzeylerinde meydana gelen değişimler kıyaslandığında, mix uygulanan gruba ait HSP26 gen ifade düzeyinin diğer gruplardan farklı olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulama sonuçları kıyaslandığında, gruplar arasında anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.78).



Şekil 4.78. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi HSP26 gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

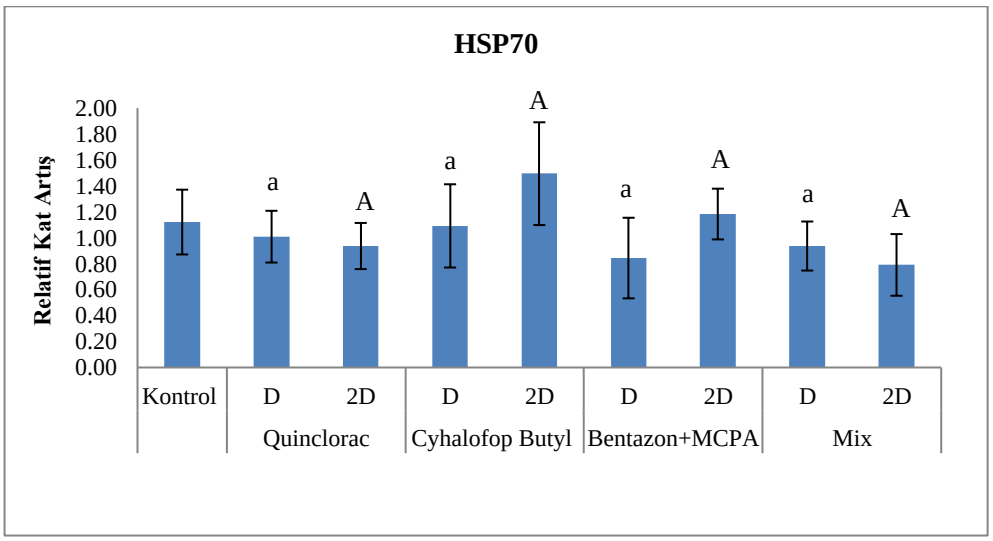
HSP60 gen ifade düzeyi sonuçlarına göre, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda 0,58±0,10, 0,47±0,13, 0,16±0,06 ve 0,96±0,08 kat, 2D doz uygulama yapılan gruplarda ise 0,51±0,18, 0,45±0,16, 0,57±0,08 ve 0,53±0,24 kat azalma tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz herbisit uygulaması yapılan tüm gruplarda kontrole göre anlamlı bir azalma olduğu belirlenmiştir (P≤0,05). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda HSP60 gen ifade düzeylerinde meydana gelen değişimler kıyaslandığında, gruplar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (P≤0,05). 2D doz herbisit uygulama sonuçları kıyaslandığında, gruplar arasında anlamlı bir değişim gözlenmemiştir (Şekil 4.79).



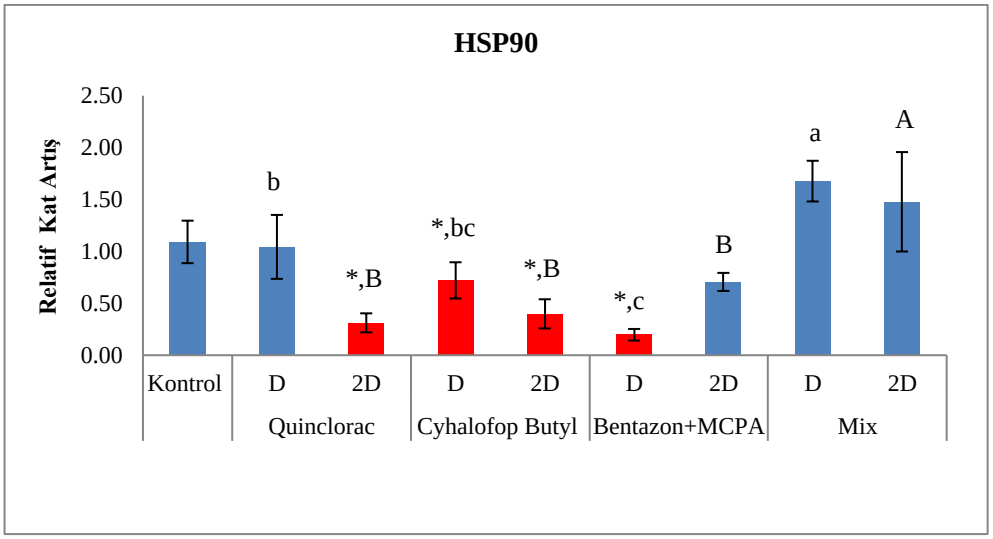
Şekil 4.79. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi HSP60 gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

HSP70 gen ifade düzeyleri incelendiğinde, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulaması yapılan gruplarda kontrole kıyasla sırasıyla 1,01±0,20, 1,09±0,32, 0,84±0,31 ve 0,94±0,19 kat azalma olduğu belirlenmiştir. 2D doz quinclorac ve mix uygulanan gruplarda HSP70 gen ifade düzeyi 0,94±0,18 ve 0,79±0,24 kat azalırken cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulamalarında 1,49±0,40 ve 1,18±0,20 kat artış göstermiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda D ve 2D doz herbisit uygulanan tüm gruplarda kontrole göre anlamlı bir değişim gözlenmemiştir (Şekil 4.80).

HSP90 gen ifade düzeyi sonuçlarına göre D doz quinclorac, cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda sırasıyla 1,04±0,31, 0,72±0,17 ve 0,20±0,06 kat azalış, mix uygulanan grupta ise 1,68±0,20 kat artış tespit edilmiştir. 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan grupların HSP90 gen ifade düzeyleri 0,31±0,09, 0,40±0,14 ve 0,71±0,09 kat azalış gösterirken, mix uygulamasında 1,48±0,48 kat artış olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, quinclorac (D doz uygulaması hariç), cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA (2D doz uygulaması hariç) uygulanan gruplarda tespit edilen azalışlar anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda HSP90 gen ifade düzeylerinde meydana gelen değişimler kıyaslandığında, gruplar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulama sonuçları kıyaslandığında, bentazon+MCPA uygulanan gruba ait HSP90 gen ifade düzeyinin diğer gruplardan farklı olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.81).



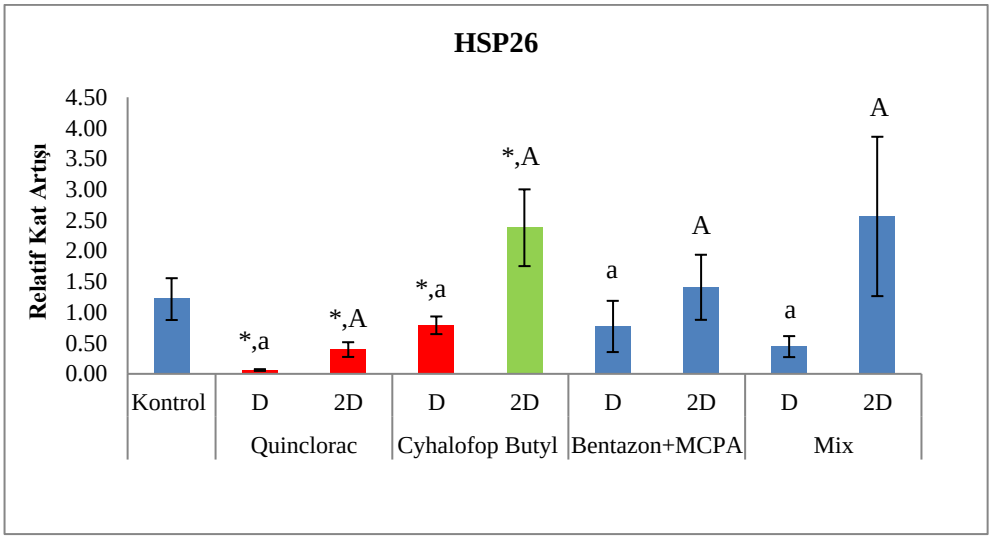
Şekil 4.80. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi HSP70 gen ifade düzeyi sonuçları. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).



Şekil 4.81. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi HSP90 gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

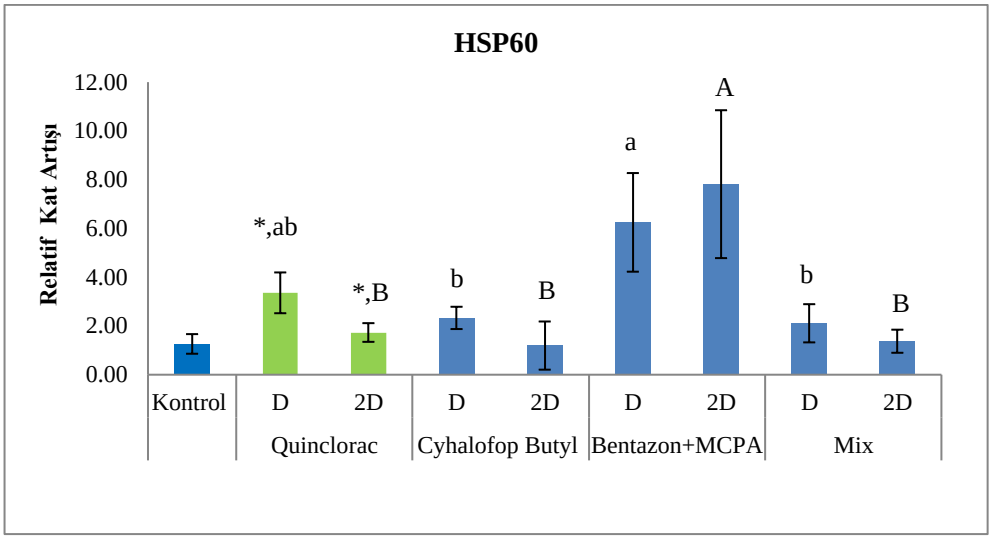
4.6.1.3. Salkım Oluşumu Dönemi HSP Analiz Sonuçları

Salkım oluşumu dönemi örneklerine ait HSP26, HSP60, HSP70 ve HSP90 genlerinin relatif gen ekspresyon değerleri *Ek-6*'da yer almaktadır. HSP26 gen ifade düzeylerine ait sonuçlar incelendiğinde, D quinclorac, cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda sırasıyla 0,06±0,01, 0,79±0,14, 0,77±0,42 ve 0,44±0,17 kat azalma tespit edilmiştir. 2D doz cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda HSP26 gen ifade düzeyleri 2,38±0,62, 1,41±0,53 ve 2,56±1,30 kat artış gösterirken quinclorac uygulamasında 0,40±0,12 kat azalış olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucuna göre, quinclorac ve cyhalofop butyl uygulanan gruplarda tespit edilen değişimler anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda HSP26 gen ifade düzeylerinde meydana gelen değişimler kendi aralarında kıyaslandığında, gruplar arasında anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir (Şekil 4.82).



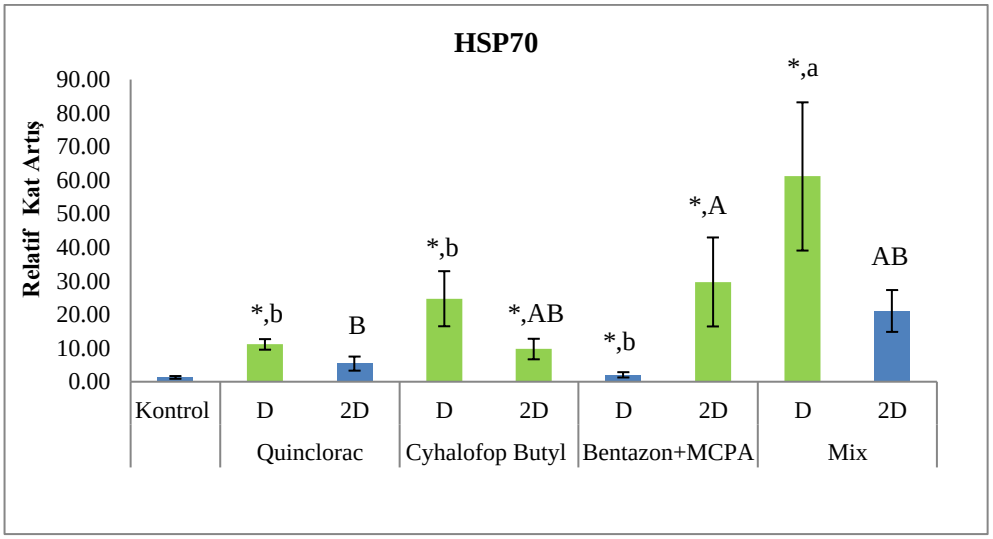
Şekil 4.82. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi HSP26 gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, $P \leq 0,05$, Ortalama±Standart Hata).

HSP60 gen ifade düzeyleri D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulaması yapılan gruplarda kontrole göre sırasıyla 3,36±0,84, 2,33±0,46, 6,25±2,02 ve 2,11±0,78 kat artış belirlenmiştir. 2D doz quinclorac, bentazon + MCPA ve mix uygulanan gruplarda HSP60 gen ifade düzeyi kontrole göre 1,73±0,38, 7,82±3,03 ve 1,37±0,47 kat artış gösterirken, cyhalofop butyl uygulanan grupta 1,19±0,99 kat azalış gözlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, sadece D ve 2D doz quinclorac uygulaması yapılan gruplarda tespit edilen artışlar anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda HSP60 gen ifade düzeylerinde meydana gelen değişimler kıyaslandığında, gruplar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulama sonuçları kıyaslandığında, bentazon+MCPA uygulanan gruba ait HSP60 gen ifade düzeyinin diğer gruplardan farklı olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.83).



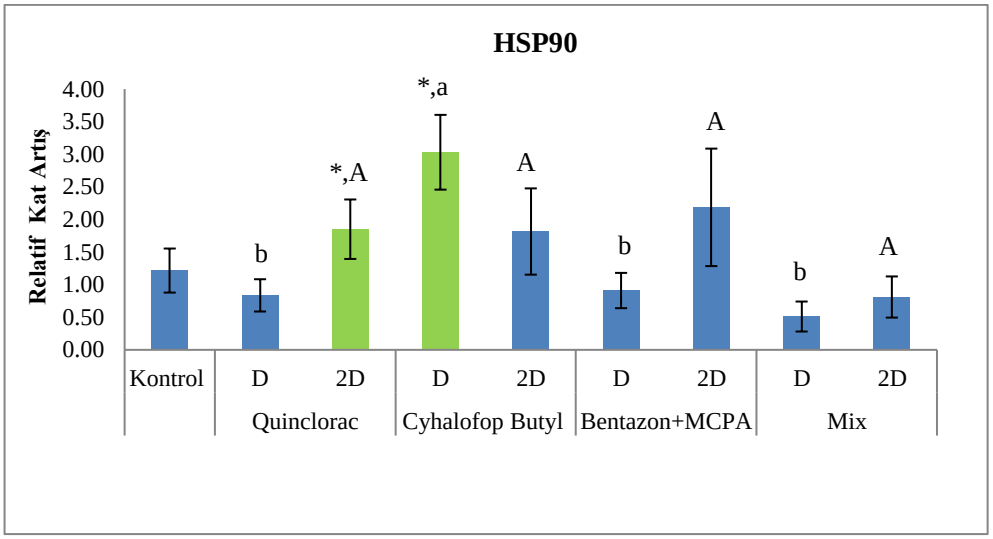
Şekil 4.83. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi HSP60 gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

HSP70 gen ifade düzeyleri incelendiğinde D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulaması yapılan gruplarda kontrole kıyasla sırasıyla 11,12±1,57, 24,72±8,20, 2,05±0,79 ve 61,14±22,08 kat, 2D doz uygulama yapılan gruplarda ise 5,39±2,10, 9,73±3,06, 29,72±13,25 ve 21,07±6,23 kat artış tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, quinclorac (2D doz hariç), cyhalofop butyl, bentazon+MCPA (D doz hariç) ve mix (2D doz hariç) uygulanan gruplarda kontrole göre anlamlı bir artış gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda HSP70 gen ifade düzeylerinde meydana gelen değişimler kıyaslandığında, bentazon+MCPA uygulanan gruba ait HSP70 gen ifade düzeyinin diğer gruplardan farklı olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulama sonuçları kıyaslandığında, gruplar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.84).



Şekil 4.84. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi HSP70 gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

HSP90 gen ifade düzeylerine ait sonuçlar incelendiğinde, D doz quinclorac, bentazon+MCPA ve mix uygulaması yapılan gruplarda kontrole göre sırasıyla 0,84±0,25, 0,91±0,27 ve 0,51±0,23 kat azalış gözlenirken, cyhalofop butyl uygulanan grupta 3,03±0,57 kat artış gözlenmiştir. 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA uygulanan gruplarda 1,85±0,46, 1,81±0,66 ve 2,19±0,90 kat artış, mix uygulamasında ise 0,81±0,32 kat azalış tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, sadece 2D doz quinclorac ve D doz cyhalofop butyl uygulaması yapılan gruplarda anlamlı bir değişim gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda HSP90 gen ifade düzeylerinde meydana gelen değişimler kıyaslandığında, cyhalofop butyl uygulanan gruba ait HSP90 gen ifade düzeyinin diğer gruplardan farklı olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). 2D doz herbisit uygulama sonuçları kıyaslandığında, gruplar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (Şekil 4.85).

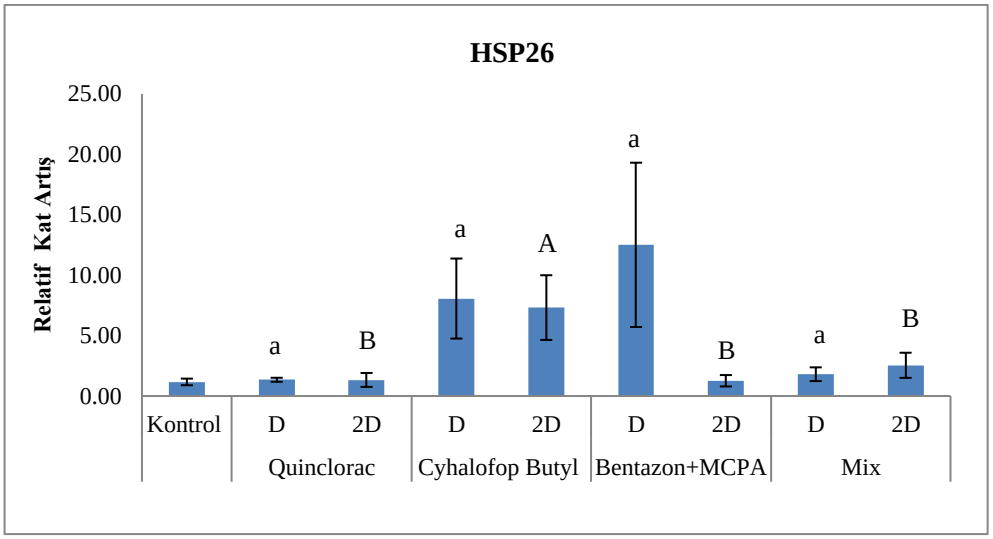


Şekil 4.85. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi HSP90 gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

4.6.2. Cameo Çeltik Çeşidi HSP Analiz Sonuçları

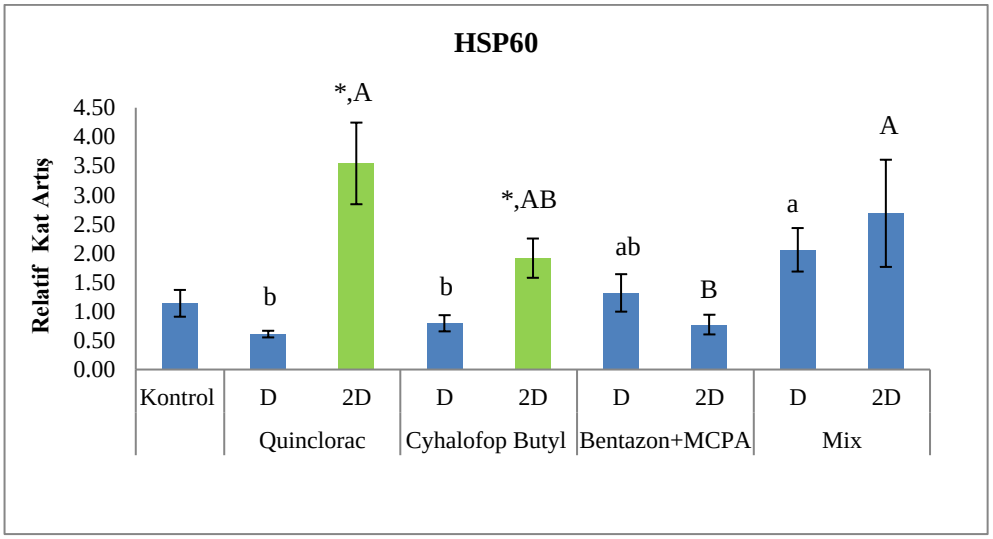
4.6.2.1. Fide Dönemi HSP Analiz Sonuçları

Cameo çeltik çeşidi fide dönemi örneklerine ait HSP26, HSP60, HSP70 ve HSP90 genlerinin relatif gen ekspresyon değerleri *Ek-7*'de verilmiştir. Bu döneme ait HSP26 gen ifade düzeyleri incelendiğinde D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulaması yapılan gruplarda kontrole göre sırasıyla 1,35±0,16, 8,07±3,31, 12,51±6,80 ve 1,81±0,57 kat, 2D doz uygulamalarında ise 1,33±0,58, 7,32±2,68, 1,26±0,47 ve 2,54±1,04 kat artış gözlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz herbisit uygulaması yapılan gruplarda meydana gelen değişimler anlamlı bulunmamıştır. Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin 2D doz uygulanması sonucunda HSP26 gen ifade düzeylerinde meydana gelen değişimler kıyaslandığında, cyhalofop butyl uygulanan gruba ait HSP26 gen ifade düzeyinin diğer gruplardan farklı olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.86).



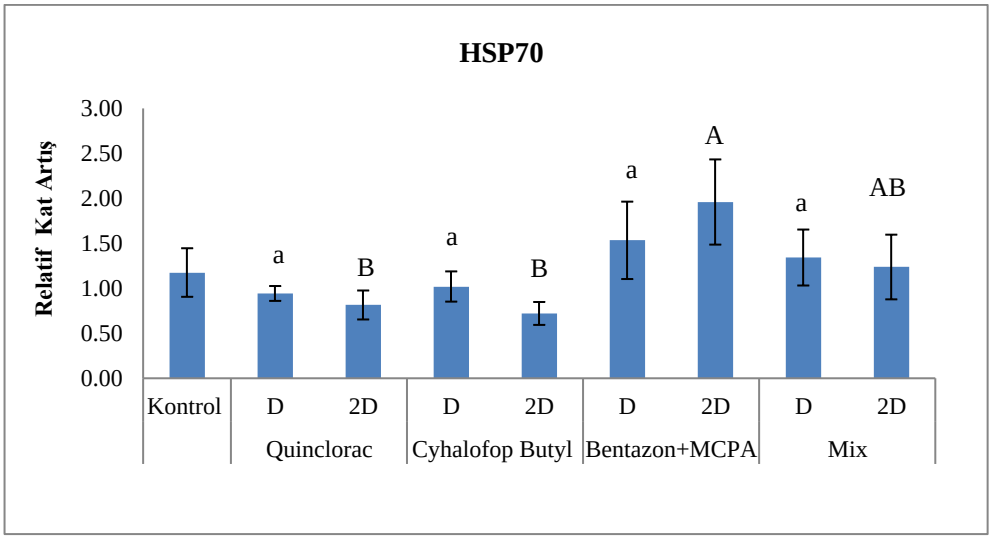
Şekil 4.86. Cameo çeşidi fide dönemi HSP26 gen ifade düzeyi sonuçları. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05; Ortalama±Standart Hata).

HSP60 gen ifade düzeylerine ait sonuçlar incelendiğinde, D doz quinclorac ve cyhalofop butyl uygulaması yapılan gruplarda kontrole göre sırasıyla 0,61±0,06 ve 0,80±0,14 kat azalış, bentazon+MCPA ve mix uygulaması yapılan gruplarda ise 1,32±0,32 ve 2,06±0,37 kat artış tespit dilmiştir. 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl ve mix uygulaması yapılan gruplarda HSP60 gen ifade düzeylerinde sırasıyla 3,54±,0,70 1,91±0,34 ve 2,68±0,92 kat artış gözlenirken, bentazon+MCPA uygulaması yapılan grupta 0,77±0,17 kat azalış olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, quinclorac (2D doz hariç), cyhalofop butyl (2D doz hariç), bentazon+MCPA ve mix uygulamaları yapılan gruplarda meydana gelen değişimler anlamlı bulunmamıştır. Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen HSP60 gen ifade düzeyi sonuçları ayrı olarak karşılaştırıldığında, hem D doz hem de 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (*P*≤0,05, Şekil 4.87).



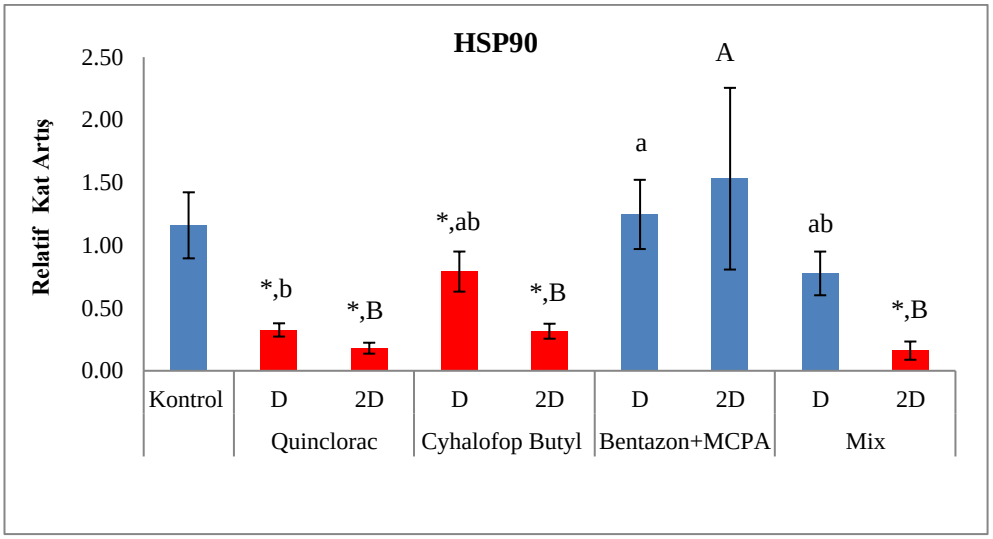
Şekil 4.87. Cameo çeşidi fide dönemi HSP60 gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

HSP70 gen ifade düzeyi sonuçlarına göre, D doz quinclorac ve cyhalofop butyl uygulaması yapılan gruplarda kontrol grubu ile kıyaslandığında sırasıyla 0,94±0,08 ve 1,02±0,17 katlık azalış, bentazon+MCPA ve mix uygulaması yapılan gruplarda ise 1,53±0,43 ve 1,34±0,31 katlık artış olduğu belirlenmiştir. 2D doz quinclorac ve cyhalofop butyl uygulaması yapılan gruplarda HSP70 gen ifade düzeyleri 0,81±0,16 ve 0,72±0,13 kat azalış gösterirken, bentazon+MCPA ve mix uygulaması yapılan gruplarda sırasıyla 1,96±0,47 ve 1,24±0,36 kat artış gözlenmiştir. Ancak yapılan istatistiksel analiz sonucunda bu artış ve azalışlar anlamlı bulunmamıştır. Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen HSP70 gen ifade düzeyi sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında, D doz herbisit uygulanan gruplar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmezken, 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.88).



Şekil 4.88. Cameo çeşidi fide dönemi HSP70 gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

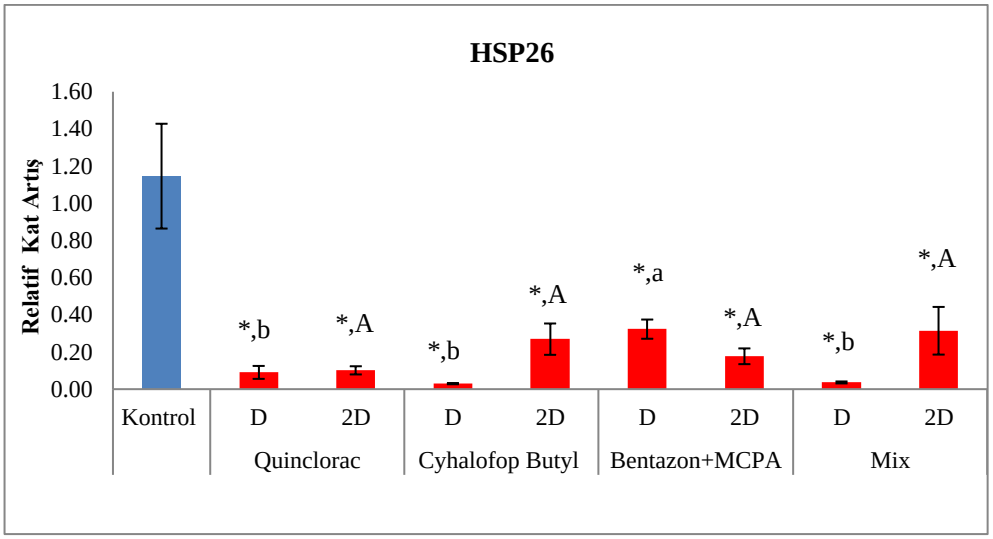
Fide dönemine ait HSP90 gen ifade düzeyleri incelendiğinde, D doz quinclorac, cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda kontrole grubuna göre sırsıyla 0,33±0,05, 0,79±0,16 ve 0,78±0,17 kat azalış, bentazon+MCPC uygulaması yapılan grupta ise 1,25±0,28 kat artış belirlenmiştir. 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda sırasıyla 0,18±0,04, 0,32±0,06 ve 0,16±0,07 kat azalış, mix uygulanan grupta ise 1,53±0,72 kat artış tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, quinclorac ve cyhalofop butyl uygulanan gruplarda doz artışına bağlı olarak anlamlı bir azalış olduğu belirlenmiştir (P≤0,05). D ve 2D doz bentazon+MCPA uygulanması sonucunda meydana gelen değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. D doz mix uygulanması yapılan grubun HSP90 gen ifade düzeylerinde meydana gelen değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken, 2D doz uygulama yapılan grupta meydana gelen azalış anlamlı bulunmuştur (P≤0,05). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen HSP90 gen ifade düzeyi sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında, D doz herbisit uygulanan gruplar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (P≤0,05). 2D doz uygulama yapılan gruplar kıyaslandığında, bentazon+MCPA uygulanan gruba ait HSP90 gen ifade düzeyinin diğer gruplardan farklı olduğu belirlenmiştir (P≤0,05, Şekil 4.89).



Şekil 4.89. Cameo çeşidi fide dönemi HSP90 gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

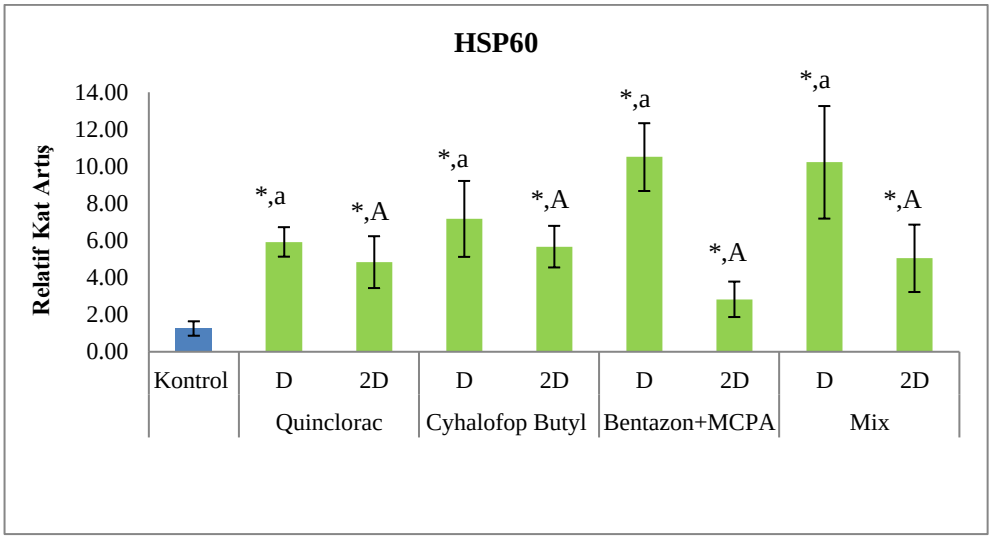
4.6.2.2. Sapa Kalkma Dönemi HSP Analiz Sonuçları

Cameo çeltik çeşidi sapa kalkma dönemine ait HSP26, HSP60, HSP70 ve HSP90 genlerinin relatif gen ekspresyon değerleri *Ek-8*'de verilmiştir. HSP26 gen ifade düzeylerindeki değişimler incelendiğinde, D dozquinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrol grubuna göre sırasıyla 0,09±0,03, 0,03±0,00, 0,32±0,05 ve 0,04±0,01 kat azalış tespit edilmiştir. 2D doz uygulama sonuçlarına göre ise sırasıyla 0,10±0,02, 0,27±0,08, 0,18±0,04 ve 0,31±0,13 katlık azalış olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz herbisit uygulanan tüm gruplarda, HSP26 gen ifade düzeyinde, kontrol grubuna kıyasla anlamlı bir azalış olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen HSP26 gen ifade düzeyi sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında, 2D doz herbisit uygulanan gruplar arasında anamlı bir farklılık gözlenmemiştir. D doz uygulama yapılan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.90).



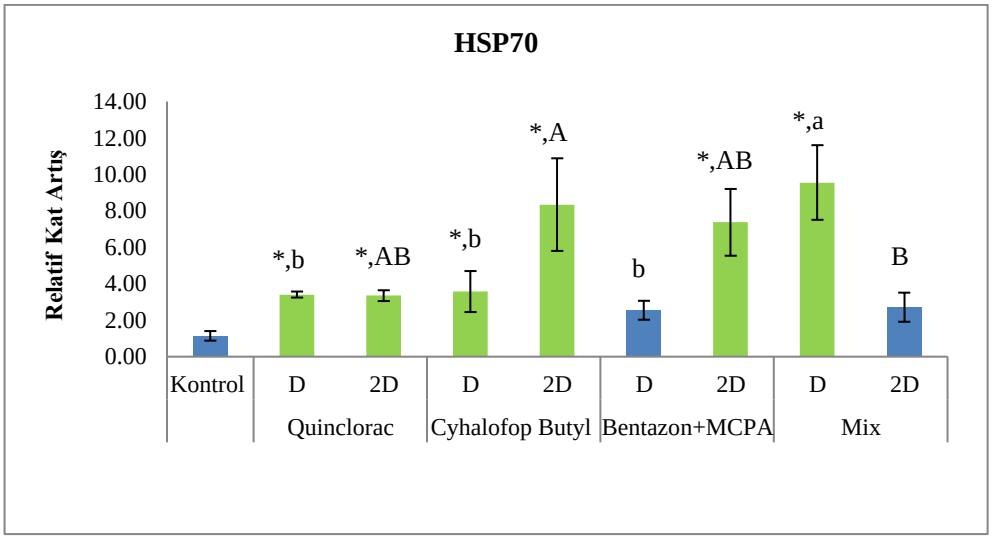
Şekil 4.90. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi HSP26 gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

HSP60 gen ifade düzeyi sonuçları incelendiğinde, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrol grubuna göre sırasıyla 5,93±0,80, 7,17±2,05, 10,50±1,83 ve 10,22±3,04 kat azalış gözlenmiştir. 2D doz herbisit uygulamaları sonucunda sırasıyla 4,84±1,40, 5,67±1,12, 2,83±0,96 ve 5,04±1,82 kat artış olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre, D ve 2D doz herbisit uygulanan tüm gruplarda, HSP60 gen ifade düzeyinde, kontrol grubuna kıyasla anlamlı bir artış olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen HSP60 gen ifade düzeyi sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında, hem D doz hem de 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (Şekil 4.91).



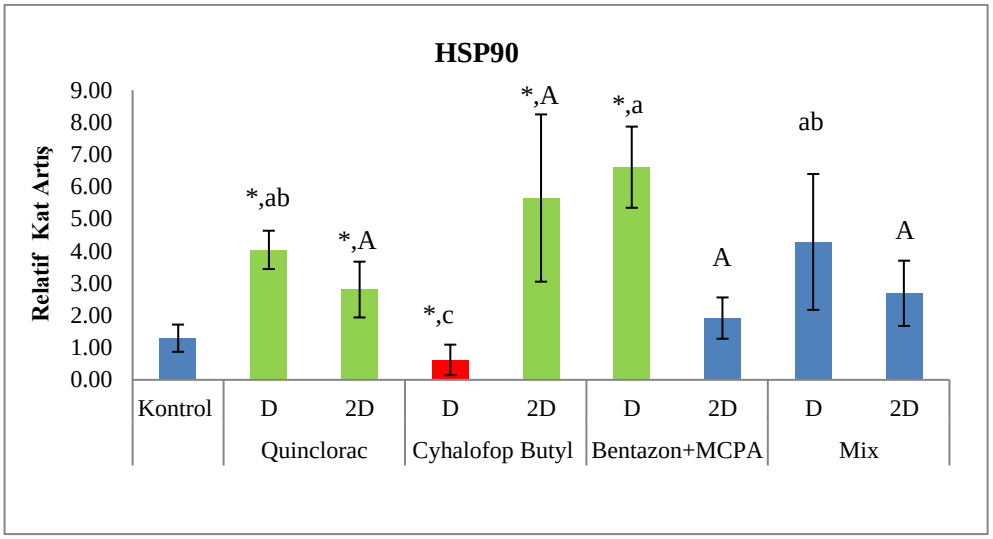
Şekil 4.91. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi HSP60 gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, $P \leq 0,05$, Ortalama±Standart Hata).

HSP70 gen ifade düzeyi sonuçları incelendiğinde, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 3,41±0,17, 3,57±1,13, 2,55±0,52 ve 9,56±2,05 katlık artış tespit edilmiştir. 2D doz uygulama yapılan gruplarda HSP70 gen ifade düzeylerinin kontrole göre sırasıyla 3,35±0,30, 8,35±2,54, 7,37±1,83 ve 2,71±0,80 kat arttığı belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA (D doz hariç) ve mix (2D doz hariç) uygulanan grupların HSP70 gen ifade düzeylerinde kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir artış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen HSP70 gen ifade düzeyi sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında, D doz mix uygulanan gruba ait HSP70 gen ifade düzeyinin diğer gruplardan istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). Ayrıca 2D doz herbisit uygulanan gruplar arasında da anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.92).



Şekil 4.92. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi HSP70 gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

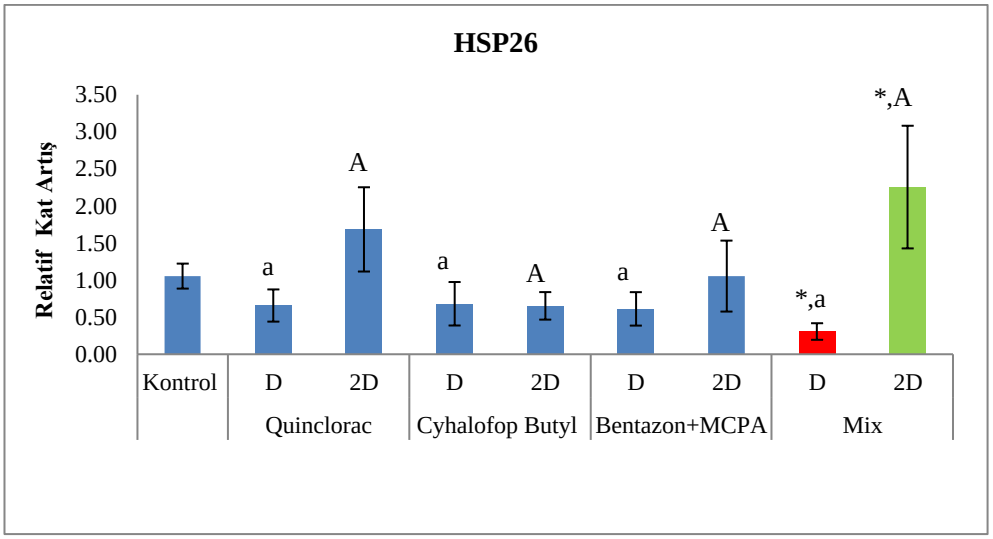
HSP90 gen ifade düzeylerine ait sonuçlar incelendiğinde, D doz quinclorac, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 4,04±0,60, 6,61±1,26 ve 4,28±2,21 kat artış gözlenmiştir. Cyhalofop butyl uygulaması yapılan grupta 0,62±0,47 kat azalış tespit edilmiştir. 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrol grubuna kıyasla sırasıyla 2,81±0,87, 5,65±2,60, 1,92±0,64 ve 2,69±1,01 katlık artış olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre, D ve 2D doz quinclorac uygulanan gruplarda meydan gelen HSP90 gen ifade düzeyi artışları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (P≤0,05). D doz cyhalofop butyl uygulanan grupta kontrole göre anlamlı bir azalış, 2D doz uygulama sonucunda ise artış gözlenmiştir (P≤0,05). D doz bentazon+MCPA uygulanan grupta tespit edilen artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (P≤0,05). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D doz uygulanması sonucunda elde edilen HSP90 gen ifade düzeyi sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (P≤0,05, Şekil 4.93).



Şekil 4.93. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi HSP70 gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

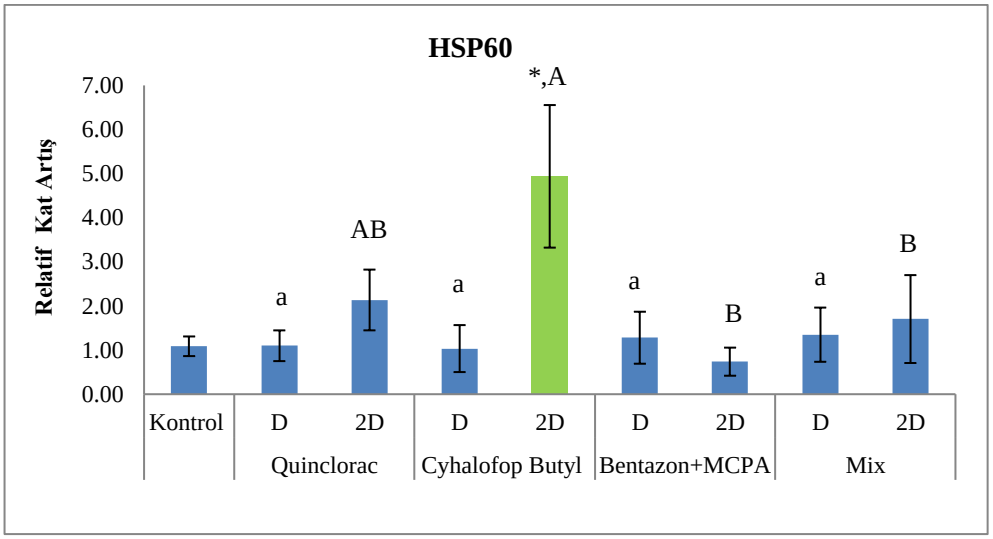
4.6.2.3. Salkım Oluşumu Dönemi HSP Analiz Sonuçları

Salkım oluşumu dönemine ait HSP26, HSP60, HSP70 ve HSP90 genlerinin relatif gen ekspresyon değerleri *Ek-9*'da yer almaktadır. Bu döneme ait HSP26 gen ifade düzeyleri incelendiğinde, D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulaması yapılan gruplarda kontrole göre sırasıyla 0,66±0,22, 0,68±0,29, 0,61±0,23 ve 0,31±0,11 kat azalış tespit edilmiştir. 2D doz quinclorac ve mix uygulanan gruplarda HSP26 gen ifade düzeyi kontrole göre 1,68±0,57 ve 2,25±0,83 katlık artış, cyhalofop butyl uygulanan grup 0,65±0,19 katlık azalış gösterirken, bentazon+MCPA uygulaması yapılan grupta değişim gözlenmemiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D doz mix uygulaması sonucunda HSP26 gen ifade düzeyinde meydana gelen azalış ile 2D doz mix uygulamasında meydana gelen artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin D ve 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen HSP26 gen ifade düzeyi sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (Şekil 4.94).



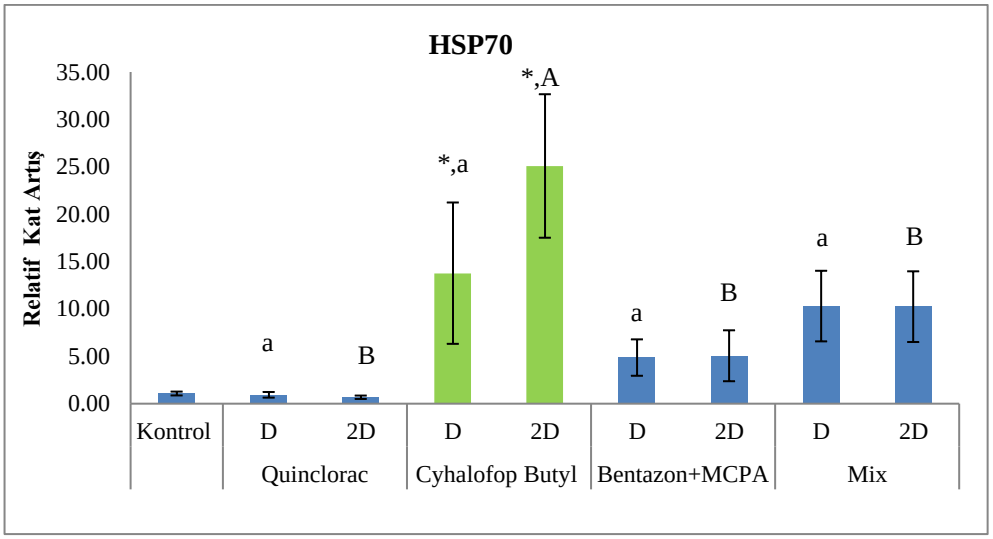
Şekil 4.94. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi HSP26 gen ifade düzeyi sonuçları. *Kırmızı ve yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

HSP60 gen ekspresyon düzeyi sonuçları incelendiğinde, D doz quinclorac, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre sırasıyla 1,10±0,35, 1,28±0,59 ve 1,35±0,61 kat artış gözlenirken, cyhalofop butyl uygulanan grupta 1,03±0,53 kat azalış olduğu tespit edilmiştir. 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda sırasıyla 2,14±0,69, 4,94±1,62 ve 1,35±1,00 katlık artış, bentazon+MCPA uygulanan grupta ise 1,28±0,32 katlık azalış olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucuna göre, 2D doz cyhalofop butyl uygulanan grubun HSP60 gen ifade düzeyinde meydana gelen değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (P≤0,05). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen HSP 60 gen ifade düzeyi sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (P≤0,05, Şekil 4.95).



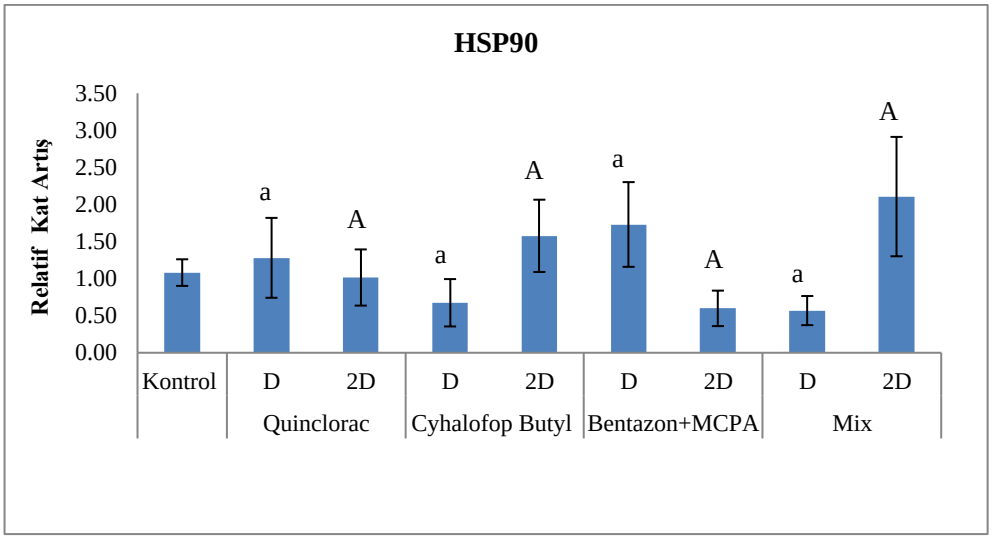
Şekil 4.95. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi HSP60 gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

HSP 70 gen ekspresyon düzeyleri incelendiğinde, D doz quinclorac uygulanan grupta 0,94±0,30 kat azalış, cyhalofop butyl bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda ise kontrole göre sırasıyla 13,77±7,46, 4,86±1,92 ve 10,30±3,72 kat artış gözlenmiştir. 2D doz quinclorac uygulanan grupta HSP70 gen ifade düzeyinin 0,68±0,18 kat azaldığı, cyhalofop butyl, bentazon + MCPA ve mix uygulanan gruplarda ise kontrole göre sırasıyla 25,08±7,57, 5,06±2,69 ve 10,24±3,73 kat arttığı tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz cyhalofop butyl uygulanan grupların HSP70 gen ifade düzeylerinde meydana gelen artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Farklı etken maddelere sahip herbisitlerin 2D doz uygulanması sonucunda elde edilen HSP70 gen ifade düzeyi sonuçları ayrı olarak kıyaslandığında, cyhalofop butyl uygulana gruba ait HSP70 gen ifade düzeyinin diğer gruplardan istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$, Şekil 4.96).



Şekil 4.96. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi HSP70 gen ifade düzeyi sonuçları. *Yeşil renk ile gösterilen ortalamalar kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklıdır. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

HSP90 gen ifade düzeylerine ait sonuçlar incelendiğinde, D doz quinclorac ve bentazon+MCPA uygulamalarında kontrole göre 1,28±0,54 ve 1,73±0,57 kat artış, cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda ise 0,67±0,32 ve 0,57±0,20 kat azalış tespit edilmiştir. 2D doz quinclorac ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda 1,01±0,38 ve 0,60±0,24 kat azalış gözlenirken, cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda 1,58±0,49 ve 2,11±0,81 artış olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda, D ve 2D doz herbisit uygulanan grupların HSP90 gen ifade düzeylerinde kontrole göre anlamlı bir değişim tespit edilmemiştir (Şekil 4.97).



Şekil 4.97. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi HSP90 gen ifade düzeyi sonuçları. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

4.7. RAPD DNA Polimorfizmi

Çalışmada Osmancık-97 ve Cameo çeltik çeşitlerine kontrol, D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulamaları yapılarak fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu dönemlerinde örnekler alınmıştır. Alınan örneklerin kontrole göre DNA polimorfizmlerinin tespit edilmesinde anlamlı sonuç veren 5 farklı primere (23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01) ait agaroz jel görüntüleri, kontrole göre kaybolan ve yeni oluşan bantların baz çifti (bç) değerleri her bir primer için tek tek analiz edilmiştir.

4.7.1. Osmancık-97 Çeltik Çeşidi RAPD DNA Polimorfizmi

4.7.1.1. Fide Dönemi RAPD DNA Polimorfizmi

Osmancık-97 çeltik çeşidi fide dönemi örneklerinin 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerlerine ait agaroz jel görüntüsü Şekil 4.98'de, kontrol grubuna göre yeni oluşan ve kaybolan baz çifti (bç) değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1'e göre, 23OPC19 primerinde kontrol grubunda 308-2148 bç arasında 11 tane bant tespit edilmiştir. D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde, quinclorac, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre 1 tane bantın (1792 bç) kaybolduğu belirlenmiştir. D doz cyhalofop butyl uygulanan grupta 1 tane bant (1555 bç) yeni oluştuğu, 1 tane bantın (1792 bç) kaybolduğu gözlenmiştir. 2D doz herbisit uygulama sonuçlarına göre tüm gruplarda kontrole kıyasla 1 tane bantın (1792 bç) yok olduğu tespit edilmiştir.

OPW10 primerinde kontrol grubunda 349-1857 bç arasında 7 tane bant tespit edilmiştir. D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde, quinclorac, ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda kontrole göre 1 tane bantın (290 bç) yeni oluştuğu, 1 tane bantın (1555 bç) kaybolduğu belirlenmiştir. Cyhalofop butyl uygulamasında bant değişiminin gözlenmediği, mix uygulanan grupta 4 tane bantın (504, 679, 1555 ve 1857 bç) kaybolduğu tespit edilmiştir. 2D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde quinclorac ve cyhalofop butyl uygulamalarında bant değişimi gözlenmemiştir. Bentazon+MCPA ve mix uygulamalarında kontrole göre 1 tane bantın (290 bç) yeni oluştuğu, 1 tane bantın (1555 bç) kaybolduğu belirlenmiştir.

27OPN03 primerinde kontrol grubunda 679-1360 bç arasında 3 tane bant tespit edilmiştir. D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplara ait sonuçlar incelendiğinde kontrole göre bant değişim gözlenmemiştir.

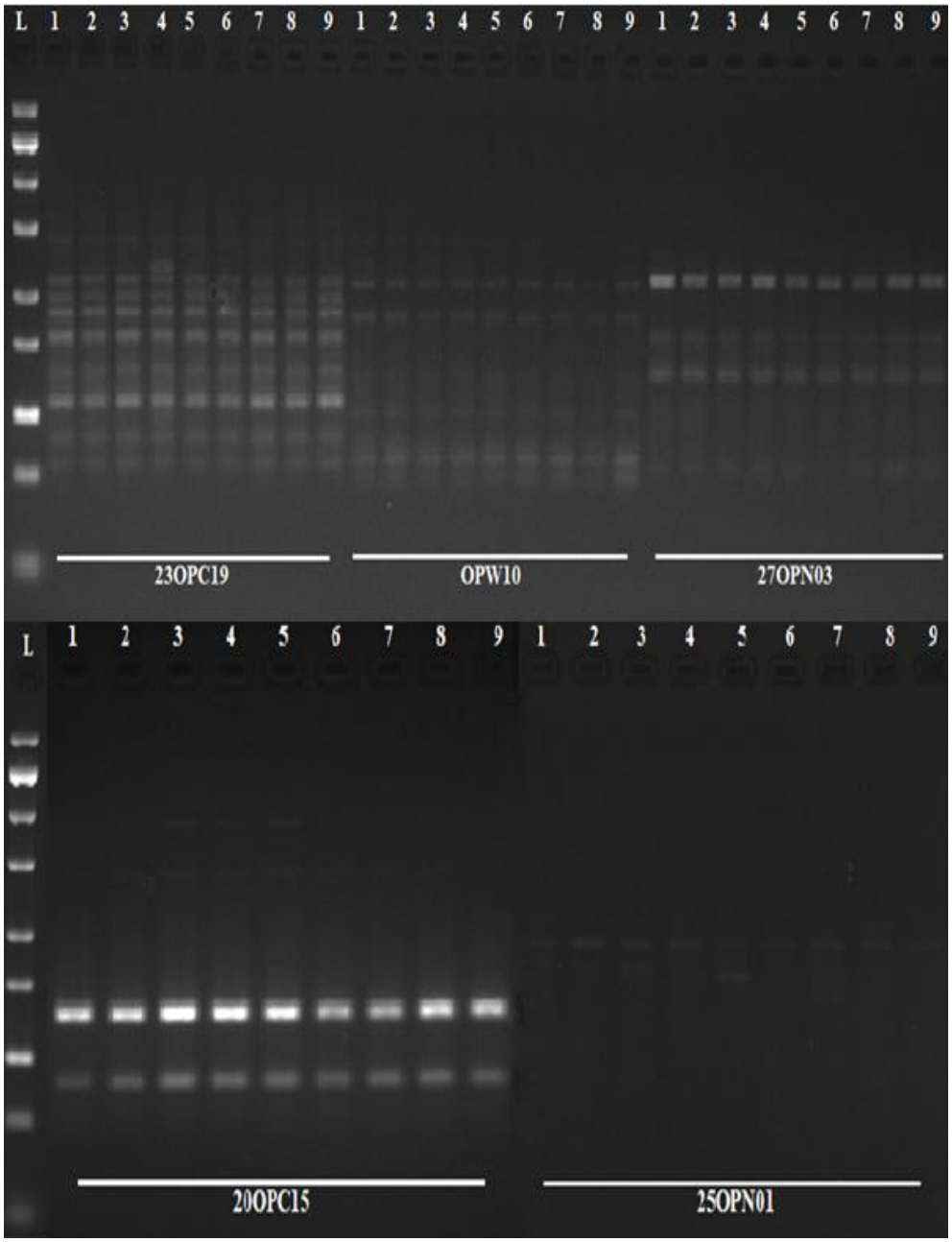
20OPC15 primerinde kontrol grubunda 508-2221 bç arasında 3 tane bant tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde 2D doz bentazon+MCPA uygulaması dışındaki tüm herbisit uygulamalarında kontrole göre 1 tane bantın (3324 bç) yeni oluştuğu belirlenmiştir.

25OPN01 primerinde kontrol grubunda 1135 bç büyüklüğünde 1 tane bant tespit edilmiştir. D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplara ait sonuçlar incelendiğinde, 2D doz cyhalofop butyl uygulaması yapılan grupta 1 tane bantın (877 bç) yeni oluştuğu belirlenmiş, diğer uygulamalarda bant değişimi gözlenmemiştir.

Çizelge 4.1. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerlerinde kontrole göre yeni oluşan (Y) ve kaybolan (K) bantlar (baz çifti).

Primer	Uygulama Grupları								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
23OPC19	2148; 1857; 1792; 1360; 1219; 1069; 902; 679; 548; 401; 308	Y:- K:1792	Y:- K:1792	Y:1555 K:1792	Y:- K:1792	Y:- K:1792	Y:- K:1792	Y:- K:1792	Y:- K:1792
OPW10	1857; 1555; 1360; 1069; 679; 504; 349	Y: 290 K:1555	Y:- K: -	Y:- K: -	Y:- K: -	Y: 290 K:1555	Y: 290 K:1555	Y:- K:1857 ;1555; 679; 504	Y:290 K:1555
27OPN03	1360; 902; 679	Y:- K: -	Y:- K: -	Y:- K: -	Y:- K: -	Y:- K: -	Y:- K: -	Y:- K: -	Y:- K: -
20OPC15	2221; 809; 508	Y:3324 K: -	Y:3324 K:-	Y:3324 K:-	Y:3324 K:-	Y:3324 K: -	Y:- K: -	Y:3324 K: -	Y:3324 K: -
25OPN01	1135	Y:- K: -	Y:- K: -	Y:- K: -	Y: 877 K: -	Y:- K: -	Y:- K: -	Y:- K: -	Y:- K: -

1: Kontrol grubu, **2:** D doz quinclorac uygulama grubu, **3:** 2D doz quinclorac uygulama grubu, **4:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **5:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **6:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **7:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **8:** D doz mix uygulama grubu, **9:** 2D doz mix uygulama grubu.



Şekil 4.98. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi örneklerinin 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri kullanılarak elde edilen jel görüntüsü. **L:** Ladder, **1:** Kontrol grubu, **2:** D doz quinclorac uygulama grubu, **3:** 2D doz quinclorac uygulama grubu, **4:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **5:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **6:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **7:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **8:** D doz mix uygulama grubu, **9:** 2D doz mix uygulama grubu.

4.7.1.2. Sapa Kalkma Dönemi RAPD DNA Polimorfizmi

Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi örneklerinin 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerlerine ait agaroz jel görüntüsü Şekil 4.99'da, kontrol grubuna göre yeni oluşan ve kaybolan baz çifti (bç) değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2'ye göre, 23OPC19 primerinde kontrol grubunda 381-2056 bç arasında 10 tane bant tespit edilmiştir. D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde, quinclorac uygulanan grupta 3 tane bantın (381,1227 ve 1718 bç) kaybolduğu, cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan gruplara 1 tane bantın (300 bç) yeni oluştuğu, 1 tane bantın (1718 bç) kaybolduğu belirlenmiştir. Mix uygulanan grupta 1 tane bantın (300 bç) yeni oluştuğu gözlenmiştir. 2D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde tüm gruplarda kontrole göre 1 tane bantın (300 bç) yeni oluştuğu, 1 tane bantın (1718 bç) kaybolduğu belirlenmiştir.

OPW10 primerinde kontrol grubunda 381-1718 bç arasında 7 tane bant tespit edilmiştir. D doz quinclorac uygulanan grupta kontrole göre 4 tane bantın (381, 463, 633 ve 1432 bç) kaybolduğu, bentazon+MCPA uygulanan grupta 1 tane bantın (300 bç) yeni oluştuğu, 1 tane bantın (1432 bç) kaybolduğu, mix uygulanan grupta 1 tane bantın (300 bç) yeni oluştuğu belirlenmiştir. Cyhalofop butyl uygulanan grupta kontrole göre bant değişimi gözlenmemiştir. 2D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde, quinclorac uygulanan grupta 1 tane bantın (1432 bç) kaybolduğu, cyhalofop butyl uygulamasında 1 tane bantın (1227 bç) yeni oluştuğu, bentazon+MCPA ve mix uygulamalarında 1 tane bantın (300 bç) yeni oluştuğu, 1 tane bantın (1432 bç) kaybolduğu belirlenmiştir.

27OPN03 primerinde kontrol grubunda 633-1718 bç arasında 4 tane bant tespit edilmiştir. D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde quinclorac, cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulaması yapılan gruplarda kontrole göre 1 tane bantın (1718 bç) kaybolduğu, mix uygulaması yapılan grupta 1 tane bantın (300 bç) yeni oluştuğu, 1 tane bantın (1718 bç) kaybolduğu belirlenmiştir. 2D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde quinclorac ve mix uygulaması yapılan gruplarda kontrole göre 1 tane bantın (1718 bç) kaybolduğu, bentazon+MCPA uygulaması yapılan grupta 1 tane bantın

(300 bç) yeni oluştuğu, 1 tane bantın (1718 bç) kaybolduğu tespit edilmiştir. Cyhalofop butyl uygulaması yapılan grupta bant değişiminin gözlenmemiştir.

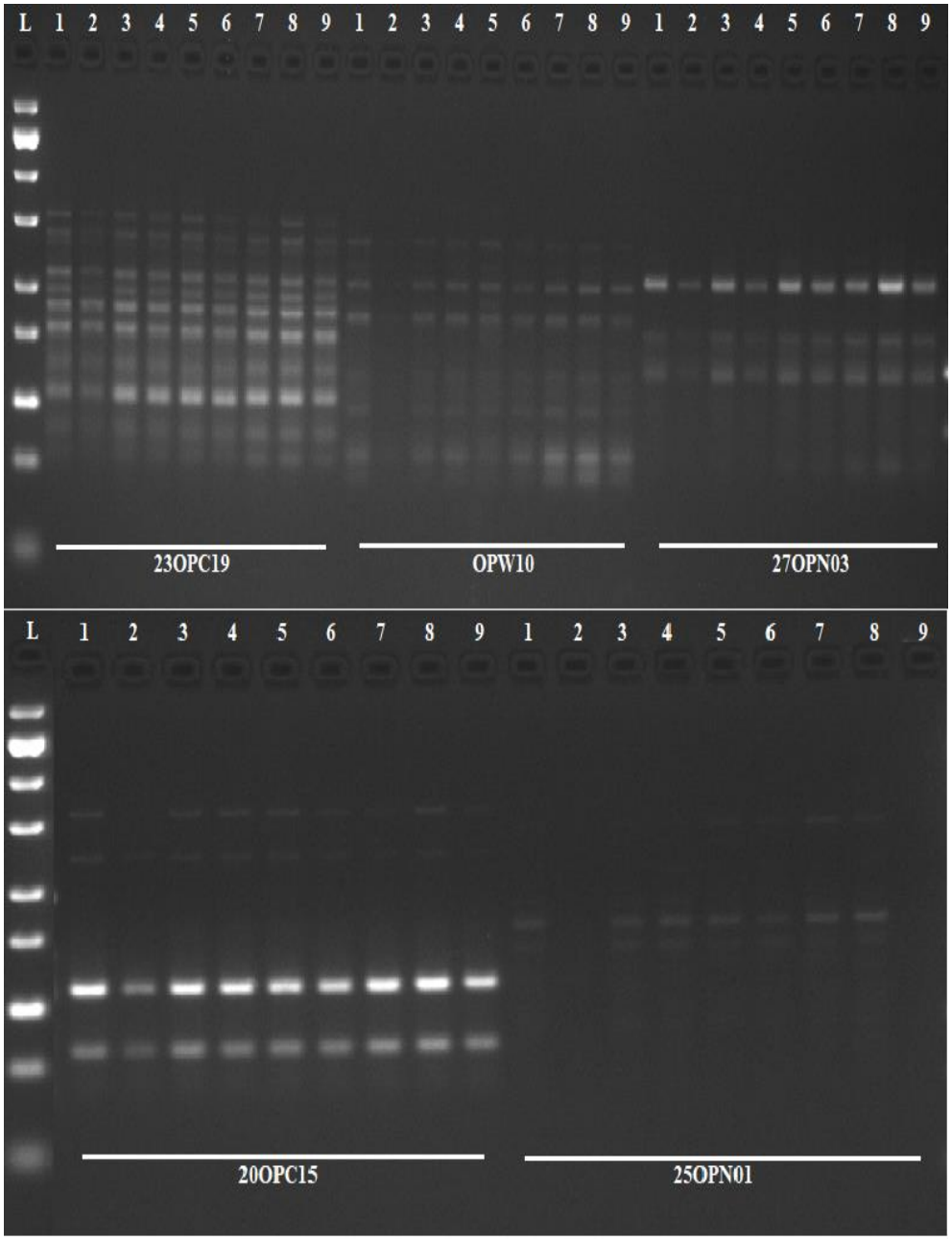
20OPC15 primerinde kontrol grubunda 338-2362 bç arasında 4 tane bant tespit edilmiştir. D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde, quinclorac uygulaması yapılan grupta kontrole göre 1 tane bantın (2362 bç) kaybolduğu belirlenmiştir. Diğer herbisit uygulaması yapılan gruplarda bant değişimi gözlenmemiştir. 2D doz herbisit uygulamaları incelendiğinde quinclorac ve cyhalofop butyl uygulaması yapılan gruplarda bant değişiminin gözlenmediği, bentazon+MCPA ve mix uygulaması yapılan gruplarda 1 tane bantın (1617 bç) kaybolduğu belirlenmiştir.

25OPN01 primerinde kontrol grubunda 857-1058 bç büyüklüğünde 2 tane bant tespit edilmiştir. D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde, quinclorac ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre 2 tane bantın (857 ve 1058 bç) kaybolduğu, cyhalofop butyl uygulanan grupta bant değişiminin gözlenmediği, bentazon+MCPA uygulanan grupta 1 tane bantın (2362 bç) yeni oluştuğu belirlenmiştir. 2D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda kontrole göre 1 tane bantın (2362 bç) yeni oluştuğu, 1 tane bantın (857 bç) kaybolduğu, mix uygulanan grupta 2 tane bantın (857 ve 1058 bç) kaybolduğu tespit edilmiştir. Quinclorac uygulanan grupta kontrole göre bant değişimi gözlenmemiştir.

Çizelge 4.2. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerlerinde kontrole göre yeni oluşan (Y) ve kaybolan (K) bantlar (baz çifti).

Primer	Uygulama Grupları								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
23OPC19	2056; 1832; 1718; 1367; 1227; 1047; 850; 633; 535; 381	Y:- K:1718 ;1227; 381	Y:300 K:1718	Y:300 K:1718	Y:300 K:1718	Y:300 K:1718	Y:300 K:1718	Y:300 K:-	Y:300 K:1718
OPW10	1718; 1432; 1367; 1047; 633; 463; 381	Y:- K:1432 ;633; 463; 381	Y:- K:1432	Y:- K: -	Y:1227 K:-	Y:300 K:1432	Y:300 K:1432	Y:300 K:-	Y:300 K:1432
27OPN03	1718; 1227; 850; 633	Y:- K:1718	Y:- K:1718	Y:- K:1718	Y:- K: -	Y:- K:1718	Y:300 K:1718	Y:300 K:1718	Y:- K:1718
20OPC15	2362; 1617; 586; 338	Y:- K:2362	Y:- K: -	Y:- K: -	Y:- K: -	Y:- K: -	Y:- K:1617	Y:- K: -	Y:- K:1617
25OPN01	1058; 857	Y:- K:1058 ;857	Y:- K: -	Y:- K: -	Y:2362 K:857	Y:2362 K: -	Y:2362 K:857	Y:2362 K: -	Y:- K:1058; 857

1: Kontrol grubu, **2:** D doz quinclorac uygulama grubu, **3:** 2D doz quinclorac uygulama grubu, **4:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **5:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **6:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **7:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **8:** D doz mix uygulama grubu, **9:** 2D doz mix uygulama grubu.



Şekil 4.99. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi örneklerinin 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri kullanılarak elde edilen jel görüntüsü. **L:** Ladder, **1:** Kontrol grubu, **2:** D doz quinclorac uygulama grubu, **3:** 2D doz quinclorac uygulama grubu, **4:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **5:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **6:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **7:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **8:** D doz mix uygulama grubu, **9:** 2D doz mix uygulama grubu.

4.7.1.3. Salkım Oluşumu Dönemi RAPD DNA Polimorfizmi

Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi örneklerinin 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerlerine ait agaroz jel görüntüsü Şekil 4.100'de, kontrol grubuna göre yeni oluşan ve kaybolan baz çifti (bç) değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3'e göre 23OPC19 primerinde kontrol grubunda 573-2194 bç arasında 9 tane bant tespit edilmiştir. D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda 2 tane bantın (373 ve 426 bç) yeni oluştuğu belirlenmiştir. Quinclorac uygulamasında kontrole göre bant değişimi gözlenmemiştir. 2D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde quinclorac ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda kontrole göre 2 tane bantın (373 ve 426 bç) yeni oluştuğu, cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda bant değişiminin gözlenmediği belirlenmiştir.

OPW10 primerinde kontrol grubunda 373-2574 bç arasında 7 tane bant tespit edilmiştir. D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde, bentazon+MCPA uygulanan grupta 1 tane bantın (317 bç) yeni oluştuğu, mix uygulanan grupta 1 tane bantın (317 bç) yeni oluştuğu, 1 tane bantın (573 bç) kaybolduğu belirlenmiştir. Quinclorac ve cyhalofop butyl uygulanan gruplarda kontrole göre bant değişimi gözlenmemiştir. 2D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde, quinclorac uygulanan grupta kontrole göre 2 tane bantın (1617 ve 2574 bç) kaybolduğu, cyhalofop butyl uygulanan grupta 1 tane bantın (317 bç) yeni oluştuğu tespit edilmiştir. Bentazon+MCPA uygulanan grupta kontrole göre 1 tane bantın (317 bç) yeni oluştuğu, 1 tane bantın (573 bç) kaybolduğu, mix uygulanan grupta 1 tane bantın (317 bç) yeni oluştuğu, 2 tane bantın (573 ve 1617 bç) kaybolduğu belirlenmiştir.

27OPN03 primerinde kontrol grubunda 760-1754 bç arasında 4 tane bant tespit edilmiştir. D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre bant değişimi gözlenmemiştir. 2D doz herbisit uygulamalarından elde edilen sonuçlar incelendiğinde quinclorac, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre 1 tane bantın

(1754 bç) yeni oluştuğu, cyhalofop butyl uygulanan grupta bant değişiminin gözlenmediği belirlenmiştir.

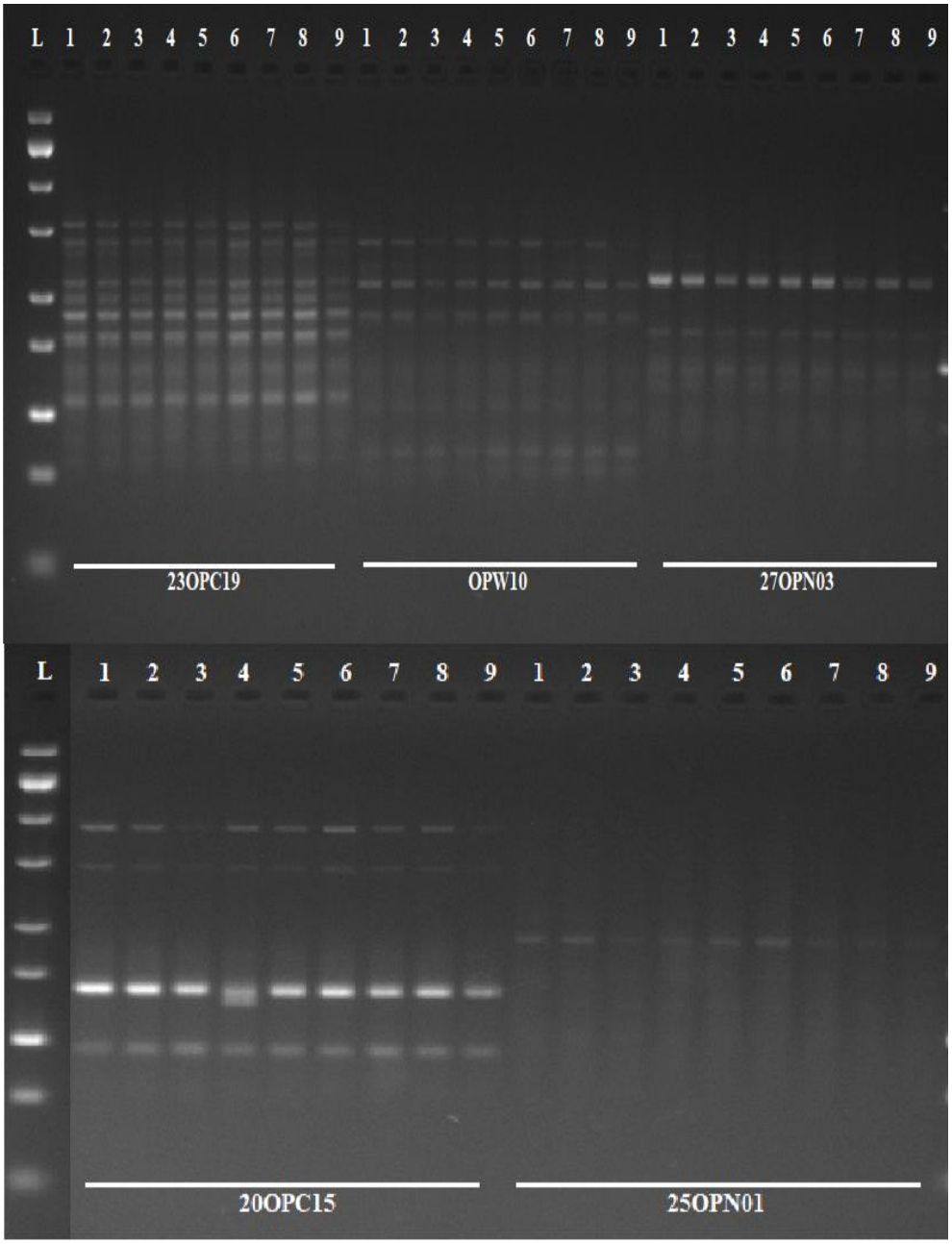
20OPC15 primerinde kontrol grubunda 456-2798 bç arasında 4 tane bant tespit edilmiştir. D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre bant değişimi gözlenmemiştir. 2D doz herbisit uygulamalarından elde edilen sonuçlar incelendiğinde quinclorac, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre bant değişiminin gözlenmediği, cyhalofop butyl uygulanan grupta 1 tane bantın (712 bç) yeni oluştuğu belirlenmiştir.

25OPN01 primerinde kontrol grubunda 1095 bç büyüklüğünde 1 tane bant tespit edilmiştir. D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplara ait sonuçlar incelendiğinde kontrole göre bant değişimi gözlenmemiştir.

Çizelge 4.3. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerlerinde kontrole göre yeni oluşan (Y) ve kaybolan (K) bantlar (baz çifti).

Primer	Uygulama Grupları								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
23OPC19	2194; 1867; 1754; 1372; 1200; 1078; 917; 719; 573	Y:- K:-	Y:426; 373 K:-	Y:426; 373 K:-	Y:- K:-	Y:426; 373 K:-	Y: 426; 373 K:-	Y:426; 373 K:-	Y:- K:-
OPW10	2574; 1867; 1617; 1372; 1078; 573; 373	Y:- K:-	Y:- K:2574 ;1617	Y:- K:-	Y: 317 K:-	Y: 317 K:-	Y: 317 K: 573	Y: 317 K: 573	Y: 317 K:1617 ;573
27OPN03	1754; 1573; 1029; 760	Y:- K:-	Y:- K:1754	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:1754	Y:- K:-	Y:- K:1754
20OPC15	2798; 2000; 760; 456	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:712 K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-
25OPN01	1095	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-

1: Kontrol grubu, **2:** D doz quinclorac uygulama grubu, **3:** 2D doz quinclorac uygulama grubu, **4:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **5:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **6:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **7:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **8:** D doz mix uygulama grubu, **9:** 2D doz mix uygulama grubu.



Şekil 4.100. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi örneklerinin 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri kullanılarak elde edilen jel görüntüsü. **L:** Ladder, **1:** Kontrol grubu, **2:** D doz quinclorac uygulama grubu, **3:** 2D doz quinclorac uygulama grubu, **4:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **5:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **6:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **7:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **8:** D doz mix uygulama grubu, **9:** 2D doz mix uygulama grubu.

4.7.2. Cameo Çeltik Çeşidi RAPD DNA Polimorfizmi

4.7.2.1. Fide Dönemi RAPD DNA Polimorfizmi

Cameo çeşidi fide dönemi örneklerinin 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerlerine ait agaroz jel görüntüsü Şekil 4.101'de, kontrol grubuna göre yeni oluşan ve kaybolan baz çifti (bç) değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4'e göre 23OPC19 primerinde kontrol grubunda 356-2175 bç arasında 10 tane bant tespit edilmiştir. D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre bant değişimi gözlenmemiştir. 2D doz herbisit uygulamalarından elde edilen sonuçlar incelendiğinde, quinclorac ve cyhalofop butyl uygulanan gruplarda kontrole göre 3 tane bantın (1224, 1877 ve 2175 bç) kaybolduğu, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda bant değişiminin gözlenmediği belirlenmiştir.

OPW10 primerinde kontrol grubunda 311-1451 bç arasında 6 tane bant tespit edilmiştir. D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre bant değişimi gözlenmemiştir. 2D doz herbisit uygulamalarından elde edilen sonuçlar incelendiğinde, quinclorac uygulanan grupta kontrole göre 2 tane bantın (722 ve 1451 bç), cyhalofop butyl uygulanan grupta 1 tane bantın (1451 bç) kaybolduğu tespit edilmiştir. Bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda bant değişimi gözlenmemiştir.

27OPN03 primerinde kontrol grubunda 408-1451 bç arasında 4 tane bant tespit edilmiştir. D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplara ait sonuçlar incelendiğinde kontrole göre bant değişimi gözlenmemiştir.

20OPC15 primerinde kontrol grubunda 432 ve 731 bç büyüklüğünde 2 tane bant tespit edilmiştir. D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplara ait sonuçlar incelendiğinde kontrole göre değişimi gözlenmemiştir.

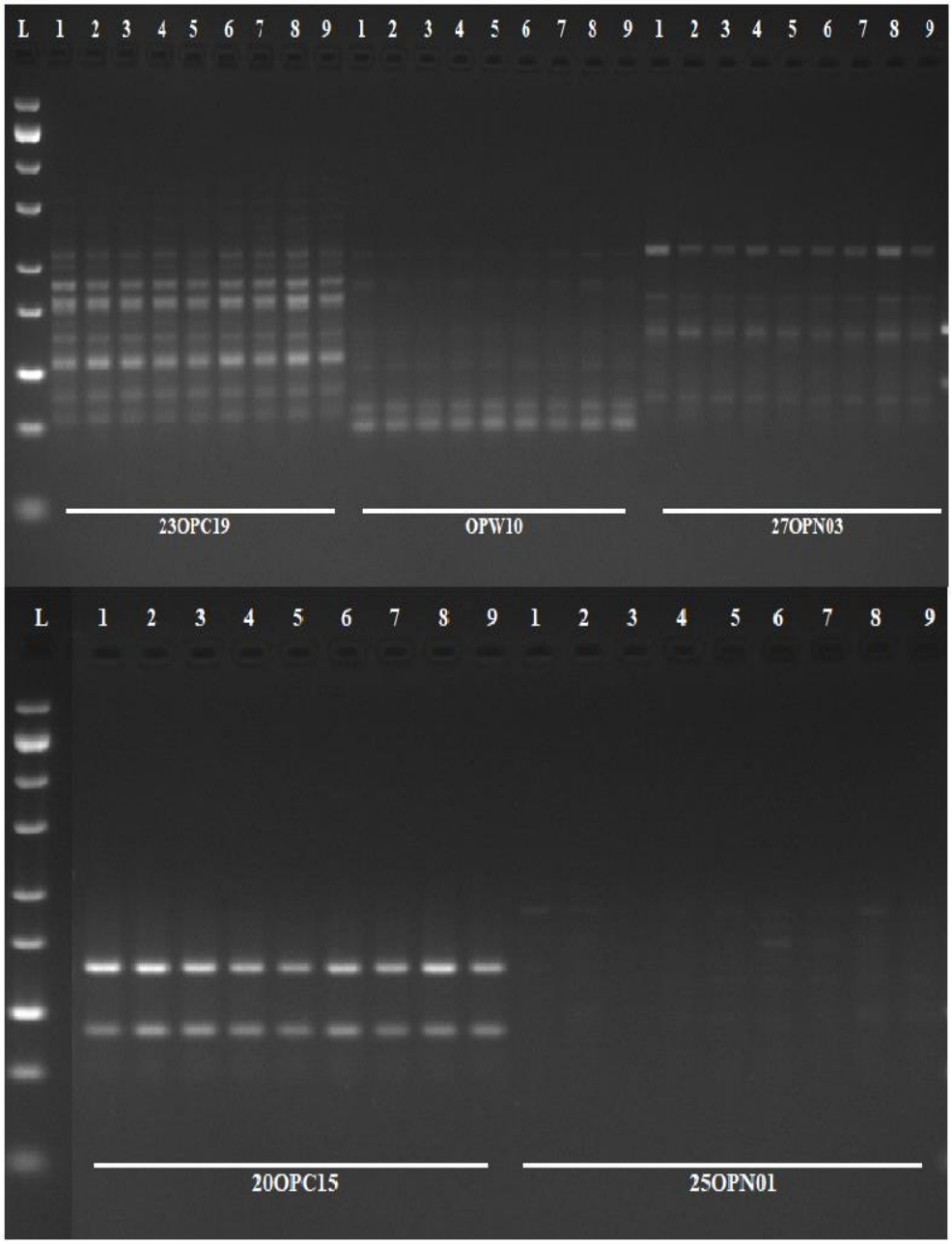
25OPN01 primerinde kontrol grubunda 731 ve 1089 bç büyüklüğünde 2 tane bant tespit edilmiştir. D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde, quinclorac uygulanan grupta kontrole göre 1 tane bantın (731 bç), cyhalofop butyl uygulanan grupta 2 tane bantın (731 ve 1089 bç) kaybolduğu belirlenmiştir. Bentazon+MCPA uygulanan grupta

kontrole göre 2 tane bantın (500 ve 856 bç) yeni oluştuğu, 1 tane bantın (731 bç) kaybolduğu, mix uygulanan grupta 1 tane bantın (500 bç) yeni oluştuğu, 1 tane bantın (731 bç) kaybolduğu gözlenmiştir. 2D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde, quinclorac uygulanan grupta kontrole göre 2 tane bantın (731 ve 1089 bç), cyhalofop butyl uygulanan grupta 1 tane bantın (731 bç) kaybolduğu tespit edilmiştir. Bentazon+MCPA uygulanan grupta 2 tane bantın (500 ve 856 bç) yeni oluştuğu, 1 tane bantın (731 bç) kaybolduğu, mix uygulanan grupta 1 tane bantın (500 bç) yeni oluştuğu, 1 tane bantın (731 bç) kaybolduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Cameo çeşidi fide dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerlerinde kontrole göre yeni oluşan (Y) ve kaybolan (K) bantlar (baz çifti).

Primer	Uygulama Grupları								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
23 OPC19	2175; 1877; 1451; 1224; 1072; 913; 722; 553; 408; 356	Y:- K:-	Y:- K:2175; 1877; 1224	Y:- K:2175	Y:- K:2175; 1877; 1224	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-
OPW10	1451; 1072; 722; 553; 356; 311	Y:- K:-	Y:- K:1451; 722	Y:- K:-	Y:- K: 1451	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-
27 OPN03	1451; 985; 722; 408	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-
20 OPC15	731; 432	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-
25 OPN01	1089; 731	Y:- K:731	Y:- K:1089; 731	Y:- K:1089; 731	Y:- K:731	Y:856; 500 K: 731	Y:856; 500 K:731	Y:500 K:731	Y:500 K:731

1: Kontrol grubu, **2:** D doz quinclorac uygulama grubu, **3:** 2D doz quinclorac uygulama grubu, **4:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **5:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **6:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **7:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **8:** D doz mix uygulama grubu, **9:** 2D doz mix uygulama grubu.



Şekil 4.101. Cameo çeşidi fide dönemi örneklerinin 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri kullanılarak elde edilen jel görüntüsü. **L:** Ladder, **1:** Kontrol grubu, **2:** D doz quinclorac uygulama grubu, **3:** 2D doz quinclorac uygulama grubu, **4:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **5:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **6:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **7:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **8:** D doz mix uygulama grubu, **9:** 2D doz mix uygulama grubu.

4.7.2.2. Sapa Kalkma Dönemi RAPD DNA Polimorfizmi

Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi örneklerinin 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerlerine ait agaroz jel görüntüsü Şekil 4.102'de, kontrol grubuna göre yeni oluşan ve kaybolan baz çifti (bç) değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5'e göre 23OPC19 primerinde kontrol grubunda 545-2557 bç arasında 11 tane bant tespit edilmiştir. D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde, quinclorac uygulanan grupta kontrole göre 4 tane bantın (1175, 1549, 1718 ve 2557 bç) kaybolduğu, cyhalofop butyl uygulanan grupta 2 tane bantın (315 ve 402 bç) yeni oluştuğu, 4 tane bantın (1175, 1549, 1718 ve 2557 bç) kaybolduğu belirlenmiştir. Bentazon+MCPA uygulanan grupta kontrole göre 5 tane bantın (1175, 1549, 1718, 2134 ve 2557 bç) kaybolduğu, mix uygulanan grupta 2 tane bantın (315 ve 402 bç) yeni oluştuğu, 3 tane bantın (1549, 1718 ve 2557 bç) kaybolduğu gözlenmiştir. 2D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde, quinclorac uygulanan grupta kontrole göre 2 tane bantın (315 ve 402 bç) yeni oluştuğu, 4 tane bantın (1175, 1549, 1718 ve 2557 bç) kaybolduğu, cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda 2 tane bantın (315 ve 402 bç) yeni oluştuğu, 6 tane bantın (1175, 1549, 1718, 1853, 2134 ve 2557 bç) kaybolduğu, bentazon+MCPA uygulanan grupta 2 tane bantın (315 ve 402 bç) yeni oluştuğu, 5 tane bantın (1175, 1549, 1718, 2134 ve 2557 bç) kaybolduğu belirlenmiştir.

OPW10 primerinde kontrol grubunda 277-2557 bç arasında 8 tane bant tespit edilmiştir. D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde quinclorac, cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre 2 tane bantın (1454 ve 2134 bç), bentazon+MCPA uygulanan grupta 3 tane bantın (1454, 1853 ve 2134 bç) kaybolduğu belirlenmiştir. 2D doz uygulama sonuçları incelendiğinde, quinclorac uygulanan grupta kontrole göre 2 tane bantın (1454 ve 2134 bç), cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda 3 tane bantın (1454, 1853 ve 2134 bç) kaybolduğu gözlenmiştir.

27OPN03 primerinde kontrol grubunda 423-3214 bç arasında 5 tane bant tespit edilmiştir. D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplara ait sonuçlar incelendiğinde tüm gruplarda kontrole göre 1 tane bantın (3214 bç) kaybolduğu belirlenmiştir.

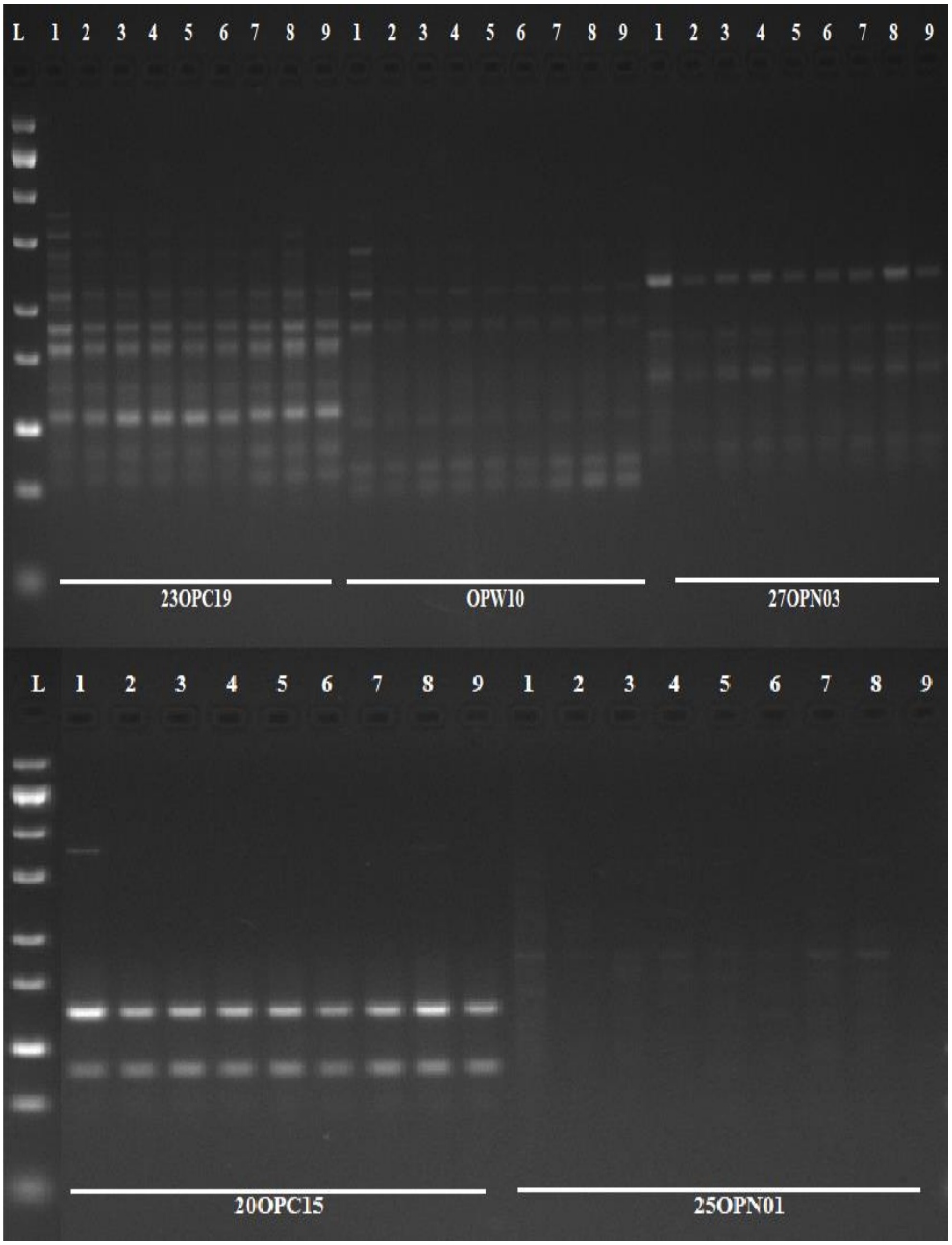
20OPC15 primerinde kontrol grubunda 479-3214 bç büyüklüğünde 3 tane bant tespit edilmiştir. D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde quinclorac ve mix uygulanan gruplarda bant değişimi gözlenmemiş, cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda 1 tane bantın (3214 bç) kaybolduğu belirlenmiştir. 2D doz herbisit uygulamaları incelendiğinde tüm gruplarda kontrole göre 1 tane bantın (3214 bç) kaybolduğu gözlenmiştir.

25OPN01 primerinde kontrol grubunda 1124 bç büyüklüğünde 1 tane bant tespit edilmiştir. D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplara ait sonuçlar incelendiğinde kontrole göre bant değişim gözlenmemiştir.

Çizelge 4.5. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerlerinde kontrole göre yeni oluşan (Y) ve kaybolan (K) bantlar (baz çifti).

	Uygulama Grupları								
Primer	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
23OPC19	2557; 2134; 1853; 1718; 1549; 1337; 1175; 1059; 909; 685; 545	Y:- K:2557 ;1718; 1549; 1175	Y:402; 315 K:2557; 1718; 1549; 1175	Y:402; 315 K:2557 ;1718; 1549; 1175	Y: 402; 315 K:2557; 2134; 1853 1718; 1549; 1175	Y: - K:2557 ;2134; 1718; 1549; 1175	Y: 402; 315 K:2557; 2134; 1718; 1549; 1175	Y:402; 315 K:255; 1718; 1549	Y:402; 315 K:2557 ;2134; 1853; 1718; 1549; 1175
OPW10	2557; 2134; 1454; 1246; 1059; 500; 315; 277	Y:- K:2134 ;1454	Y:- K:2134; 1454	Y:- K:2134 ;1454	Y:- K:2134; 1853; 1454	Y:- K:2134 ;1853; 1454	Y:- K:2134; 1853; 1454	Y:- K:2134; 1454	Y:- K:2134 ;1853; 1454
27OPN03	3214; 1640; 1124; 787; 423;	Y:- K:3214	Y:- K:3214	Y:- K:3214	Y:- K: 3214	Y:- K:3214	Y:- K: 3214	Y:- K:3214	Y:- K:3214
20OPC15	3214; 787; 479	Y:- K:-	Y:- K:3214	Y:- K:3214	Y:- K: 3214	Y:- K:3214	Y:- K: 3214	Y:- K:-	Y:- K:3214
25OPN01	1124	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-

1: Kontrol grubu, **2:** D doz quinclorac uygulama grubu, **3:** 2D doz quinclorac uygulama grubu, **4:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **5:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **6:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **7:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **8:** D doz mix uygulama grubu, **9:** 2D doz mix uygulama grubu.



Şekil 4.102. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi örneklerinin 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri kullanılarak elde edilen jel görüntüsü. **L:** Ladder, **1:** Kontrol grubu, **2:** D doz quinclorac uygulama grubu, **3:** 2D doz quinclorac uygulama grubu, **4:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **5:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **6:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **7:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **8:** D doz mix uygulama grubu, **9:** 2D doz mix uygulama grubu.

4.7.2.3. Salkım Oluşumu Dönemi RAPD DNA Polimorfizmi

Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi örneklerinin 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerlerine ait agaroz jel görüntüsü Şekil 4.103'te, kontrol grubuna göre yeni oluşan ve kaybolan baz çifti (bç) değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

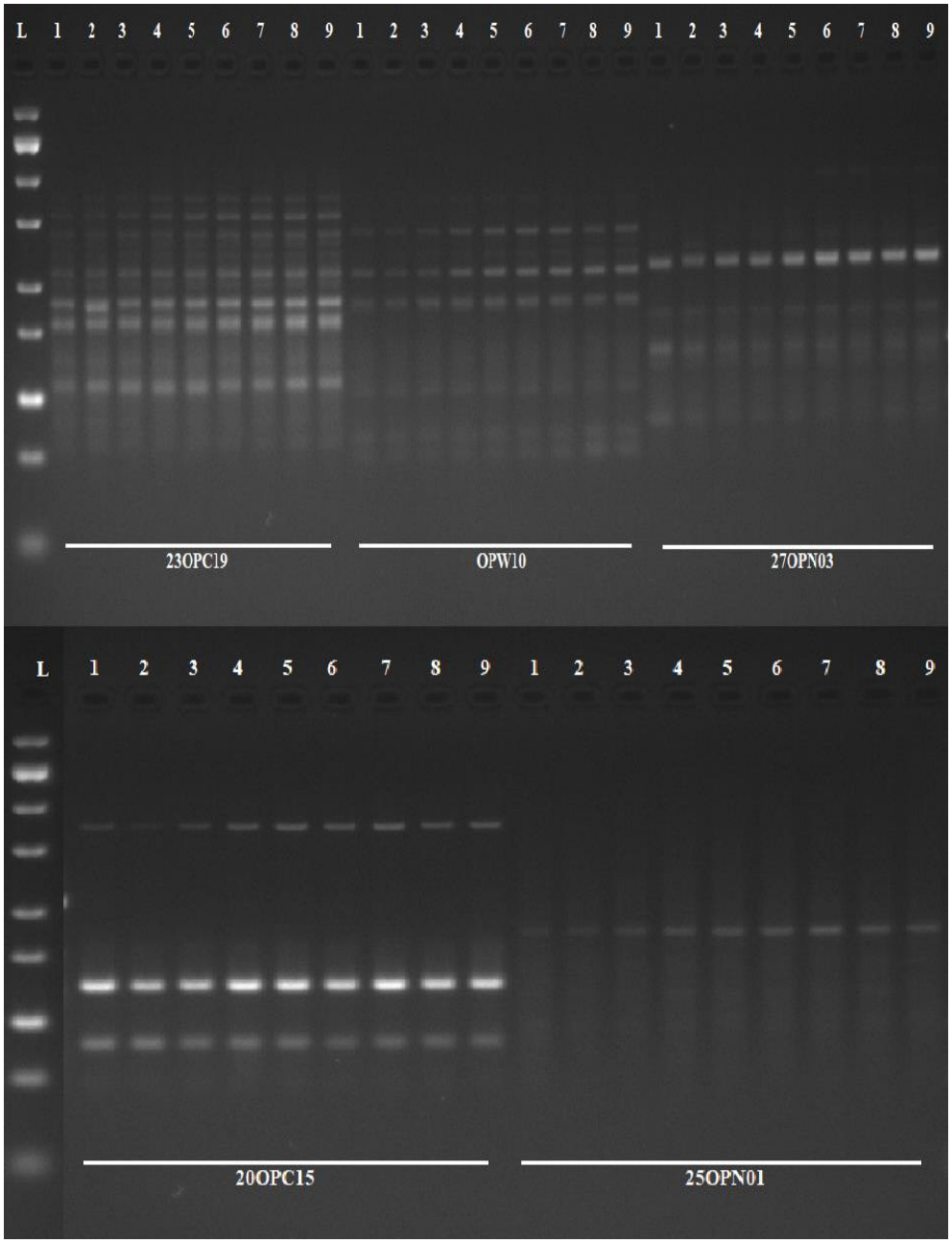
Çizelge 4.6'ya göre 23OPC19 primerinde kontrol grubunda 277-2557 bç arasında 8 tane bant tespit edilmiştir. D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplara ait sonuçlar incelendiğinde tüm gruplarda kontrole göre 1 tane bantın (2565 bç) yeni oluştuğu belirlenmiştir. OPW10 primerinde kontrol grubunda 300-1865 bç arasında 5 tane bant tespit edilmiştir. D doz herbisit sonuçları incelendiğinde, quinclorac uygulaması yapılan grupta bant değişimi gözlenmemiştir. Cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda kontrole göre 2 tane bantın (1549 ve 2565 bç), mix uygulanan grupta 1 tane bantın (1549 bç) yeni oluştuğu belirlenmiştir. 2D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde tüm gruplarda kontrole göre 2 tane bantın (1549 ve 2565 bç) yeni oluştuğu gözlenmiştir.

27OPN03 primerinde kontrol grubunda 406-1379 bç arasında 4 tane bant tespit edilmiştir. D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde, quinclorac uygulanan grupta kontrole göre 1 tane bantın (1549 bç) yeni oluştuğu, cyhalofop butyl uygulanan grupta bant değişiminin gözlenmediği, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda 3 tane bantın (1549, 1732 ve 3000 bç) yeni oluştuğu belirlenmiştir. 2D doz herbisit uygulama sonuçları incelendiğinde quinclorac uygulanan grupta kontrole göre 1 bantın (406 bç) kaybolduğu, cyhalofop butyl uygulanan grupta 2 tane bantın (1549 ve 1732 bç) yeni oluştuğu, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda 3 tane bantın (1549, 1732 ve 3000 bç) yeni oluştuğu gözlenmiştir. 20OPC15 primerinde kontrol grubunda 470-2730 bç arasında 3 tane bant tespit edilmiştir. D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplara ait sonuçlar incelendiğinde kontrole göre bant değişimi gözlenmemiştir. 25OPN01 primerinde kontrol grubunda 1080 bç büyüklüğünde 1 tane bant tespit edilmiştir. D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplara ait sonuçlar incelendiğinde kontrole göre bant değişimi gözlenmemiştir.

Çizelge 4.6. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerlerinde kontrole göre yeni oluşan (Y) ve kaybolan (K) bantlar (baz çifti).

Primer	Uygulama Grupları								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
23 OPC19	2193; 1865; 1732; 1549; 1379; 1092; 917; 733; 551	Y:2565 K:-	Y:2565 K:-	Y:2565 K:-	Y:2565 K:-	Y:2565 K:-	Y:2565 K:-	Y:2565 K:-	Y:2565 K:-
OPW10	1865; 1379; 551; 332; 300	Y:- K:-	Y:2565; 1549 K:-	Y:2565 ;1549 K:-	Y:256; 1549 K:-	Y:2565 ;1549 K:-	Y:2565; 1549 K:-	Y:1549 K:-	Y:2565 ;1549 K:-
27 OPN03	1379; 917; 733; 406	Y:1549 K:-	Y:- K:406	Y:- K:-	Y:1732; 1549 K:-	Y:3000 ;1732; 1549 K:-	Y:3000; 1732; 1549 K:-	Y:3000 ;1732; 1549 K:-	Y:3000 ;1732; 1549 K:-
20 OPC15	2730; 733; 470	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-
25 OPN01	1080	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-	Y:- K:-

1: Kontrol grubu, **2:** D doz quinclorac uygulama grubu, **3:** 2D doz quinclorac uygulama grubu, **4:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **5:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **6:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **7:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **8:** D doz mix uygulama grubu, **9:** 2D doz mix uygulama grubu.



Şekil 4.103. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi örneklerinin 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri kullanılarak elde edilen jel görüntüsü. **L:** Ladder, **1:** Kontrol grubu, **2:** D doz quinclorac uygulama grubu, **3:** 2D doz quinclorac uygulama grubu, **4:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **5:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **6:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **7:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **8:** D doz mix uygulama grubu, **9:** 2D doz mix uygulama grubu.

4.8. Genomik Kalıp Kararlılığı

Çalışmamızda DNA hasarının belirlenmesi amacı ile RAPD-PCR yöntemi ile elde edilen bant değişiklikleri kullanılarak genomik kalıp kararlılığı hesaplandı.

4.8.1. Osmancık-97 Çeşidine Ait Genomik Kalıp Kararlılığı Sonuçları

Osmancık-97 çeşidi fide dönemi genomik kalıp kararlılığına ait sonuçlar Çizelge 4.7 ve Şekil 4.104'te yer almaktadır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, D ve 2D doz quinclorac, cyhalofob butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemiştir.

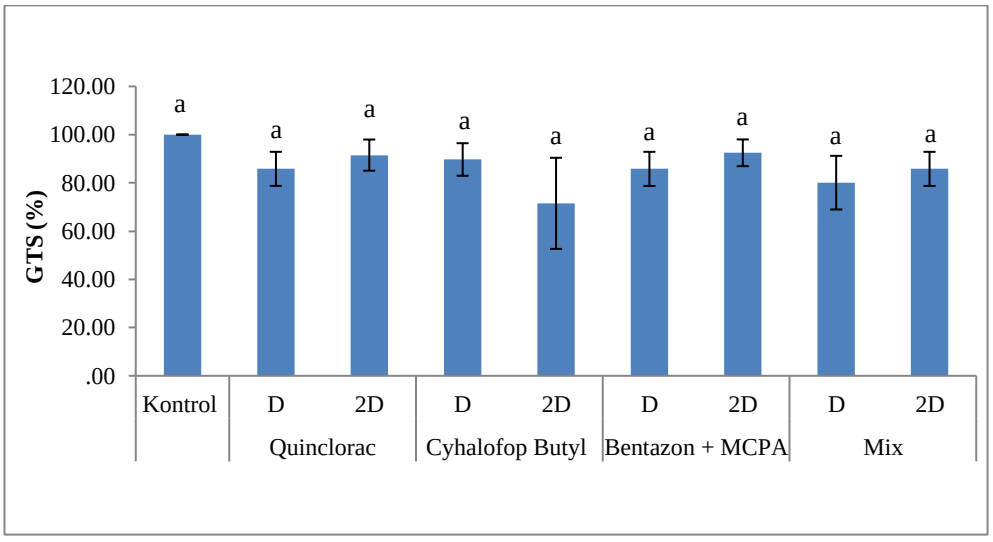
Sapa kalkma dönemi genomik kalıp kararlılığı sonuçları Çizelge 4.8 ve Şekil 4.105'te verilmiştir. Bu sonuçlara göre, D ve 2D doz bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplar ile D doz quinclorac uygulaması yapılan grupta kontrole göre anlamlı bir azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). D ve 2D doz cyhalofob butyl uygulanan gruplar ile 2D doz quinclorac uygulaması yapılan grupta genomik kalıp kararlılığı kontrole göre istatistiksel olarak anlamlı bir değişim göstermemiştir.

Salkım oluşumu dönemine ait genomik kalıp kararlılığı sonuçları Çizelge 4.9 ve Şekil 4.106'da yer almaktadır. Sonuçlar incelendiğinde, D ve 2D doz bentazon+MCPA uygulanan grup ile 2D doz quinclorac uygulanan grupta kontrole göre anlamlı bir azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). D ve 2D doz cyhalofob butyl ve mix uygulanan grup ile D doz quinclorac uygulanan grupta genomik kalıp kararlılığı kontrole göre istatistiksel olarak anlamlı bir değişim göstermemiştir.

Çizelge 4.7. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri için hesaplanan genomik kalıp kararlılığı (% GTS) değerleri.

Primer	Uygulama Grupları								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
23OPC19	100	90,90	90,90	81,81	90,90	90,90	90,90	90,90	90,90
OPW10	100	71,42	100	100	100	71,42	71,42	42,85	71,42
27OPN03	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20OPC15	100	66,66	66,66	66,66	66,66	66,66	100	66,66	66,66
25OPN01	100	100	100	100	0	100	100	100	100
% GTS	100	85,80	91,51	89,69	71,51	85,80	92,46	80,08	85,80

1: Kontrol grubu, **2:** D doz quinclorac uygulama grubu, **3:** 2D doz quinclorac uygulama grubu, **4:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **5:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **6:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **7:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **8:** D doz mix uygulama grubu, **9:** 2D doz mix uygulama grubu.

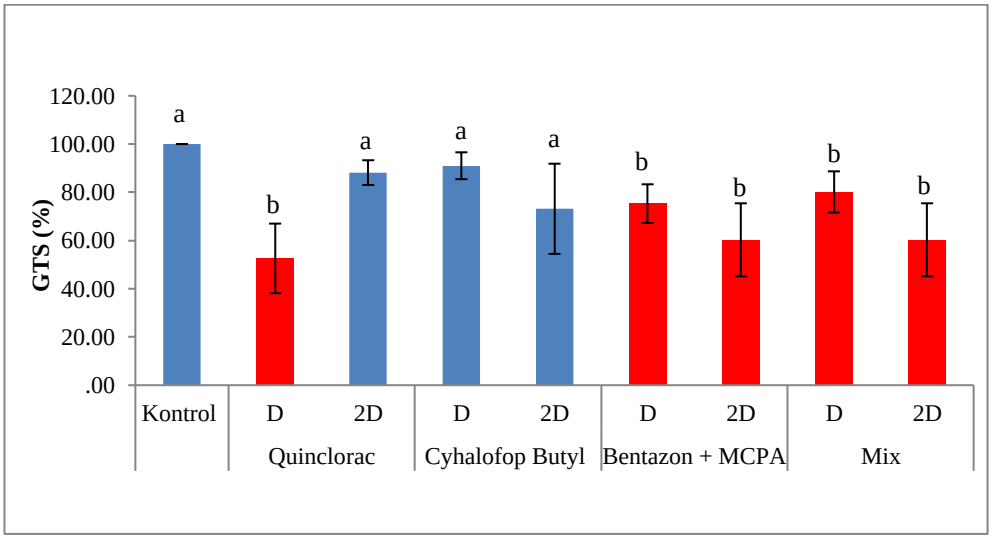


Şekil 4.104. Osmancık-97 fide dönemi genomik kalıp kararlılığı (% GTS) sonuçları. Farklı harfler kontrol ile farklı etken maddelere ait D ve 2D doz uygulamalar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Çizelge 4.8. Osmancık-97 çeşidi sapa kalkma dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri için hesaplanan genomik kalıp kararlılığı (% GTS) değerleri.

Primer	Uygulama Grupları								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
23OPC19	100	70	80	80	80	80	80	90	80
OPW10	100	42,85	85,71	100	85,71	71,42	71,42	85,71	71,42
27OPN03	100	75	75	75	100	75	75	75	75
20OPC15	100	75	100	100	100	100	75	100	75
25OPN01	100	0	100	100	0	50	0	50	0
% GTS	100	52,57	88,14	91	73,14	75,28	60,28	80,14	60,28

1: Kontrol grubu, **2:** D doz quinclorac uygulama grubu, **3:** 2D doz quinclorac uygulama grubu, **4:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **5:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **6:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **7:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **8:** D doz mix uygulama grubu, **9:** 2D doz mix uygulama grubu.

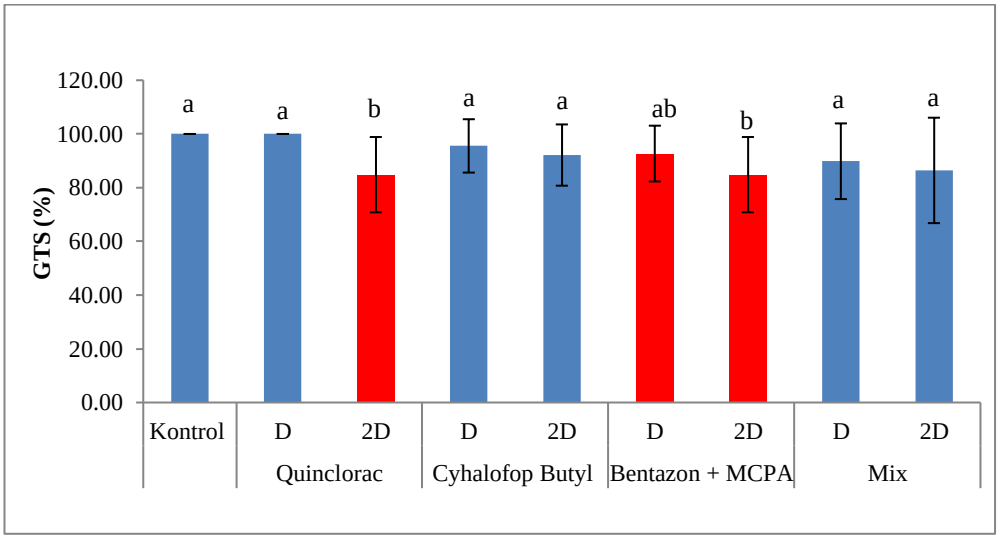


Şekil 4.105. Osmancık-97 sapa kalkma dönemi genomik kalıp kararlılığı (% GTS) sonuçları. Farklı harfler kontrol ile farklı etken maddelere ait D ve 2D doz uygulamalar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Çizelge 4.9. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri için hesaplanan genomik kalıp kararlılığı (% GTS) değerleri.

	Uygulama Grupları								
Primer	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
23OPC19	100	100	77,77	77,77	100	77,77	77,77	77,77	100
OPW10	100	100	71,42	100	85,71	85,71	71,42	71,42	57,14
27OPN03	100	100	75	100	100	100	75	100	75
20OPC15	100	100	100	100	75	100	100	100	100
25OPN01	100	100	100	100	100	100	100	100	100
% GTS	100	100	84,84	95,55	92,14	92,69	84,84	89,84	86,42

1: Kontrol grubu, **2:** D doz quinclorac uygulama grubu, **3:** 2D doz quinclorac uygulama grubu, **4:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **5:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **6:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **7:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **8:** D doz mix uygulama grubu, **9:** 2D doz mix uygulama grubu.



Şekil 4.106. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi genomik kalıp kararlılığı (% GTS) sonuçları. Farklı harfler kontrol ile farklı etken maddelere ait D ve 2D doz uygulamalar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

4.8.2. Cameo Çeşidine ait Genomik Kalıp Kararlılığı Sonuçları

Cameo çeşidi fide dönemi genomik kalıp kararlılığına ait sonuçlar Çizelge 4.10 ve Şekil 4.107'de yer almaktadır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, D ve 2D doz quinclorac, cyhalofob butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemiştir.

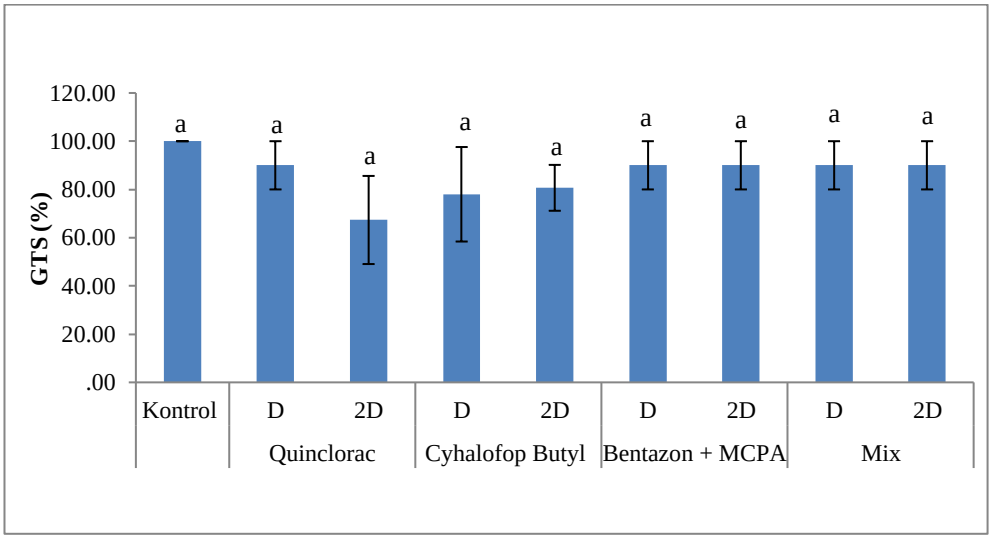
Sapa kalkma dönemi genomik kalıp kararlılığı sonuçları Çizelge 4.11 ve Şekil 4.108'de verilmiştir. Sonuçlara göre D ve 2D doz quinclorac, cyhalofob butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre istatistiksel olarak anlamlı bir azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$).

Salkım oluşumu dönemi sonuçları Çizelge 4.12 ve Şekil 4.109'da yer almaktadır. İncelenen sonuçlara göre, D ve 2D doz quinclorac, cyhalofob butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda kontrole göre istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemiştir.

Çizelge 4.10. Cameo çeşidi fide dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri için hesaplanan genomik kalıp kararlılığı (% GTS) değerleri.

	Uygulama Grupları								
Primer	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
23OPC19	100	100	70	90	70	100	100	100	100
OPW10	100	100	66,66	100	83,33	100	100	100	100
27OPN03	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20OPC15	100	100	100	100	100	100	100	100	100
25OPN01	100	50	0	0	50	50	50	50	50
% GTS	100	90	67,33	78	80,66	90	90	90	90

1: Kontrol grubu, **2:** D doz quinclorac uygulama grubu, **3:** 2D doz quinclorac uygulama grubu, **4:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **5:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **6:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **7:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **8:** D doz mix uygulama grubu, **9:** 2D doz mix uygulama grubu.

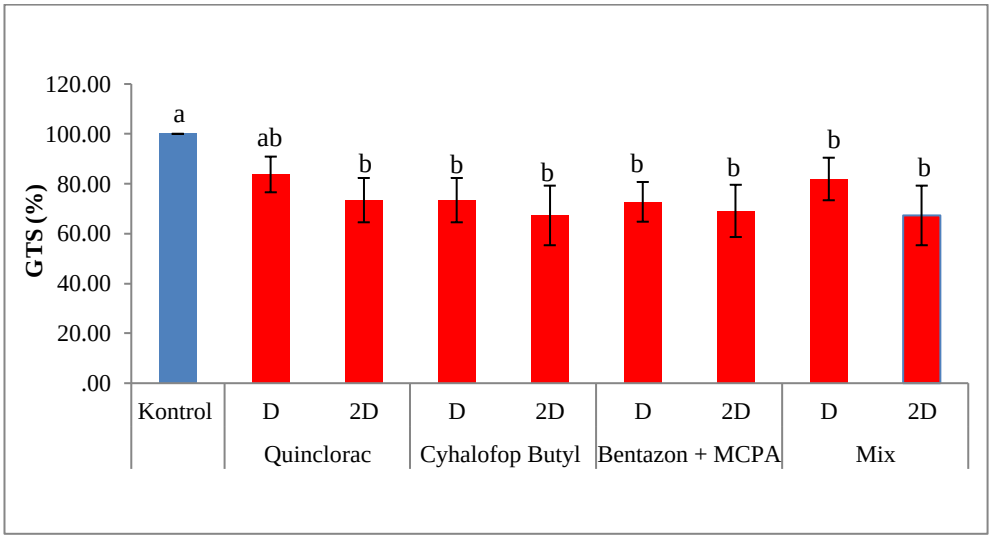


Şekil 4.107. Cameo çeşidi fide dönemi genomik kalıp kararlılığı (% GTS) sonuçları. Farklı harfler kontrol ile farklı etken maddelere ait D ve 2D doz uygulamalar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Çizelge 4.11. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri için hesaplanan genomik kalıp kararlılığı (% GTS) değerleri.

	Uygulama Grupları								
Primer	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
23OPC19	100	63,63	45,45	45,45	27,27	54,54	36,36	54,54	27,27
OPW10	100	75	75	75	62,5	62,5	62,5	75	62,5
27OPN03	100	80	80	80	80	80	80	80	80
20OPC15	100	100	66,66	66,66	66,66	66,66	66,66	100	66,66
25OPN01	100	100	100	100	100	100	100	100	100
% GTS	100	83,72	73,42	73,42	67,28	72,74	69,10	81,90	67,28

1: Kontrol grubu, **2:** D doz quinclorac uygulama grubu, **3:** 2D doz quinclorac uygulama grubu, **4:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **5:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **6:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **7:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **8:** D doz mix uygulama grubu, **9:** 2D doz mix uygulama grubu.

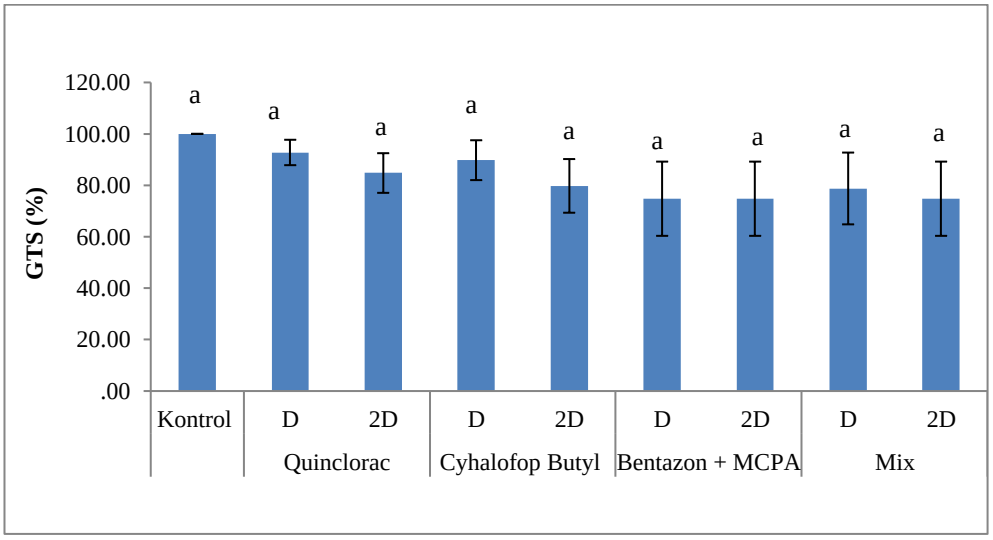


Şekil 4.108. Cameo çeşidi sapa kalkma dönemi genomik kalıp kararlılığı (% GTS) sonuçları. Farklı harfler kontrol ve herbisit uygulamaları arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir. (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

Çizelge 4.12. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi örneklerinde 23OPC19, OPW10, 27OPN03, 20OPC15 ve 25OPN01 primerleri için hesaplanan genomik kalıp kararlılığı (% GTS) değerleri.

	Uygulama Grupları								
Primer	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
23OPC19	100	88,88	88,88	88,88	88,88	88,88	88,88	88,88	88,88
OPW10	100	100	60	60	60	60	60	80	60
27OPN03	100	75	75	100	50	25	25	25	25
20OPC15	100	100	100	100	100	100	100	100	100
25OPN01	100	100	100	100	100	100	100	100	100
% GTS	100	92,77	84,77	89,77	79,77	74,77	74,77	78,77	74,77

1: Kontrol grubu, **2:** D doz quinclorac uygulama grubu, **3:** 2D doz quinclorac uygulama grubu, **4:** D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **5:** 2D doz cyhalofop butyl uygulama grubu, **6:** D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **7:** 2D doz bentazon+MCPA uygulama grubu, **8:** D doz mix uygulama grubu, **9:** 2D doz mix uygulama grubu.



Şekil 4.109. Cameo çeşidi salkım oluşumu dönemi genomik kalıp kararlılığı (% GTS) sonuçları. Farklı harfler kontrol ile farklı etken maddelere ait D ve 2D doz uygulamalar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

TARTIŞMA

Birçok kültür bitkisinde olduğu gibi çeltik üretiminde de verim ve kalite kaybına neden olan faktörlerin başında yabancı otlar gelmektedir. Yabancı otları kontrol altına almak ve sonucunda yüksek verim ve ekonomik getiri sağlamak için etkili bir mücadele yöntemi seçilmelidir. Günümüzde kimyasal mücadele yöntemi içerisinde yer alan herbisitler, kolay uygulanabilir olması, kısa sürede etkili sonuç vermesi ve ekonomik olması gibi nedenlerle yabancı ot kontrolünde sıklıkla tercih edilir hale gelmiştir. Çeltik üretimi yapılan alanlarda kullanılması amacıyla üretilmiş ve yabancı ot türleri arasında seçicilik gösteren birçok herbisit bulunmaktadır. Bu herbisitler hem tek hem de yabancı ot kontrolünü genişletmek amacıyla birden fazla herbisitin karıştırılması ile yaygın olarak kullanılmaktadır (Marchezan vd., 2017; Peng vd., 2021; Wang vd., 2022; Yazlık vd., 2020).

Herbisit kullanımında etkili sonucun elde edilmesinde, herbisit uygulamaları sırasında uygun alet ve ekipman kullanımı, uygulamadan önce kullanılacak aletlerin kalibrasyonlarının yapılması, herbisitlerin seçiminde etki mekanizmalarının dikkate alınması, üretici firmalar tarafından tavsiye edilen gelişme dönemlerinde uygulanmaları ve önerilen dozlarda kullanımı önem taşımaktadır. Aksi takdirde kontrolsüz herbisit kullanımına bağlı olarak bitkinin kendisinde ya da elde edilen üründe kalıntı oluşmakta, aşırı herbisit kullanımı nedeniyle bitki gelişimi olumsuz yönde etkilenmekte, fitotoksisite ve verim kaybı şeklinde etkiler meydana getirebilmektedir (Torun & Uygur, 2012). Tüm bu durumlar göz önünde bulundurularak bizim çalışmamızda, ülkemizde çeltik tarım alanlarında yabancı ot mücadelesinde yaygın olarak kullanılan quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA etken maddelerini içeren üç farklı herbisit çeşidinin ve bu herbisit çeşitlerinin karıştırılması sonucunda elde edilen mixin, tarımsal kullanım (D doz) ve

tarımsal kullanımın iki katı (2D doz) uygulamaları sonucunda Osmancık-97 ve Cameo çeltik çeşitleri üzerindeki olası etkileri araştırılmıştır. Fide, büyüme ve olgunlaşma aşamasında elde edilen morfolojik, fizyolojik ve genetik bulgular kullanılarak herbisit uygulamalarının çeltik çeşitlerinin gelişimi ve üretimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Herbisit uygulamalarından etkilenen bitkilerin en belirgin semptomu, büyümenin engellenmesidir (Jiang vd., 2016; Song vd., 2007; Yin vd., 2008; Zhang vd., 2014). Çalışmamız süresince farklı dönemlerde alınan bitki örneklerine ait boy uzunluk sonuçları incelendiğinde her iki çeltik çeşidinde de farklılıklar tespit edilmiştir. Osmancık-97 çeşidine ait kontrol grubu boy uzunluklarının Cameo çeşidinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu farklılık çeşitler arasındaki genetik farklılıktan kaynaklanmaktadır. Osmancık-97 çeşidine ait boy uzunlukları incelendiğinde, örnek alınan tüm aşamalarda kontrol grubuna kıyasla azalma tespit edilmiştir. Boy uzunluğu üzerindeki en belirgin etki mix uygulamaları sonucunda elde edilmiştir. Cameo çeşidinde boy uzunluğu değişimi herbisit çeşidine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Genel olarak 2D doz herbisit uygulanan gruplarda boy uzunlukları azalmıştır. Daha önce farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda herbisitlerin çeltik çeşitlerinin morfolojik yapıları üzerine etkileri araştırılmış ve kullanılan çeltik ve herbisit çeşidi, uygulama dozu ve zamanına bağlı olarak etkilerinin değişiklik gösterdiği kanıtlanmıştır. Wang vd. (2016)'nin farklı quinclorac konsantrasyonlarının XS134 ve ZJ88 çeltik çeşitlerinin yaprak alanı ve kök uzunluğu üzerine etkisini araştırdığı çalışmasında, quinclorac konsantrasyonu arttıkça her iki çeltik çeşidinde de yaprak alanı ve kök uzunluğunun azaldığını tespit etmiştir. Agostinetto vd. (2016) imazapic+imazapyr, quinclorac, bentazon, cyhalofop-butyl, penoxsulan, bispyribac-sodium ve carfentrazone-ethyl herbisitlerinin çeltik bitkisinin boy uzunluğu üzerine etkilerini çalışmışlardır. Araştırmacılar herbisit uygulamasından 5 gün sonra inceledikleri örneklerde boy uzunluklarının kontrol grubuna kıyasla azaltığını ve carfentrazone-ethyl uygulanan gruba ait boy uzunluğunun diğer uygulamalara göre daha düşük olduğunu bildirmiştir. Petter vd. (2013) penoxsulam, bispyribac-sodium, pyrazosulfuron-ethyl herbisitlerinin BRS Pepita ve BRS Monarca çeltik çeşitlerinin boy uzunluğu üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada kullanılan herbisitler çıkıştan sonra 15, 30 ve 45 gün sonra olmak üzere 3 kez uygulanmıştır. Herbir herbisit uygulamasından sonra 7., 14. ve 28.

günlerde bitki örnekleri alınarak ölçüm yapılmıştır. Çalışma sonucunda herbisit uygulanan çeltik çeşitlerinin boy uzunluklarında kontrol grubuna kıyasla azalma gözlendiği bildirilmiştir. Farklı bir çalışmada *Oryza sativa* L. cv. Xu3 çeltik çeşidine 0,1-0,8 mg/L aralığında fluroxypyr herbisiti uygulanmış ve uygulama dozlarının bitki üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda fluroxypyr uygulamalarının çeltik bitkilerinde büyümeyi önemli ölçüde engellediği, hem sürgünlerin hem de köklerin uzamasında doza bağlı olarak azalışa yol açtığı bildirilmiştir. Ayrıca sürgünlerin köklerden daha fazla etkilendiği de belirtilmiştir (Wu vd., 2010).

Yapraklarda fotosentetik pigment miktarı değişimi bitkinin direnci ve çevre kalitesinin önemli bir göstergesidir (Carter & Spiering, 2002). Stres faktörleri fotosentetik pigment miktarını etkilemektedir (Wang vd., 2014; Zhang vd., 2020). Çalışmamızda farklı gelişim dönemlerinde alınan yaprak örnekleri kullanılarak yapılan analizlerden sonra total klorofil, klorofil a, klorofil b ve karotenoid miktarları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre her iki çeltik çeşidine ait fotosentetik pigment miktarlarında kontrol gruplarına kıyasla değişim gözlenmiştir. Fide döneminde, Osmancık-97 çeşidine ait D ve 2D doz herbisit uygulanan tüm gruplarda total klorofil miktarı azalmıştır. Cameo çeşidinde D doz quinclorac, cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda artış, 2D doz uygulanan gruplarda ise azalış tespit edilmiştir. D ve 2D doz bentazon+MCPA uygulanan grupların total klorofil miktarlarının doz artışına bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir. Sapa kalkma dönemi total klorofil sonuçları incelendiğinde, Osmancık-97 çeşidinde genel olarak azalış gözlenmiştir. Cameo çeşidinde D ve 2D doz quinclorac uygulanan gruplarda total klorofil miktarı azalmış, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda ise artmıştır. Salkım oluşumu dönemi sonuçlarına göre Osmancık-97 çeşidinde herbisit uygulanan tüm gruplarda azalış gözlenirken, bu döneme ait Cameo çeşidi total klorofil sonuçlarında genel olarak artış olduğu tespit edilmiştir.

Fide dönemi klorofil a sonuçlarına göre, Osmancık-97 çeşidinde herbisit uygulanan tüm gruplarda azalma gözlenmiştir. Bu döneme ait Cameo çeşidi klorofil a sonuçları incelendiğinde 2D doz cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda azalma tespit edilmiştir. Sapa kalkma döneminde Osmancık-97 çeşidi klorofil a miktarları, D ve 2D doz quinclorac uygulanan gruplarda artmıştır. Cameo çeşidine 2D doz quinclorac uygulanan grupta azalış, D doz cyhalofop butyl ile D ve 2D doz mix

uygulanan gruplarda artış gözlenmiştir. Salkım oluşumu dönemi sonuçlarına göre, Osmancık-97 çeşidinde D doz mix uygulanan grupta artış belirlenmiştir. Cameo çeşidinde D ve 2D doz quinclorac ile D doz bentazon+MCPA uygulanan grupta artış, 2D doz bentazon+MCPA uygulanan grupta ise azalış tespit edilmiştir.

Osmancık-97 çeşidine ait fide dönemi klorofil b miktarları tüm herbisit uygulamalarında genel olarak azalış göstermiştir. Cameo çeşidinde quinclorac, cyhalofop butyl ve mixin D doz uygulandığı gruplarda klorofil b miktarları artmış, 2D doz uygulandığı gruplarda ise azalmıştır. Bentazon+MCPA uygulanan gruplarda doz artışına bağlı olarak azalma tespit edilmiştir. Sapa kalkma dönemi sonuçlarına göre, Osmancık-97 çeşidinde herbisit uygulanan tüm gruplarda klorofil b miktarı azalmıştır. Cameo çeşidinde D ve 2D doz quinclorac uygulanan gruplarda azalış, D doz cyhalofop butyl ile D ve 2D doz bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda ise artış olduğu belirlenmiştir. Salkım oluşumu dönemi sonuçlarına göre, Osmancık-97 çeşidinde tüm herbisit uygulamalarında azalma gözlenmiştir. Cameo çeşidinde klorofil b miktarları genel olarak bir artmıştır.

Herbisitlerin fotosentetik pigment miktarı üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalardan birinde Langaro vd. (2016) tarafından ımazapic+imazapyr, quinclorac, bentazon, cyhalofop-butyl, penoxsulan, bispyribac-sodium ve carfentrazone-ethyl herbisit çeşitlerinin Puitá INTA-CL çeltik çeşidinin klorofil a, klorofil b, total klorofil ve karotenoid miktarları üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda imazapic+imazapyr, quinclorac, bentazon, cyhalofop-butyl uyulanan grupların klorofil a, klorofil b, total klorofil ve karotenoid miktarlarında kontrol grubuna kıyasla artış, penoxsulan, bispyribac-sodium ve carfentrazone-ethyl uygulanan gruplarda ise azalış tespit edilmiştir. Wu vd. (2010)'nin *Oryza sativa* L. cv. Xu3 çeltik çeşidine artan dozlarda (0,1-0,8 mg/L) fluroxypyr herbisitini uyguladığı çalışmasında, 6 günlük uygulama sonunda klorofil miktarlarının herbisit doz artışına bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir. Araştırıcılar en düşük klorofil miktarının 0,8 mg/L fluroxypyr uygulanan gruba ait oluduğunu ve kontrole kıyasla klorofil miktarının % 58 oranında azaldığını bildirmiştir. Benzer bir çalışmada quinclorac doz artışlarının XS 134 ve ZJ 88 çeltik çeşitlerinin total klorofil miktarı üzerine etkisi araştırılmış ve çalışma sonucunda araştırıcılar, kontrol gruplarına kıyasla hem XS 134 hem de ZJ 88 çeltik çeşitlerinde quinclorac toksisitesi

altında total klorofil miktarlarında azalış tespit etmiştir (Wang vd., 2016). Marchezan vd. (2017) imazethapyr+imazapic ve imazapyr+imazapic herbisit uygulamaları sonucunda çeltik bitkisinde karotenoid ve total klorofil miktarlarının azalış gösterdiğini bildirmiştir. Bizim çalışmamızda her iki çeltik çeşidine ait total klorofil, klorofil a ve klorofil b miktarlarında gözlenen değişimler bu çalışmalarla paralelik göstermektedir.

Karotenoidler antioksidan sistemin enzimatik olmayan bileşenleri içerisinde yer almakta ve stres koşulları altındaki bitkilerde hem singlet oksijen hem de triplet klorofil oluşumunu engelleyerek klorofil pigmentleri de dahil çeşitli hücresel yapıların korunmasını sağlamaktadır (Trebst, 2003). Çalışmamızda Osmancık-97 çeşidi fide dönemi karotenoid miktarı değişimleri incelendiğinde 2D doz cyhalofop butyl uygulanan grup hariç herbisit uygulanan tüm gruplarda kontrol grubuna kıyasla azalış gözlenmiştir. Cameo çeşidinde 2D doz cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplar ile D ve 2D doz bentazon+MCPA uygulanan gruplarda azalış, D doz mix uygulanan grupta ise artış tespit edilmiştir. Sapa kalkma dönemine ait sonuçlara göre, Osmancık-97 çeşidinde genel olarak artış gözlenmiştir. Ancak bu değişimler anlamlı bulunmamıştır. Bu döneme ait Cameo çeşidi sonuçları incelendiğinde, 2D doz quinclorac uygulanan grupta azalma, D doz cyhalofop butyl, D ve 2D doz bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda ise artma tespit edilmiştir. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi sonuçlarına göre, D doz cyhalofop butyl ile 2D doz bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda azalış, D doz bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda ise artış gözlenmiştir. Cameo çeşidinde D ve 2D doz quinclorac ve cyhalofop butyl uygulanan gruplarda karotenoid miktarı artmış, 2D doz bentazon+MCPA uygulanan grupta ise azalmıştır. Daha önce yapılan bir çalışmada Akbulut (2019), farklı konsantrasyonlardaki pendimethalin uygulamalarının aspir çeşitlerinin (Dinçer ve Remzibey) total klorofil ve karotenoid miktarları üzerine etkisini araştırmış, herbisit uygulamalarının ardından 24. 48. ve 72. saatlerde aldığı yaprak örneklerini incelediğinde hem Dinçer hem de Remzibey aspir çeşitlerinde kontrol gruplarına kıyasla total klorofil ve karotenoid miktarlarının azalış gösterdiğini tespit etmiştir. Farklı bir çalışmada fenoksaprop-p-etil'e maruz kalan buğday bitkilerinde (*Triticum aestivum* L.) artan herbisit konsantrasyonuna paralel olarak karotenoid miktarının da arttığı rapor edilmiştir (Akbulut vd., 2018). Kaya & Doganlar (2016), imazapic herbisitine maruz bırakılan hem jasmonik asitle ön işlem görmüş hem de işlem görmemiş tütün bitkilerinde karotenoid içeriğinin arttığını bildirmiştir. Quizalofop-p-

ethyl herbisitinin *Lemna minör* ve *Lemna gibba*'nın fotosentetik pigment miktarı üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, 31,375, 62,75, 125 ve 250 mg/L dozlarında quizalofop-p-ethyl uygulanmış, 24 ve 96 saat sonra örnekler alınarak fotosentetik pigmet miktarları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, her iki bitkinin klorofil a/b oranlarında genel olarak azalma gözlendiği bildirilmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında *Lemna gibba*' daki karotenoid miktarı uygulamadan 24 ve 96 sonra artan herbisit konsantrasyonuna bağlı olarak azalış göstermiştir. *Lemna minor*'daki karotenoid miktarının ise 125 ve 250 mg/l herbisit uygulanan gruplarda 24 saat sonra yapılan incelemelerde artış gösterdiği bildirilmiştir (Doğanlar, 2012).

MDA, lipid peroksidasyonunun son ürünlerinden biridir ve stres altındaki bitkilerde hücresel hasarın genel bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Gill & Tuteja, 2010; Posmyk vd., 2009). Çalışmamızda fide döneminde elde edilen MDA sonuçlarına göre, Osmancık-97 çeşidinde D doz cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda, Cameo çeşidinde D doz bentazon+MCPA ile D ve 2D doz mix uygulanan gruplarda kontrol gruplarına kıyasla azalış tespit edilmiştir. Sapa kalkma dönemi sonuçları incelendiğinde, Osmancık-97 çeşidinde D ve 2D doz cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda MDA miktarları azalmış, Cameo çeşidinde herbisit uygulanan tüm gruplarda artış gözlenmiştir. Salkım oluşumu dönemi sonuçlarına göre Osmancık-97 çeşidine D ve 2D doz herbisit uygulanan tüm gruplarda MDA miktarı artmıştır. Bu döneme ait Cameo çeşidi MDA sonuçları incelendiğinde, 2D doz quinclorac ve D doz cyhalofop butyl uygulanan gruplarda artış, diğer herbisit uygulamalarında ise azalış tespit edilmiştir. MDA miktarlarındaki artış, bitki biyomembranlarında oksidatif stres kaynaklı lipit peroksidasyonunun arttığını göstermektedir (Wang vd., 2015). Daha önce yapılan bir araştırmada Oliva CL ayçiçeği çeşidine farklı konsantrasyonlarda quizalofop-p-ethyl (0,3-3,1 mM) uygulanarak MDA miktarı üzerine etkisi belirlenmiştir. Quizalofop-p-ethyl uygulamalarından sonra 1., 5., 10., ve 15. günde alınan örnekler incelendiğinde MDA miktarlarında artış olduğu bildirilmiştir (Bayram vd., 2015). Nohatto vd. (2016)'nin IRGA 424 çeltik çeşidine bentazon, penoxsulam ve cyhalofop-butyl herbisit çeşitlerini uyguladığı çalışmasında, herbisit uygulamasından 12, 24, 48 ve 96 saat sonra alınan örneklerde MDA miktarlarının kontrol grubuna kıyasla arttığı rapor edilmiştir. Wang vd. (2016) farklı çeltik çeşitlerine (Xiushui 134 ve Zhejing 88) artan konsantrasyonlarda quinclorac uygulaması sonucunda, MDA miktarının quinclorac stresi

altında her iki çeltik çeşidinin kök ve yapraklarında önemli ölçüde arttığını bildirmiştir. Akbulut ve Yiğit (2010), *Zea mays* L. cv. Martha F1'nin yapraklarına 27-226 µM arası konsantrasyonlarda atrazin uygulamış, artan atrazin konsantrasyonuna bağlı olarak uygulamadan sonra 1. ve 5. günlerde alınan örneklerde MDA miktarının arttığını gözlemlemiştir. Artan gün sayısına bağlı olarak MDA miktarındaki değişiminin 10. günde kontrol grubuna göre daha yüksek, 5. güne göre ise daha düşük olduğu belirlenmiştir. 15. günde MDA içeriğinin hem kontrol grubuna hem de tüm uygulama gruplarına göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda mısırda atrazin toksisitesi nedeniyle sitotoksisite belirtisi olarak MDA içeriğinin azaldığı sonucuna varılmış ve herbisitin mısırda oksidatif strese yol açtığı rapor edilmiştir.

Bitkilerde herbisitlerin etkilediği mekanizmalardan biri de protein sentezidir. Çözünür protein içeriğinin bitkilerin fizyolojik durumunun önemli bir göstergesi olduğu bilinmektedir (Doğanlar & Atmaca, 2011; Piotrowska vd., 2010; Zhou vd., 2020). Çalışmamızda hem Osmancık-97 hem de Cameo çeltik çeşitlerinde farklı etken maddelere sahip hebisitlerin D ve 2D doz olarak uygulanması sonucunda total protein miktarlarında kontrol grubuna kıyasla farklılıklar gözlenmiştir. Fide dönemine ait sonuçlara göre Osmancık-97 çeşidine D ve 2D doz herbisit uygulanan tüm gruplarda total protein miktarı artış göstermiştir. Cameo çeşidinde 2D doz cyhalofop butyl uygulanan grupta artış, diğer herbisit uygulamalarında ise azalış tespit edilmiştir. Sapa kalkma dönemi total protein sonuçlarına göre, Osmancık-97 çeşidine D doz quinclorac, cyhalofop butyl, mix uygulanan gruplarda artış, 2D doz uygulama yapılan gruplarda ise azalış gözlenmiştir. D doz bentazon+MCPA uygulanan grupta total protein miktarı azalmış, 2D dozda uygulamada ise artmıştır. Cameo çeşidinde herbisit uygulanan tüm gruplarda kontrole kıyasla azalma gözlenmiştir. Salkım oluşumu dönemi sonuçları incelendiğinde, Osmancık-97 çeşidine D doz quinclorac ve cyhalofop butyl uygulanan gruplarda azalış, 2D doz uygulama yapılan gruplarda ise artış belirlenmiştir. D doz bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda total protein miktarı artmış, 2D dozda uygulamada ise azalmıştır. Cameo çeşidinde herbisit uygulanan tüm gruplarda kontrole kıyasla azalış tespit edilmiştir. Cameo çeşidinde genel olarak tüm dönemlerde belirlenen toplam protein miktarı azalışlarının oksidatif hasar nedeniyle protein bozulmasına bağlı olabileceği düşünülmektedir (Mishra et al. 2007). Osmancık-97 çeşidinde belirlenen artışlar ise muhtemelen antioksidan metabolizmasında yer alan enzimler gibi spesifik stresle ilgili

proteinlerin artışından kaynaklanmaktadır (Lei et al. 2007). Daha önce yapılan çalışmalarda herbisit stresi altındaki bitkilerde total protein içeriğinin değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Farklı konsantrasyonlarda (250 µL/L, 500 µL/ L, 750 µL/L) butachlor uygulamalarının duyarlı (ZJ 88) ve dirençli (XS 134) çeltik çeşitlerinin total protein miktarları üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, butachlor stresi altındaki her iki çeltik çeşidine ait yaprak ve kök örneklerinde toplam protein miktarlarının kontrol grubuna kıyasla azaldığı rapor edilmiştir (Islam vd., 2017). Başka bir çalışmada ımazapic+imazapyr, quinclorac, bentazon, cyhalofop-butyl, penoxsulan, bispyribac-sodium ve carfentrazone-ethyl herbisit çeşitlerinin Puitá INTA-CL çeltik çeşidinin total protein miktarı üzerine etkileri araştırılmış, 24 ve 120 saat sonra alınan yaprak örneklerine ait total protein miktarları incelendiğinde herbisit uygulanan tüm gruplarda kontrol grubuna kıyasla azalış gözlenmiştir. Hem 24 hem de 120 saat sonra toplanan yaprak örneklerinde en düşük protein miktarının carfentrazone-ethyl uygulanan bitkilerde olduğu tespit edilmiştir (Langaro vd., 2016). Atrazin (50, 500, ve 1000 ppm) uygulamalarının *Zea mays* L. cv. Azam mısır çeşidinin total protein miktarı üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmada ise, 1000 ppm atrazin uygulanan bitkilerde total protein miktarının önemli ölçüde azaldığı, 50 ve 500 ppm uygulama yapılan bitkilerde ise kontrol grubuna kıyasla arttığı belirlenmiştir (Bibi vd., 2019).

Bitkilerin, herbisitlerin olumsuz etkileriyle baş edebilmek için geliştirdiği stratejilerden biri antioksidan savunma sistemidir. Bu sistem içerisinde yer alan enzim seviyesindeki değişimler bitkilerin herbisit toleransını belirlemektedir (Hasanuzzaman vd., 2020; Zhang vd., 2014; Zhang vd., 2020). Antioksidan savunma sisteminde rol oynayan enzimlerin gen ifadelerinin herbisit uygulamasına bağlı olarak değiştiği önceki çalışmalarla ortaya konulmuştur. 250 µL/L, 500 µL/ L ve 750 µL/L butachlor uygulamalarının duyarlı (ZJ 88) ve dirençli (XS 134) çeltik çeşitlerinin antioksidan gen ifade düzeyleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, butachlor stresi altındaki her iki çeltik çeşidine ait yaprak ve kök örneklerinde CuZn-SOD, Mn-SOD ve CAT gen ifade seviyelerinde kontrol grubuna kıyasla artış tespit edilmiştir (Islam vd., 2017). Agostinetto vd. (2019)'nin, IRGA 424 çeltik çeşidine penoxsulam, cyhalofop-butyl ve bentazon uygulamalarından 12, 24, 48 ve 96 saat sonra oksidatif stres genlerinin nispi ifadesini belirlediği çalışmalarında, OsCAT ve OsMnSOD1 genlerinin incelenen tüm zamanlarda artış gösterdiği, OsGST3 gen ifade düzeylerinin ise tüm herbisitler için 12 ve 96 saat

sonra alınan örneklerde arttığı bildirilmiştir. Çalışmada bentazon, penoxsulam ve cyhalofop-butyl uygulamasından sonra antioksidan sistem gen ekspresyonu genel olarak artmıştır. Arda vd. (2020) farklı konsantrasyonlarda (0,82, 1,64 ve 2,45 mM) imazamox herbisitinin duyarlı (SN:8) ve dirençli (SN:9) ayçiçeği çeşitleri üzerine etkilerini araştırdığı çalışmasında, SN:8 bitkilerine ait CAT ve GST gen ifade düzeylerinde tüm gruplarda kontrol grubuna kıyasla artış gözlemlemiştir. SOD gen ifade düzeyi için yapılan incelemelerde, 0,82 mM uygulama grubu hariç tüm gruplarda azalma olduğunu tespit edilmiştir. SN:9 bitkilerinde SOD ve CAT gen ifade düzeyleri kontrol grubuna kıyasla herbisit uygulanan tüm gruplarda artış göstermiştir. GST gen ifade düzeyleri, 2,45 mM uygulama grubu dışındaki gruplarda artmıştır. Her iki ayçiçeği çeşidine ait gen ifade düzeyi sonuçları karşılaştırıldığında SN:8 çeşidine ait CAT ve GST gen ifade düzeylerinin SN:9 çeşidinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. SOD gen ifade düzeylerinin ise genellikle SN:9 bitkilerinde daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda herbisite duyarlı ayçiçeği çeşidine ait antioksidan enzimlerin gen ekspresyon seviyelerinin dirençli çeşide kıyasla genellikle daha yüksek olduğu ve duyarlı bitkilerin herbisit stresinden daha fazla etkilendiği bildirilmiştir.

Çalışmamızda herbisit çeşitlerinin ve farklı doz uygulamalarının Osmancık-97 ve Cameo çeltik çeşitleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla CuZn-SOD, Mn-SOD, CAT, GPX ve GST olmak üzere farklı antioksidan enzimlerin gen ekpresyon seviyeleri incelenmiştir. SOD bitki hücrelerinde ROS'a karşı geliştirilen antioksidan savunma mekanizmasının ilk bileşenidir. Farklı stres koşulları altında gerçekleştirilen çalışmalarda SOD aktivitesinde artış meydana geldiği gözlenmiştir. Bu artışların biyotik ve abiyotik strese bağlı oluşan oksidatif stresle başa çıkmada ve bitkilerin stres koşulları altında canlılığını sürdürmesine katkı sağlamada önemli rolleri olduğu düşünülmektedir. (Akbulut, 2019; Gill vd., 2015; Radwan vd., 2019; Wang vd., 2016). Ayrıca SOD enzimi kodlayan genlerin ifade seviyelerinin incelendiği çalışmalarda ise farklı stres koşulları ve bitki türlerine bağlı olarak gen ifadesinin değişiklik gösterdiği bu ifade değişikliklerinin stres savunmasında rolü olduğu bildirilmiştir (Aravind & Prasad, 2003; Aydin vd., 2012). Çalışmamızda Osmancık-97 çeşidi fide dönemi CuZn-SOD gen ifade düzeyi değişimleri incelendiğinde, D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda kontrol grubuna kıyasla azalış, 2D doz bentazon+MCPA uygulanan grupta ise artış gözlenmiştir. Cameo çeşidinde D ve 2D doz quinclorac ve mix uygulanan gruplarda

azalma tespit edilmiştir. Sapa kalkma dönemi Osmancık-97 çeşidi CuZn-SOD gen ifade düzeylerine göre, D ve 2D doz bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda azalış gözlenirken, bu döneme ait Cameo çeşidi CuZn-SOD gen ifade düzeyleri D ve 2D doz quinclorac ve cyhalofop butyl ile 2D doz bentazon+MCPA uygulanan gruplarda artmıştır. Salkım oluşumu döneminde, Osmancık-97 çeşidine D ve 2D doz cyhalofop butyl ve 2D doz bentazon+MCPA uygulanan gruplarda, Cameo çeşidine D ve 2D doz cyhalofop butyl ve 2D doz mix uygulanan gruplarda artış belirlenmiştir.

Mn-SOD gen ifade düzeylerine ait fide dönemi sonuçları incelendiğinde, Osmancık-97 çeşidine D doz cyhalofop butyl uygulanan grupta kontrol grubuna kıyasla artış, diğer uygulamalarda ise azalış tespit edilmiştir. Cameo çeşidinde herbisit uygulanan tüm gruplarda artış gözlenmiştir. Sapa kalkma dönemi sonuçlarına göre, Osmancık-97 çeşidine D ve 2D doz quinclorac uygulanan gruplarda, Cameo çeşidinde 2D doz quinclorac ve bentazon+MCPA uygulanan gruplar ile D doz mix uygulanan grupta Mn-SOD gen ifade düzeyleri artmıştır. Salkım oluşumu döneminde, Osmancık-97 çeşidine 2D doz quinclorac ve D ve 2D doz cyhalofop butyl uygulanan gruplarda artış gözlenmiştir. Cameo çeşidinde herbisit uygulanan tüm gruplarda Mn-SOD gen ifade düzeyleri azalmıştır.

CAT, stres koşulları altında oluşan H_2O_2'in H_2O ve O_2'ya dönüşümünü sağlayarak hücreleri strese karşı korumada görevli önemli bir enzimatik antioksidandır (Azpilicueta vd., 2007; Langaro vd., 2016; Radwan vd., 2019). CAT enzimini kodlayan genlerin stres koşulları altındaki değişimlerinin incelendiği çalışmalarda, bu enzimi kodlayan genlerin stresle ilişkili olarak ifade düzeylerinin arttığı bildirilmiştir (Aravind & Prasad, 2003; Matsumura vd., 2002; Mittova vd., 2003). Yapılan çalışma sonucunda Osmancık-97 çeşidi fide dönemi CAT gen ifade düzeyleri 2D doz quinclorac ve mix uygulanan gruplarda artış, D doz cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda azalış göstermiştir. Cameo çeşidinde D ve 2D doz bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda artış tespit edilmiştir. Sapa kalkma dönemi sonuçlarına göre, Osmancık-97 çeşidine D doz quinclorac ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda CAT gen ifade düzeyleri azalmıştır. Cameo çeşidinde herbisit uygulanan tüm gruplarda kontrol grubuna kıyasla artış belirlenmiştir. Salkım oluşumu dönemi Osmancık-97 çeşidi CAT gen ifade düzeyi değişimleri anlamlı bulunmamıştır. Bu döneme ait Cameo çeşidi sonuçlarına göre

D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda doz artışına bağlı olarak artış tespit edilmiştir.

Stres altındaki bitkilerde GPX'in koruyucu rolü daha önce yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır (Choudhury vd., 2013; Dixit vd., 2001; Luo vd., 2011). Çalışmamızda Osmancık-97 çeşidi fide dönemi GPX gen ifade düzeyleri D ve 2D doz quinclorac uygulanan gruplarda doz artışına bağlı olarak artmıştır. Bunun dışında D doz bentazon+MCPA ve 2D doz cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda da artış olduğu gözlenmiştir. Cameo çeşidi GPX gen ifade düzeyi sonuçlarına göre quinclorac uygulanan gruplarda azalış tespit edilmiştir. Sapa kalkma döneminde Osmancık-97 çeşidine ait GPX gen ifade düzeyleri herbisit uygulanan tüm gruplarda azalış, Cameo çeşidinde artış göstermiştir. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu sonuçlarına göre, D doz quinclorac ve mix uygulanan grup ile 2D doz cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan gruplarda GPX gen ifade düzeyleri artmıştır. Cameo çeşidinde D ve 2D doz quinclorac uygulanan gruplarda artış, mix uygulanan gruplarda azalış tespit edilmiştir.

GST, herbisit detoksifikasyonunda rol oynayan önemli bir enzimdir. Literatürde herbisite maruz kalan bitkilerde GST aktivitesinin arttığını bildiren çalışmalar bulunmaktadır (Jiang & Yang, 2009; Kaya & Yigit, 2014; Sun vd., 2017; Wang vd., 2018). Artan GST aktivitesi, bu enzimin herbisit detoksifikasyonu ve oksidatif stres metabolizmasındaki rolü ile açıklanabilir. Çalışmamızda Osmancık-97 çeşidi fide dönemi GST gen ifade düzeyleri incelendiğinde kontrol grubuna kıyasla D ve 2D doz quinclorac uygulanan gruplarda doz artışına bağlı olarak artış gözlenmiştir. Ayrıca D doz bentazon+MCPA ve 2D doz cyhalofop butyl ve mix uygulanan gruplarda da artış olduğu tespit edilmiştir. Cameo çeşidine D ve 2D doz cyhalofop butyl ve bentazon+MCPA uygulanan grup ile D doz mix uygulanan grupta GST gen ifade düzeyi artmıştır. Sapa kalkma dönemi için yapılan incelemelerde, Osmancık-97 çeşidine D ve 2D doz quinclorac ile mix uygulanan grupların GST gen ifade düzeylerinde azalış gözlenirken, Cameo çeşidinde herbisit uygulanan tüm gruplarda artış tespit edilmiştir. Salkım oluşumu dönemi sonuçlarına göre, Osmancık-97 çeşidine 2D doz quinclorac ve cyhalofop butyl uygulanan gruplarda, Cameo çeşidine ise D ve 2D doz quinclorac ve cyhalofop butyl uygulanan gruplarda GST gen ifade düzeylerinde artış belirlenmiştir.

Bitkilerin normal gelişim evrelerinde hücre büyümesi ve canlılığının devamı için kritik öneme sahip olan HSP'ler stres altındaki bitkilerde antioksidan savunmada rol oynamakta ve hücresel redoks durumunu yeniden düzenleyerek stres toleransını arttırmaktadır (Altunoğlu, 2016; Pazmino vd., 2011; ul Haq vd., 2019). Yapılan çalışmalarda birçok stres faktörünün, bitkilerde HPS üretimini arttırdığı bildirilmiştir. HSP'lerin artan ekspresyon seviyesi, katlanmamış, yanlış katlanmış proteinleri onarmak veya bozmak için etkili hücre koruyucu mekanizmaların meydana geldiğini göstermektedir (Al-Whaibi, 2011; Rana vd., 2016; ul Haq vd., 2019). Normal protein konformasyonunu ve bu şekilde hücresel homeostazı yeniden kurarak stres sırasında bitkileri korumada önemli bir rol oynamaktadır (Asthir, 2015; Wang vd., 2004). Çalışmamızda sırasıyla HSP26, HSP60, HSP70 ve HSP90 olmak üzere dört farklı HSP gen ifadesi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre hem Osmancık-97 hem de Cameo çeşitlerine farklı herbisitlerin farklı doz uygulanmaları sonucunda kotrol gruplarına kıyasla anlamlı değişiklikler gözlenmiştir. Fide dönemi sonuçlarına göre, Osmancık-97 çeşidi HSP26 gen ifade düzeyleri D ve 2D doz quinclorac ile 2D doz cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda artış belirlenmiştir. Cameo çeşidinde kontrol grubuna kıyasla anlamlı bir değişime rastlanmamıştır. Sapa kalkma döneminde Osmancık-97 ve Cameo çeşitlerine ait HSP26 gen ifade düzeyleri herbisit uygulanan tüm gruplarda azalış göstermiştir. Salkım oluşumu dönemi sonuçları incelendiğinde Osmancık-97 çeşidine D ve 2D doz quinclorac ile D doz cyhalofop butyl uygulanan gruplarda azalış, 2D doz cyhalofop butyl uygulanan grupta artış tespit edilmiştir. Cameo çeşidinde D doz mix uygulanan grupta azalış, 2D doz mix uygulanan grupta artış belirlenmiştir. Osmancık-97 çeşidi fide dönemi HSP60 gen ifade düzeyleri kontrol grubuna kıyasla herbisit uygulanan tüm gruplarda azalmıştır. Cameo çeşidinde 2D doz quinclorac ve cyhalofop butyl uygulanan gruplarda artış gözlenmiştir. Sapa kalkma dönemi için yapılan incelemeler sonucunda Osmancık-97 çeşidine ait HSP60 gen ifade düzeyleri quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA ve mix uygulanan gruplarda azalmıştır. Cameo çeşidinde kontrol grubuna kıyasla tüm gruplarda artış belirlenmiştir. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi sonuçlarına göre D ve 2D doz quinclorac uygulanan gruplarda artış tespit edilmiştir. Cameo çeşidinde 2D doz cyhalofop butyl uygulanan grupta artış gözlenmiştir.

HSP70 ve HSP90'ın, yanlış katlanmış proteinlerin birincil sensörleri olarak hareket ettiği bildirilmiştir (Kalmar & Greensmith, 2009). Diğer tüm HSP grupları arasında HSP70, toksik tepkiler için bir biyogösterge olarak kabul edilmektedir (Landi vd., 2019). Imazamox herbisitinin duyarlı (SN:8) ve dirençli (SN:9) ayçiçeği çeşitleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmada, HSP26, HSP60 ve HSP70 gen ifade düzeyindeki değişimler incelenmiş, çalışma sonucunda HSP26 ve HSP60 gen ifadelerinde SN:8 ve SN:9 bitkilerinde kontrol ile karşılaştırıldığında genel olarak artış tespit edilmiştir. SN:9 bitkilerinde HSP70 gen ifade düzeyleri kontrole göre tüm uygulama gruplarında artarken, SN:8 bitkilerinde 2,45 mM uygulama grubu dışındaki tüm gruplarda azalmıştır. SN:8 ve SN:9 bitkilerinin HSP gen ifade düzeyleri karşılaştırıldığında, herbisitlere dirençli olan SN:9 bitkilerinde HSP gen ifade düzeylerinin genel olarak daha yüksek olduğu belirlenmiştir. SN:9 bitkilerindeki yüksek HPS gen ifadelerinin, bu bitkinin stres toleransına katkıda bulunabileceği bildirilmiştir. (Arda vd., 2020). Çalışmamızda Osmancık-97 fide dönemi HSP70 gen ifade düzeyleri kontrol grubuna kıyasla herbisit uygulanan tüm gruplarda azalmıştır. Cameo çeşidinde kontrol grubuna kıyasla anlamlı bir değişime rastlanmamıştır. Sapa kalkma döneminde Osmancık-97 çeşidi HSP70 gen ifade düzeylerindeki değişimler anlamlı bulunmazken, Cameo çeşidinde kontrol grubuna kıyasla tüm gruplarda artış tespit edilmiştir. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi sonuçlarına göre tüm gruplarda artış belirlenmiştir. Cameo çeşidine D ve 2D doz cyhalofop butyl uygulanan gruplarda doz artışına bağlı olarak artış gözlenmiştir. Fide dönemine ait HSP90 gen ifade düzeyi değişimleri incelendiğinde, 2D doz bentazon+MCPA uygulanan grup hariç tüm gruplarda azalma tespit edilmiştir. Cameo çeşidine D ve 2D doz quinclorac, cyhalofop butyl uygulanan grup ile 2D doz mix uygulanan grubun HSP90 gen ifade düzeylerinde azalma gözlenmiştir. Sapa kalkma döneminde Osmancık-97 çeşidine D ve 2D doz cyhalofop butyl uygulanan gruplar ile D doz quinclorac ve mix uygulanan gruplarda HSP90 gen ifade düzeyleri azalmıştır. Cameo çeşidine D ve 2D doz quinclorac, D doz bentazon+MCPA ve 2D doz cyhalofop butyl uygulanan gruplarda artış, D cyhalofop butyl grupta azalış tespit edilmiştir. Osmancık-97 çeşidi salkım oluşumu dönemi sonuçlarına göre D ve 2D doz cyhalofop butyl uygulanan gruplarda artış gözlenirken, bu döneme ait Cameo çeşidi HSP90 gen ifade düzeyi değişimleri anlamlı bulunmamıştır.

Çalışmamızın bir diğer amacı herbisit uygulamalarının Osmancık-97 ve Cameo DNA'ları üzerindeki etkilerinin belirlenmesidir. Bu amaçla RAPD analizi kullanılarak herbisitlerin çeltik DNA'ları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çeltik yaprak örneklerinden elde edilen genomik DNA'lardaki modifikasyonlar, RAPD bant profilleri kullanılarak tespit edilmiştir (Ariza & Williams, 1999; Atienzar & Jha, 2004; Liu vd., 2007). Elde edilen fide dönemi sonuçlarına göre, Osmancık-97 çeşidi örneklerine ait en yüksek bant değişimi D doz mix uygulanan grupta (5 kaybolan bant, 1 yeni oluşan bant), Cameo çeşidinde ise 2D doz quinclorac uygulanan grupta gözlenmiştir (7 kaybolan bant). Sapa kalkma dönemine ait sonuçlar incelendiğinde, Osmancık-97 çeşidinde en yüksek bant değişimi D doz quinclorac uygulanan grupta (11 kaybolan bant), Cameo çeşidinde 2D doz cyhalofop butyl (11 kaybolan bant, 2 yeni oluşan bant) ve mix (11 kaybolan bant, 2 yeni oluşan bant) uygulanan gruplarda tespit edilmiştir. Osmancık-97 çeşidine ait salkım oluşumu dönemi örneklerinde en yüksek bant değişimi 2D doz quinclorac (3 kaybolan bant, 2 yeni oluşan bant) ve bentazon+MCPA (2 yeni oluşan bant, 3 kaybolan bant) uygulmasında belirlenmiş, Cameo çeşidinde en yüksek bant değişiminin D ve 2D doz bentazon+MCPA ile 2D doz mix uygulanan gruplarda belirlenmiştir (6 yeni oluşan bant). Herbisit uygulanan grupların RAPD profillerinde genel olarak tüm dönemlerde kayıp bant sayısı yeni oluşan bant sayısından daha fazla bulunmuştur. Yeni bantların ortaya çıkmasının herbisit toksisitesinin neden olduğu DNA hasarına bağlı olabileceği düşünülmektedir (Liu vd., 2005). Normal bantların kaybolmasının ise, genotoksinlerin neden olduğu DNA hasarı, nokta mutasyonları ve/veya kompleks kromozomal yeniden düzenlemeler gibi olaylarla ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Atienzar vd., 2002; Cenkci vd., 2009; De Wolf vd., 2004; Nardemir vd., 2015; Özkan & Aksoy, 2019).

RAPD bant profillerindeki değişikliklerin belirlenmesinde bir gösterge olarak kullanılan GTS, toksik bir faktörün etkisi altında hızlı yanıt verir, dokulardaki DNA onarım ve replikasyon mekanizmalarının bir sonucudur (Liu vd., 2005). Çalışmamızda Osmancık-97 ve Cameo çeltik çeşitlerinin fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu dönemlerinde elde edilen total DNA'larının % GTS değerleri çalışmada kullanılan beş primerdeki ortalama bant değişiklikleri ile hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre fide döneminde, Osmancık-97 ve Cameo çeltik çeşitlerinin % GTS değerleri kontrol gruplarına kıyasla azalma göstermiştir. Osmancık-97 çeşidi için en düşük % GTS değeri 2D doz cyhalofop butyl uygulamasında, Cameo çeşidi için ise 2D doz quinclorac

uygulamasında hesaplanmıştır. Sapa kalkma dönemi için yapılan hesaplamalar sonucunda, Osmancık-97 ve Cameo çeşitlerine ait % GTS değerlerinin kontrol gruplarına kıyasla tüm herbisit uygulamalarında azaldığı tespit edilmiştir. Osmancık-97 çeşidine ait en düşük % GTS değeri D doz quinclorac uygulamasında, Cameo çeşidinde ise 2D doz cyhalofop butyl ve mix uygulamalarında belirlenmiştir. Salkım oluşumu döneminde, Osmancık-97 çeşidi % GTS değerleri D doz quinclorac uygulaması dışındaki herbisit uygulamalarında kontrole kıyasla azalış göstermiştir. En düşük % GTS değerleri 2D doz quinclorac ve bentazon+MCPA uygulamalarında hesaplanmıştır. Cameo çeşidinde tüm herbisit uygulamaları sonucunda kontrol grubuna kıyasla % GTS değeri azalış gösterirken, en düşük % GTS değerleri D ve 2D doz bentazon+MCPA ile 2D doz mix uygulamasında hesaplanmıştır.

Sonuç olarak elde ettiğimiz bulgular ile quinclorac, cyhalofop butyl, bentazon+MCPA etken maddelerini içeren herbisitlerin ve bu herbisitlerin karışım şeklindeki uygulamalarının çalışmamızda kullandığımız çeltik çeşitleri üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Morfolojik bulgulara göre D (tarımsal kullanım) ve 2D (tarımsal kullanımın iki katı) doz herbisit kullanımı sonucunda her iki çeltik çeşidine ait boy uzunluklarında genel olarak azalış tespit edilmiştir. Fakat herbisitlerin çeltik çeşitleri üzerindeki toksik etkilerini belirlemek için bu parametrenin tek başına kullanımının yeterli olmayacağı kanısına varılmıştır. Fotosentetik pigment, total protein ve MDA miktarlarındaki değişimlerin ise her iki çeltik çeşidinde de herbisit kaynaklı fizyolojik tepkileri izlemek için kullanılabilir parametreler olduğu belirlenmiştir. Antioksidan enzim ve HSP gen ifade düzeylerindeki değişim ve RAPD bant profillerindeki farklılıkların belirlenmesi için yapılan analizler herbisitlerin çeltik çeşitleri üzerinde oluşturduğu genotoksik etkinin belirlemesini sağlamıştır. Bu çalışmada kullandığımız parametrelerden elde ettiğimiz bulgular, üretim sırasında bilinçsiz şekilde aşırı doz herbisit kullanımı ve birden fazla herbisitin karıştırılarak kullanımının çeltik bitkisinin gelişimini olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir. Bu durumun önlenmesi ve çeltik üretim alanlarında yabancı ot gelişimin azalmasına yardımcı olması açısından çeltik üreticilerinin polikültür tarım uygulamlarını tercih etmeleri önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Abdallah, I., Fischer, A. J., Elmore, C. L., Saltveit, M. E., & Zaki, M. (2006). Mechanism of resistance to quinclorac in smooth crabgrass (*Digitaria ischaemum*). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, *84*(1), 38-48.

Agostinetto, D., Benemann, D. P., Cechin, J., Nohatto, M. A., Langaro, A. C., Piasecki, C., & Vargas, L. (2019). Gene expression related to oxidative stress induced by herbicides in rice. *Agronomy journal*, *111*(3), 1239-1246.

Agostinetto, D., Perboni, L., Langaro, A., Gomes, J., Fraga, D., & Franco, J. (2016). Changes in photosynthesis and oxidative stress in wheat plants submmited to herbicides application. *Planta Daninha*, *34*, 01-09.

Akbulut, G. B. (2019). Pendimethalin stresine maruz kalan aspir (*Carthamus tinctorius* L.)'de oluşan bazı biyokimyasal değişiklikler. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, *23*(1), 90-98.

Akbulut, G. B., & Yigit, E. (2010). The changes in some biochemical parameters in *Zea mays* cv."Martha F1" treated with atrazine. *Ecotoxicology and environmental safety*, *73*(6), 1429-1432.

Akbulut, G. B., Yigit, E., Kaya, A., & Aktas, A. (2018). Effects of salicylic acid and organic selenium on wheat (*Triticum aestivum* L.) exposed to fenoxaprop-p-ethyl. *Ecotoxicology and environmental safety*, *148*, 901-909.

Akobundu, I., Sweet, R., & Duke, W. (1975). A method of evaluating herbicide combinations and determining herbicide synergism. *Weed Science*, *23*(1), 20-25.

Al-Whaibi, M. H. (2011). Plant heat-shock proteins: a mini review. *Journal of King Saud University-Science*, *23*(2), 139-150.

Ali, L., Jo, H., Choi, S. M., Kim, Y., Song, J. T., & Lee, J.-D. (2022). Comparison of Hyperspectral Imagery and Physiological Characteristics of Bentazone-Tolerant and-Susceptible Soybean Cultivars. *Agronomy*, *12*(10), 2241.

Ali, L., Jo, H., Song, J. T., & Lee, J.-D. (2020). The prospect of bentazone-tolerant soybean for conventional cultivation. *Agronomy*, *10*(11), 1650.

Altop , E. K., & Mennan, H. (2022). ALS ve ACCase İnhibitörü Herbisitlere Dayanıklı *Echinochloa oryzoides* (Ard) Fritsch'in Kültürel Yöntemler Esas Alınarak Entegre Mücadelesi. *Turkish Journal of Weed Science*, *25*(2), 85-97.

Altunoğlu, Y. Ç. (2016). Determination and characterization of Hsp70 genes from heat shock protein family in Eucalyptus genome. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, *16*(2).

Antoniou, C., Savvides, A., Christou, A., & Fotopoulos, V. (2016). Unravelling chemical priming machinery in plants: the role of reactive oxygen–nitrogen–sulfur species in abiotic stress tolerance enhancement. *Current opinion in plant biology*, *33*, 101-107.

Apel, K., & Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu. Rev. Plant Biol.*, *55*, 373-399.

Aravind, P., & Prasad, M. N. V. (2003). Zinc alleviates cadmium-induced oxidative stress in *Ceratophyllum demersum* L.: a free floating freshwater macrophyte. *Plant physiology and biochemistry*, *41*(4), 391-397.

Arda, H., Kaya, A., & Alyuruk, G. (2020). Physiological and genetic effects of imazamox treatment on imidazolinone-sensitive and resistant sunflower hybrids. *Water, Air, & Soil Pollution*, *231*(3), 118.

Ariza, M. E., & Williams, M. V. (1999). Lead and mercury mutagenesis: type of mutation dependent upon metal concentration. *Journal of biochemical and molecular toxicology*, *13*(2), 107-112.

Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. *Plant Physiology*, *24*(1), 1.

Arslan, S., & Çiçekgil, Z. (2018). Türkiye'de tarım ilacı kullanım durumu ve kullanım öngörüsü. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, *4*(1), 1-12.

Aslankoç, R., Demirci, D., Ümmahan, İ., Yıldız, M., Öztürk, A., Çetin, M., Savran, E. Ş., & Yılmaz, B. (2019). Oksidatif stres durumunda antioksidan enzimlerin rolü-Süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve glutatyon peroksidaz (GPX). *SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, *26*(3), 362-369.

Asthir, B. (2015). Mechanisms of heat tolerance in crop plants. *Biologia plantarum*, *59*, 620-628.

Atienzar, F. A., & Jha, A. N. (2004). The random amplified polymorphic DNA (RAPD) assay to determine DNA alterations, repair and transgenerational effects in B (a) P exposed *Daphnia magna*. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, *552*(1-2), 125-140.

Atienzar, F. A., Venier, P., Jha, A. N., & Depledge, M. H. (2002). Evaluation of the random amplified polymorphic DNA (RAPD) assay for the detection of DNA damage and mutations. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, *521*(1-2), 151-163.

Avery, S. V. (2011). Molecular targets of oxidative stress. *Biochemical Journal*, *434*(2), 201-210.

Aydin, S. S., Gokce, E., & Aras, S. (2012). Relationships among lipid peroxidation, enzyme activity and gene expression profiles of superoxide dismutase in *Lycopersicum esculentum* L. exposed to cold stress. *Abstracts/Journal of Biotechnology 161S*, *19*, 48.

Ayyıldız, M. (2022). Türkiye'de kimyasal pestisit kullanımının ekonomi ve çevre yönüyle değerlendirmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, *10*(2), 267-274.

Azpilicueta, C. E., Benavides, M. P., Tomaro, M. L., & Gallego, S. M. (2007). Mechanism of CATA3 induction by cadmium in sunflower leaves. *Plant physiology and biochemistry*, *45*(8), 589-595.

Bandumula, N. (2018). Rice production in Asia: Key to global food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, *88*, 1323-1328.

Bartoli, C. G., Gómez, F., Martínez, D. E., & Guiamet, J. J. (2004). Mitochondria are the main target for oxidative damage in leaves of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Experimental Botany*, *55*(403), 1663-1669.

Bast, A., Haenen, G. R., & Doelman, C. J. (1991). Oxidants and antioxidants: state of the art. *The American journal of medicine*, *91*(3), S2-S13.

Bayram, D. D., Yigit, E., & Akbulut, G. B. (2015). The effects of salicylic acid on *Helianthus annuus* L. exposed to quizalofop-p-ethyl. *American Journal of Plant Sciences*, *6*(14), 2412.

Bayramoğlu, Z. (2010). Tarımsal Verimlilik Ve Önemi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, *24*(3), 52-61.

Bibi, S., Khan, S., Taimur, N., Daud, M. K., & Azizullah, A. (2019). Responses of morphological, physiological, and biochemical characteristics of maize (*Zea mays* L.) seedlings to atrazine stress. *Environmental monitoring and assessment*, *191*, 1-14.

Blokhina, O., & Fagerstedt, K. V. (2010). Reactive oxygen species and nitric oxide in plant mitochondria: origin and redundant regulatory systems. *Physiologia Plantarum*, *138*(4), 447-462.

Blouin, D. C., Webster, E. P., & Bond, J. A. (2010). On a method of analysis for synergistic and antagonistic joint-action effects with fenoxaprop mixtures in rice (*Oryza sativa*). *Weed Technology*, *24*(4), 583-589.

Boston, R. S., Viitanen, P. V., & Vierling, E. (1996). Molecular chaperones and protein folding in plants. *Post-transcriptional control of gene expression in plants*, 191-222.

Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantitites of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochem*istry, 72, 248–254.

Britt, A. B. (1999). Molecular genetics of DNA repair in higher plants. *Trends in plant science*, *4*(1), 20-25.

Buchner, J. (1999). Hsp90 & Co.–a holding for folding. *Trends in biochemical sciences*, *24*(4), 136-141.

Bukau, B., & Horwich, A. L. (1998). The Hsp70 and Hsp60 chaperone machines. *Cell*, *92*(3), 351-366.

Büyük, İ., Aydın, S. S., & Sümer, A. (2012). Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, *69*(2), 97-110.

Cao, F., Liu, X., Wang, C., Zheng, M., Li, X., & Qiu, L. (2016). Acute and short-term developmental toxicity of cyhalofop-butyl to zebrafish (*Danio rerio*). *Environmental Science and Pollution Research*, *23*, 10080-10089.

Carlson, T. P., Webster, E. P., Salassi, M. E., Hensley, J. B., & Blouin, D. C. (2011). Imazethapyr plus propanil programs in imidazolinone-resistant rice. *Weed Technology*, *25*(2), 204-211.

Carter, G. A., & Spiering, B. A. (2002). Optical properties of intact leaves for estimating chlorophyll concentration. *Journal of environmental quality*, *31*(5), 1424-1432.

Catalá, A. (2006). An overview of lipid peroxidation with emphasis in outer segments of photoreceptors and the chemiluminescence assay. *The international journal of biochemistry & cell biology*, *38*(9), 1482-1495.

Caverzan, A., Piasecki, C., Chavarria, G., Stewart Jr, C. N., & Vargas, L. (2019). Defenses against ROS in crops and weeds: The effects of interference and herbicides. *International journal of molecular sciences*, *20*(5), 1086.

Cenkci, S., Yıldız, M., Ciğerci, İ. H., Konuk, M., & Bozdağ, A. (2009). Toxic chemicals-induced genotoxicity detected by random amplified polymorphic DNA (RAPD) in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings. *Chemosphere*, *76*(7), 900-906.

Choudhary, A., Kumar, A., & Kaur, N. (2020). ROS and oxidative burst: Roots in plant development. *Plant Diversity*, *42*(1), 33-43.

Choudhury, F. K., Rivero, R. M., Blumwald, E., & Mittler, R. (2017). Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. *The Plant Journal*, *90*(5), 856-867.

Choudhury, S., Panda, P., Sahoo, L., & Panda, S. K. (2013). Reactive oxygen species signaling in plants under abiotic stress. *Plant signaling & behavior*, *8*(4), e23681.

Cooke, M. S., Evans, M. D., Dizdaroglu, M., & Lunec, J. (2003). Oxidative DNA damage: mechanisms, mutation, and disease. *The FASEB Journal*, *17*(10), 1195-1214.

Çaylak, E. (2011). Hayvan ve bitkilerde oksidatif stres ile antioksidanlar. *Tıp Araştırmaları Dergisi*, *9*(1), 73-83.

Çelik, H., & Emeksiz, F. (2019). Türkiye'de Pirinç Üretimi, Tüketimi ve Pazarlaması. *Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi.*

Çulha, Ş., & Çakırlar, H. (2011). Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *11*(2), 11-34.

Damalas, C. A., Dhima, K. V., & Eleftherohorinos, I. G. (2008). Bispyribac–Sodium Efficacy on Early Watergrass (*Echinochloa oryzoides*) and Late Watergrass (*Echinochloa Phyllopogon*) as Affected by Coapplication of Selected Rice Herbicides and Insecticides. *Weed Technology*, *22*(4), 622-627.

Damar, İ. (2006). *Edirne ili çeltik üretim alanlarında bulunan yabancı ot türleri ve yoğunluklarının belirlenmesi* Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne].

Das, K., & Roychoudhury, A. (2014). Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. *Frontiers in environmental science*, *2*, 53.

de Sousa, C. P., de Farias, M. E., Schock, A. A., & Bacarin, M. A. (2014). Photosynthesis of soybean under the action of a photosystem II-inhibiting herbicide. *Acta Physiologiae Plantarum*, *36*, 3051-3062.

De Wolf, H., Blust, R., & Backeljau, T. (2004). The use of RAPD in ecotoxicology. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, *566*(3), 249-262.

Del Rio, D., Stewart, A. J., & Pellegrini, N. (2005). A review of recent studies on malondialdehyde as toxic molecule and biological marker of oxidative stress. *Nutrition, metabolism and cardiovascular diseases*, *15*(4), 316-328.

Demidchik, V. (2010). Reactive oxygen species, oxidative stress and plant ion channels. *Ion channels and plant stress responses*, 207-232.

Demidchik, V. (2015). Mechanisms of oxidative stress in plants: from classical chemistry to cell biology. *Environmental and Experimental Botany*, *109*, 212-228.

Demidchik, V., Shabala, S. N., Coutts, K. B., Tester, M. A., & Davies, J. M. (2003). Free oxygen radicals regulate plasma membrane Ca2+-and K+-permeable channels in plant root cells. *Journal of cell science*, *116*(1), 81-88.

Demir, O., Özsoy, E., Kızılırmaklı, A., Çıngay, B., Çetindaş, B., & Cabi, E. (2022). Türkiye'nin Tarımsal Yabancı Ot Florası: Tahıllar. *Herbarium Turcicum*(2), 63-79.

Demirkan, H. (2013). Determination of weeds in rice region of Edirne-Uzunköprü and Researches on chemical control of those weeds. *The Journal of Turkish Phytopathology*, *42*(1-2-3), 1-12.

Dengiz, O., & Özyazıcı, M. A. (2018). Çeltik tarımına uygun alanların belirlenmesinde çok kriterli arazi değerlendirme. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, *6*(1), 19-28.

Dixit, V., Pandey, V., & Shyam, R. (2001). Differential antioxidative responses to cadmium in roots and leaves of pea (*Pisum sativum* L. cv. Azad). *Journal of Experimental Botany*, *52*(358), 1101-1109.

Dogara M., & Jumare, A. I. (2014). Origin, distribution and heading date in cultivated rice. *International Journal of Plant Biology & Research*.

Doğanlar, Z. B. (2012). Quizalofop-p-ethyl-induced phytotoxicity and genotoxicity in *Lemna minor* and *Lemna gibba*. *Journal of Environmental Science and Health, Part A, 47*(11), 1631-1643.

Doğanlar, Z. B., & Atmaca, M. (2011). Influence of airborne pollution on Cd, Zn, Pb, Cu, and Al accumulation and physiological parameters of plant leaves in Antakya (Turkey). *Water, Air, & Soil Pollution*, *214*, 509-523.

Doğru, A. (2020). Bitkilerde Aktif Oksijen Türleri ve Oksidatif Stres. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, *3*(2), 205-226.

Doğru, A., & Canavar, S. (2020). Bitkilerde tuz toleransının fizyolojik ve biyokimyasal bileşenleri. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, *8*(1), 155-174.

Eising, R., Trelease, R. N., & Ni, W. (1990). Biogenesis of catalase in glyoxysomes and leaf-type peroxisomes of sunflower cotyledons. *Archives of biochemistry and biophysics*, *278*(1), 258-264.

Eryılmaz, G. A., & Kılıç, O. (2018). Türkiye'de sürdürülebilir tarım ve iyi tarım uygulamaları. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, *21*(4), 624-631.

Fahad, S., Adnan, M., Noor, M., Arif, M., Alam, M., Khan, I. A., Ullah, H., Wahid, F., Mian, I. A., & Jamal, Y. (2019). Major constraints for global rice production. In *Advances in rice research for abiotic stress tolerance* (pp. 1-22). Elsevier.

Fang, Y., Lu, H., Chen, S., Zhu, K., Song, H., & Qian, H. (2015). Leaf proteome analysis provides insights into the molecular mechanisms of bentazon detoxification in rice. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, *125*, 45-52.

Fargašová, A. (1994). Comparative study of plant growth hormone (herbicide) toxicity in various biological subjects. *Ecotoxicology and environmental safety*, *29*(3), 359-364.

Farmer, E. E., & Mueller, M. J. (2013). ROS-mediated lipid peroxidation and RES-activated signaling. *Annual review of plant biology*, *64*, 429-450.

Feng, X., Yu, J., Pan, L., Song, G., & Zhang, H. (2016). Dissipation and residues of Dichlorprop-P and Bentazone in wheat-field ecosystem. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *13*(6), 534.

Filiz, E. (2012). *Oryza rufipogon* Griff. Mitokondri Genomunun (mtDNA) In silico SSR Analizi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *2012*(1).

Fipke, M. V., & Vidal, R. A. (2016). Integrative theory of the mode of action of quinclorac: Literature review. *Planta Daninha*, *34*, 393-402.

Fish, J. C., Webster, E. P., Blouin, D. C., & Bond, J. A. (2016). Imazamox plus propanil mixtures for grass weed management in imidazolinone-resistant rice. *Weed Technology*, *30*(1), 29-35.

Frova, C. (2003). The plant glutathione transferase gene family: genomic structure, functions, expression and evolution. *Physiologia Plantarum*, *119*(4), 469-479.

Frydman, J. (2001). Folding of newly translated proteins in vivo: the role of molecular chaperones. *Annual review of biochemistry*, *70*(1), 603-647.

Fukagawa, N. K., & Ziska, L. H. (2019). Rice: Importance for global nutrition. *Journal of nutritional science and vitaminology*, *65*(Supplement), S2-S3.

Galvez Valdivieso, G., & Mullineaux, P. M. (2010). The role of reactive oxygen species in signalling from chloroplasts to the nucleus. *Physiologia Plantarum*, *138*(4), 430-439.

Garg, N., & Manchanda, G. (2009). ROS generation in plants: boon or bane? *Plant Biosystems*, *143*(1), 81-96.

Gianinetti, A., Cantoni, M., Lorenzoni, C., Salamini, F., & Marocco, A. (1993). Altered levels of antioxidant enzymes associated with two mutations in tomato. *Physiologia Plantarum*, *89*(1), 157-164.

Gill, S. S., Anjum, N. A., Gill, R., Yadav, S., Hasanuzzaman, M., Fujita, M., Mishra, P., Sabat, S. C., & Tuteja, N. (2015). Superoxide dismutase—mentor of abiotic stress tolerance in crop plants. *Environmental Science and Pollution Research*, *22*, 10375-10394.

Gill, S. S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant physiology and biochemistry*, *48*(12), 909-930.

Grossmann, K. (1998). Quinclorac belongs to a new class of highly selective auxin herbicides. *Weed Science*, *46*(6), 707-716.

Grossmann, K. (2010). Auxin herbicides: current status of mechanism and mode of action. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, *66*(2), 113-120.

Grossmann, K., & Kwiatkowski, J. (1993). Selective induction of ethylene and cyanide biosynthesis appears to be involved in the selectivity of the herbicide quinclorac between rice and barnyardgrass. *Journal of plant physiology*, *142*(4), 457-466.

Gullner, G., Komives, T., Király, L., & Schröder, P. (2018). Glutathione S-transferase enzymes in plant-pathogen interactions. *Frontiers in plant science*, *9*, 1836.

Gupta, R. S. (1995). Phylogenetic analysis of the 90 kD heat shock family of protein sequences and an examination of the relationship among animals, plants, and fungi species. *Molecular biology and evolution*, *12*(6), 1063-1073.

Halliwell, B. (1999). Antioxidant defence mechanisms: from the beginning to the end (of the beginning). *Free radical research*, *31*(4), 261-272.

Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. (2015). *Free radicals in biology and medicine*. Oxford university press, USA.

Han, X.-L., Mei, P., Liu, Y., Xiao, Q., Jiang, F.-L., & Li, R. (2009). Binding interaction of quinclorac with bovine serum albumin: a biophysical study. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *74*(3), 781-787.

Hao, H., Naomoto, Y., Bao, X., Watanabe, N., Sakurama, K., Noma, K., Motoki, T., Tomono, Y., Fukazawa, T., & Shirakawa, Y. (2010). HSP90 and its inhibitors. *Oncology reports*, *23*(6), 1483-1492.

Hartl, F. U. (1996). Molecular chaperones in cellular protein folding. *Nature*, *381*(6583), 571-580.

Hartl, F. U., Bracher, A., & Hayer-Hartl, M. (2011). Molecular chaperones in protein folding and proteostasis. *Nature*, *475*(7356), 324-332.

Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. B., Parvin, K., Bhuiyan, T. F., Anee, T. I., Nahar, K., Hossen, M. S., Zulfiqar, F., Alam, M. M., & Fujita, M. (2020). Regulation of ROS metabolism in plants under environmental stress: a review of recent experimental evidence. *International journal of molecular sciences*, *21*(22), 8695.

Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. B., Zulfiqar, F., Raza, A., Mohsin, S. M., Mahmud, J. A., Fujita, M., & Fotopoulos, V. (2020). Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: Revisiting the crucial role of a universal defense regulator. *Antioxidants*, *9*(8), 681.

Hasanuzzaman, M., Hossain, M. A., da Silva, J. A. T., & Fujita, M. (2012). Plant response and tolerance to abiotic oxidative stress: antioxidant defense is a key factor. *Crop stress and its management: perspectives and strategies*, 261-315.

Havir, E. A., & McHale, N. A. (1987). Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. *Plant Physiology*, *84*(2), 450-455.

Heath, R. L., & Packer, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of biochemistry and biophysics*, *125*(1), 189-198.

Hedlund, J., Longo, S. B., & York, R. (2020). Agriculture, pesticide use, and economic development: a global examination (1990–2014). *Rural sociology*, *85*(2), 519-544.

Hemmingsen, S. M., Woolford, C., van der Vies, S. M., Tilly, K., Dennis, D. T., Georgopoulos, C. P., Hendrix, R. W., & Ellis, R. J. (1988). Homologous plant and bacterial proteins chaperone oligomeric protein assembly. *Nature*, *333*(6171), 330-334.

Herrera-Herrera, A., Asensio-Ramos, M., Hernández-Borges, J., & Rodriguez-Delgado, M. (2016). Pesticides and herbicides: types, uses, and determination of herbicides.

Hoagland, D. R., & Arnon, D. I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil. *Circular. California agricultural experiment station*, *347*(2nd edit).

Hopkins, W. G., & Hüner, N. P. (1995). Introduction to plant physiology.

Hossain, M. A., Bhattacharjee, S., Armin, S.-M., Qian, P., Xin, W., Li, H.-Y., Burritt, D. J., Fujita, M., & Tran, L.-S. P. (2015). Hydrogen peroxide priming modulates abiotic oxidative stress tolerance: insights from ROS detoxification and scavenging. *Frontiers in plant science*, *6*, 420.

Hwang, J.-I., Norsworthy, J. K., González-Torralva, F., Piveta, L. B., Priess, G. L., Barber, L. T., & Butts, T. R. (2022). Absorption, translocation, and metabolism of florpyrauxifen-benzyl and cyhalofop-butyl in cyhalofop-butyl-resistant barnyardgrass [*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.]. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, *180*, 104999.

Islam, F., Ali, S., Farooq, M. A., Wang, J., Gill, R. A., Zhu, J., Ali, B., & Zhou, W. (2017). Butachlor-induced alterations in ultrastructure, antioxidant, and stress-responsive gene regulations in rice cultivars. *CLEAN–Soil, Air, Water*, *45*(3), 1500851.

Işık, D. (2000). *Samsun ili çeltik ekim alanlarında görülen yabancı ot türlerinin belirlenmesi ve önemli bazı türlerin çimlenme ve gelişme biyolojilerinin araştırılması* Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

Jiang, L., & Yang, H. (2009). Prometryne-induced oxidative stress and impact on antioxidant enzymes in wheat. *Ecotoxicology and environmental safety*, *72*(6), 1687-1693.

Jiang, L., Yang, Y., Jia, L. X., Lin, J. L., Liu, Y., Pan, B., & Lin, Y. (2016). Biological responses of wheat (*Triticum aestivum*) plants to the herbicide simetryne in soils. *Ecotoxicology and environmental safety*, *127*, 87-94.

Kalmar, B., & Greensmith, L. (2009). Induction of heat shock proteins for protection against oxidative stress. *Advanced drug delivery reviews*, *61*(4), 310-318.

Kapoor, D., Singh, S., Kumar, V., Romero, R., Prasad, R., & Singh, J. (2019). Antioxidant enzymes regulation in plants in reference to reactive oxygen species (ROS) and reactive nitrogen species (RNS). *Plant Gene*, *19*, 100182.

Karabulut, H., & Gülay, M. Ş. (2016). Serbest radikaller. *Mehmet Akif Ersoy University Journal of Health Sciences Institute*, *4*(1).

Katip, A. (2019). Bursa ili tarımsal pestisit kullanımının değerlendirilmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *8*(1), 197-205.

Kato, S., Yokota, Y., Suzuki, R., Fujisawa, Y., Sayama, T., Kaga, A., Anai, T., Komatsu, K., Oki, N., & Kikuchi, A. (2020). Identification of a cytochrome P450 hydroxylase, CYP81E22, as a causative gene for the high sensitivity of soybean to herbicide bentazon. *Theoretical and Applied Genetics*, *133*, 2105-2115.

Kaur, G. (2019). Herbicides and its role in induction of oxidative stress-a review. *Int. J. Environ. Agric. Biotechnol*, *4*, 995-1004.

Kaur, N., Kaur, J., Grewal, S. K., & Singh, I. (2019). Effect of heat stress on antioxidative defense system and its amelioration by heat acclimation and salicylic acid pre-treatments in three pigeonpea genotypes. *Indian Journal of Agricultural Biochemistry*, *32*(1), 106-110.

Kaya, A., & Doganlar, Z. B. (2016). Exogenous jasmonic acid induces stress tolerance in tobacco (*Nicotiana tabacum*) exposed to imazapic. *Ecotoxicology and environmental safety*, *124*, 470-479.

Kaya, A., & Yigit, E. (2014). The physiological and biochemical effects of salicylic acid on sunflowers (*Helianthus annuus*) exposed to flurochloridone. *Ecotoxicology and environmental safety*, *106*, 232-238.

Kım, J. S., Oh, J. I., Kım, T. J., Pyon, J. Y., & Cho, K. Y. (2005). Physiological basis of differential phytotoxic activity between fenoxaprop-P-ethyl and cyhalofop-butyl-treated barnyardgrass. *Weed Biology and Management*, *5*(2), 39-45.

Kireçci, O. A. (2018). Bitkilerde Enzimatik ve Enzimatik Olmayan Antioksidanlar. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *7*(2), 473-483.

Koo, S. J., Neal, J. C., & DiTomaso, J. M. (1996). 3, 7-Dichloroquinolinecarboxylic acid inhibits cell-wall biosynthesis in maize roots. *Plant Physiology*, *112*(3), 1383-1389.

Koo, S. J., Neal, J. C., & DiTomaso, J. M. (1997). Mechanism of action and selectivity of quinclorac in grass roots. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, *57*(1), 44-53.

Kraehmer, H., Jabran, K., Mennan, H., & Chauhan, B. S. (2016). Global distribution of rice weeds–a review. *Crop Protection*, *80*, 73-86.

Kumar, B., Sharma, R., & Singh, S. B. (2012). Evaluation of harvest residues of cyhalofop-butyl in paddy soil. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, *89*, 344-347.

Lamoureux, G. L., Shimabukuro, R., Swanson, H., & Frear, D. (1970). Metabolism of 2-chloro-4-ethylamino-6-isopropylamino-s-triazine (atrazine) in excised sorghum leaf sections. *Journal of agricultural and food chemistry*, *18*(1), 81-86.

Landi, S., Capasso, G., Ben Azaiez, F. E., Jallouli, S., Ayadi, S., Trifa, Y., & Esposito, S. (2019). Different roles of heat shock proteins (70 kDa) during abiotic stresses in barley (*Hordeum vulgare*) genotypes. *Plants*, *8*(8), 248.

Langaro, A., Agostinetto, D., Oliveira, C., Silva, J., & Bruno, M. (2016). Biochemical and physiological changes in rice plants due to the application of herbicides. *Planta Daninha*, *34*, 277-290.

Lei, Y., Korpelainen, H., & Li, C. (2007). Physiological and biochemical responses to high Mn concentrations in two contrasting Populus cathayana populations. Chemosphere, 68(4), 686–694.

Lichtenthaler, H., Meier, D., Retzlaff, G., & Hamm, R. (1982). Distribution and effects of bentazon in crop plants and weeds. *Zeitschrift für Naturforschung C*, *37*(10), 889-897.

Lichtenthaler, H. K., & Wellburn, A. R. (1983). Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. In: Portland Press Ltd.

Lindquist, S. (1986). The heat-shock response. *Annual review of biochemistry*, *55*(1), 1151-1191.

Lindquist, S., & Craig, E. A. (1988). The heat-shock proteins. *Annual review of genetics*, *22*(1), 631-677.

Liu, W., Li, P., Qi, X., Zhou, Q., Zheng, L., Sun, T., & Yang, Y. (2005). DNA changes in barley (*Hordeum vulgare*) seedlings induced by cadmium pollution using RAPD analysis. *Chemosphere*, *61*(2), 158-167.

Liu, W., Yang, Y., Zhou, Q., Xie, L., Li, P. a., & Sun, T. (2007). Impact assessment of cadmium contamination on rice (*Oryza sativa* L.) seedlings at molecular and population levels using multiple biomarkers. *Chemosphere*, *67*(6), 1155-1163.

Lubben, T. H., Donaldson, G. K., Viitanen, P. V., & Gatenby, A. A. (1989). Several proteins imported into chloroplasts form stable complexes with the GroEL-related chloroplast molecular chaperone. *The Plant Cell*, *1*(12), 1223-1230.

Luo, H., Li, H., Zhang, X., & Fu, J. (2011). Antioxidant responses and gene expression in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) under cadmium stress. *Ecotoxicology*, *20*, 770-778.

Marchezan, M., Avila, L., Agostinetto, D., Schaedler, C., Langaro, A., Oliveira, C., Zimmer, M., & Schreiber, F. (2017). Morphological and biochemical alterations of paddy rice in response to stress caused by herbicides and total plant submersion. *Planta Daninha*, *35*.

Martinoia, E., Grill, E., Tommasini, R., Kreuz, K., & Amrhein, N. (1993). ATP-dependent glutathione S-conjugate'export'pump in the vacuolar membrane of plants. *Nature*, *364*(6434), 247-249.

Matsumura, T., Tabayashi, N., Kamagata, Y., Souma, C., & Saruyama, H. (2002). Wheat catalase expressed in transgenic rice can improve tolerance against low temperature stress. *Physiologia Plantarum*, *116*(3), 317-327.

Miernyk, J. A. (1999). Protein folding in the plant cell. *Plant Physiology*, *121*(3), 695-703.

Mishra, K. K., Rai, U. N., & Prakash, O. (2007). Bioconcentration and phytotoxicity of Cd in Eichhornia crassipes. Environmental Monitoring and Assessment, 130, 237–243.

Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in plant science*, *7*(9), 405-410.

Mittler, R. (2017). ROS are good. *Trends in plant science*, *22*(1), 11-19.

Mittova, V., Tal, M., Volokita, M., & Guy, M. (2003). Up-regulation of the leaf mitochondrial and peroxisomal antioxidative systems in response to salt-induced oxidative stress in the wild salt-tolerant tomato species *Lycopersicon pennellii*. *Plant, Cell & Environment*, *26*(6), 845-856.

Mohidem, N. A., Hashim, N., Shamsudin, R., & Che Man, H. (2022). Rice for food security: Revisiting its production, diversity, rice milling process and nutrient content. *Agriculture*, *12*(6), 741.

Møller, I. M. (2001). Plant mitochondria and oxidative stress: electron transport, NADPH turnover, and metabolism of reactive oxygen species. *Annual review of plant biology*, *52*(1), 561-591.

Møller, I. M., Jensen, P. E., & Hansson, A. (2007). Oxidative modifications to cellular components in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.*, *58*, 459-481.

Morton, P. A., Fennell, C., Cassidy, R., Doody, D., & Fenton, O. (2020). A review of the pesticide MCPA in the land--water environment and emerging research needs.

Mullen, R. T., & Gifford, D. J. (1993). Purification and characterization of catalase from loblolly pine (*Pinus taeda* L.) megagametophytes. *Plant Physiology*, *103*(2), 477-483.

Nadir, S., Xiong, H.-B., Zhu, Q., Zhang, X.-L., Xu, H.-Y., Li, J., Dongchen, W., Henry, D., Guo, X.-Q., & Khan, S. (2017). Weedy rice in sustainable rice production. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *37*, 1-14.

Nardemir, G., Agar, G., Arslan, E., & Aygun Erturk, F. (2015). Determination of genetic and epigenetic effects of glyphosate on *Triticum aestivum* with RAPD and CRED-RA techniques. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, *27*, 131-139.

Nath, M., Bhatt, D., Bhatt, M. D., Prasad, R., & Tuteja, N. (2018). Microbe-mediated enhancement of nitrogen and phosphorus content for crop improvement. In *Crop improvement through microbial biotechnology* (pp. 293-304). Elsevier.

Nath, M., Bhatt, D., Prasad, R., Gill, S. S., Anjum, N. A., & Tuteja, N. (2016). Reactive oxygen species generation-scavenging and signaling during plant-arbuscular mycorrhizal and Piriformospora indica interaction under stress condition. *Frontiers in plant science*, *7*, 1574.

Nath, M., Bhatt, D., Prasad, R., & Tuteja, N. (2017). Reactive oxygen species (ROS) metabolism and signaling in plant-mycorrhizal association under biotic and abiotic stress conditions. *Mycorrhiza-eco-physiology, secondary metabolites, nanomaterials*, 223-232.

Ndjiondjop, M. N., & Wambugu, P. (2018). Jean Rodrigue Sangare, Tia Dro, Bienvenu Kpeki and Karlin Gnikoua. *The Wild Oryza Genomes*, 105.

Ni, W., Turley, R. B., & Trelease, R. N. (1990). Characterization of a cDNA encoding cottonseed catalase. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Gene Structure and Expression*, *1049*(2), 219-222.

Nielsen, L. W., & Dahllöf, I. (2007). Direct and indirect effects of the herbicides Glyphosate, Bentazone and MCPA on eelgrass (*Zostera marina*). *Aquatic Toxicology*, *82*(1), 47-54.

Nohatto, M. A., Agostinetto, D., Langaro, A. C., Oliveira, C. d., & Ruchel, Q. (2016). Antioxidant activity of rice plants sprayed with herbicides. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, *46*, 28-34.

NS, N., SP, A., Sinha, D., Veedin Rajan, V. B., Esthaki, V. K., & D'Silva, P. (2012). HSPIR: a manually annotated heat shock protein information resource. *Bioinformatics*, *28*(21), 2853-2855.

Ottis, B. V., Mattice, J. D., & Talbert, R. E. (2005). Determination of antagonism between cyhalofop-butyl and other rice (*Oryza sativa*) herbicides in barnyardgrass (Echinochloa crus-galli). *Journal of agricultural and food chemistry*, *53*(10), 4064-4068.

Özaslan, C. (2015). Determination of weeds in rice fields of south eastern Anatolia region of Turkey. *A. Agronomy*, *58*, 260-265.

Özcan, O., Erdal, H., Çakırca, G., & Yönden, Z. (2015). Oksidatif stres ve hücre içi lipit, protein ve DNA yapıları üzerine etkileri. *Journal of Clinical and Experimental Investigations, 6*(3), 331-336.

Özen, H. B., & Onay, A. (2007). *Bitki Fizyolojisi*. Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti.

Özkan, A., & Aksoy, Ö. (2019). Determination of pesticide-induced genotoxicity on soybean (*Glycine max* L.). *Commagene Journal of Biology, 3*(2), 83-87.

Özşahin, E. (2008). Gönen Ovası'nda pirinç tarımı. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2* 49-70.

Park, C.-J., & Seo, Y.-S. (2015). Heat shock proteins: a review of the molecular chaperones for plant immunity. *The plant pathology journal, 31*(4), 323.

Pazmino, D. M., Rodríguez-Serrano, M., Romero-Puertas, M. C., Archılla-Ruız, A. R., Luis A, & Sandalio, L. M. (2011). Differential response of young and adult leaves to herbicide 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid in pea plants: role of reactive oxygen species. *Plant, Cell & Environment*, *34*(11), 1874-1889.

Peixoto, F. P., Lopes, M. L., Madeira, V. M., & Vicente, J. A. (2009). Toxicity of MCPA on non-green potato tuber calli. *Acta Physiologiae Plantarum*, *31*, 103-109.

Pellerin, K. J., Webster, E. P., Zhang, W., & Blouin, D. C. (2003). Herbicide Mixtures in Water-Seeded Imidazolinone-Resistant Rice (*Oryza sativa*) 1. *Weed Technology*, *17*(4), 836-841.

Peng, Y., Cheng, X., Liu, D., Liu, X., Ma, G., Li, S., Yang, Y., Zhang, Y., & Bai, L. (2021). Quintrione: A new selective herbicide for weed control in rice (*Oryza sativa* L.). *Crop Protection*, *141*, 105501.

Peşkircioğlu, M., Torunlar, H., Alsancak Sirli, B., Özaydin, K. A., Mermer, A., Şahin, M., Tuğaç, M. G., Aydoğmuş, O., Emekliler, Y., & Yildirim, Y. E. (2013). Türkiye'de çeltik (*Oryza sativa* L.) yetiştirmeye uygun potansiyel alanların coğrafi bilgi sistem teknikleri ile belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, *22*(1), 20-25.

Petter, F. A., Zuffo, A. M., & Pacheco, L. P. (2013). Effect of Acetolactate Synthase Inhibitor Herbicides on Upland Rice (*Oryza Sativa* Linn.) Cultivars. *Journal of Agricultural Science*, *5*(10), 99.

Pfannschmidt, T. (2003). Chloroplast redox signals: how photosynthesis controls its own genes. *Trends in plant science*, *8*(1), 33-41.

Piotrowska, A., Bajguz, A., Godlewska-Żyłkiewicz, B., & Zambrzycka, E. (2010). Changes in growth, biochemical components, and antioxidant activity in aquatic plant Wolffia arrhiza (Lemnaceae) exposed to cadmium and lead. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, *58*, 594-604.

Posmyk, M., Kontek, R., & Janas, K. (2009). Antioxidant enzymes activity and phenolic compounds content in red cabbage seedlings exposed to copper stress. *Ecotoxicology and environmental safety*, *72*(2), 596-602.

Pratt, W. B., Krishna, P., & Olsen, L. J. (2001). Hsp90-binding immunophilins in plants: the protein movers. *Trends in plant science*, *6*(2), 54-58.

Przybyla, D., Göbel, C., Imboden, A., Hamberg, M., Feussner, I., & Apel, K. (2008). Enzymatic, but not non-enzymatic, 1O2-mediated peroxidation of polyunsaturated fatty acids forms part of the EXECUTER1-dependent stress response program in the flu mutant of *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal*, *54*(2), 236-248.

Radwan, D., Mohamed, A., Fayez, K., & Abdelrahman, A. (2019). Oxidative stress caused by Basagran® herbicide is altered by salicylic acid treatments in peanut plants. *Heliyon*, *5*(5), e01791.

Ramegowda, V., & Senthil-Kumar, M. (2015). The interactive effects of simultaneous biotic and abiotic stresses on plants: mechanistic understanding from drought and pathogen combination. *Journal of plant physiology*, *176*, 47-54.

Rana, R. M., Khan, M. A., Shah, M. K., Ali, Z., & Zhang, H. (2016). Insights into the mechanism of heat shock mitigation through protein repair, recycling and degradation. *Heat Shock Proteins and Plants*, 103-119.

Refatti, J. P., De Avila, L. A., Camargo, E. R., Ziska, L. H., Oliveira, C., Salas-Perez, R., Rouse, C. E., & Roma-Burgos, N. (2019). High [CO2] and temperature increase resistance to cyhalofop-butyl in multiple-resistant *Echinochloa colona*. *Frontiers in plant science*, *10*, 529.

Richter, K., & Buchner, J. (2001). Hsp90: chaperoning signal transduction. *Journal of cellular physiology*, *188*(3), 281-290.

Ritossa, F. (1962). A new puffing pattern induced by temperature shock and DNP in Drosophila. *Experientia*, *18*(12), 571-573.

Romero-Puertas, M., Palma, J., Gómez, M., Del Rio, L., & Sandalio, L. (2002). Cadmium causes the oxidative modification of proteins in pea plants. *Plant, Cell & Environment, 25*(5), 677-686.

Rustom, S. Y., Webster, E. P., Blouin, D. C., & McKnight, B. M. (2018). Interactions between quizalofop-p-ethyl and acetolactate synthase–inhibiting herbicides in acetyl-coA carboxylase inhibitor–resistant rice production. *Weed Technology, 32*(3), 297-303.

Safdar, W., Majeed, H., Ali, B., & Naveed, I. (2012). Molecular evolution and diversity of small heat shock proteins genes in plants. *Pak J Bot, 44*, 211-218.

Scandalios, J. G. (1990). Response of plant antioxidant defense genes to environmental stress. *Advances in genetics*, *28*, 1-41.

Sen, S., & Chakraborty, R. (2011). The role of antioxidants in human health. In *Oxidative stress: diagnostics, prevention, and therapy* (pp. 1-37). ACS Publications.

Sewelam, N., Kazan, K., & Schenk, P. M. (2016). Global plant stress signaling: reactive oxygen species at the cross-road. *Frontiers in plant science*, *7*, 187.

Sezer, İ., Hasan, A., Fatih, Ö., & Şahin, M. (2012). Çeltik üretim sistemleri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*(2), 6-11.

Sharma, I., & Ahmad, P. (2014). Catalase: a versatile antioxidant in plants. In *Oxidative damage to plants* (pp. 131-148). Elsevier.

Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S., & Pessarakli, M. (2012). Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *Journal of botany, 2012*.

Sies, H., & Cadenas, E. (1985). Oxidative stress: damage to intact cells and organs. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences, 311*(1152), 617-631.

Singh, A., Kumar, A., Yadav, S., & Singh, I. K. (2019). Reactive oxygen species-mediated signaling during abiotic stress. *Plant Gene, 18*, 100173.

Singh, S., Kumar, V., Chauhan, A., Datta, S., Wani, A. B., Singh, N., & Singh, J. (2018). Toxicity, degradation and analysis of the herbicide atrazine. *Environmental chemistry letters, 16*, 211-237.

Singh, S., Kumar, V., Upadhyay, N., Singh, J., Singla, S., & Datta, S. (2017). Efficient biodegradation of acephate by *Pseudomonas pseudoalcaligenes* PS-5 in the

presence and absence of heavy metal ions [Cu (II) and Fe (III)], and humic acid. *3 Biotech*, *7*, 1-10.

Singh, S., Singh, N., Kumar, V., Datta, S., Wani, A. B., Singh, D., Singh, K., & Singh, J. (2016). Toxicity, monitoring and biodegradation of the fungicide carbendazim. *Environmental chemistry letters*, *14*, 317-329.

Sitia, R., & Braakman, I. (2003). Quality control in the endoplasmic reticulum protein factory. *Nature*, *426*(6968), 891-894.

Smirnoff, N. (1993). Tansley Review No. 52. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New phytologist*, 27-58.

Sondhia, S., & Khare, R. R. (2014). Soil adsorption studies of a rice herbicide, cyhalofop-butyl, in two texturally different soils of India. *Environmental monitoring and assessment*, *186*, 5969-5976.

Song, N. H., Le Yin, X., Chen, G. F., & Yang, H. (2007). Biological responses of wheat (*Triticum aestivum*) plants to the herbicide chlorotoluron in soils. *Chemosphere*, *68*(9), 1779-1787.

Sun, L., Wu, R., Su, W., Gao, Z., & Lu, C. (2017). Physiological basis for isoxadifen-ethyl induction of nicosulfuron detoxification in maize hybrids. *PloS one*, *12*(3), e0173502.

Sun, Q., Guo, W., Wang, P., Chang, Z., Xia, X., & Du, Q. (2021). Toxicity of 2-methyl-4-chlorophenoxy acetic acid alone and in combination with cyhalofop-butyl to *Cyprinus carpio* embryos. *Environmental toxicology and pharmacology*, *87*, 103697.

Sunohara, Y., & Matsumoto, H. (2008). Quinclorac-induced cell death is accompanied by generation of reactive oxygen species in maize root tissue. *Phytochemistry*, *69*(12), 2312-2319.

Sunohara, Y., Shirai, S., Wongkantrakorn, N., & Matsumoto, H. (2010). Sensitivity and physiological responses of *Eleusine indica* and *Digitaria adscendens* to herbicide quinclorac and 2, 4-D. *Environmental and Experimental Botany*, *68*(2), 157-164.

Sürek, H., Rasim, Ü., Beşer, N., Recep, K., & Adnan, K. (2016). Yabancı ot ilaçlarına dayanıklı bazı çeltik (*Oryza sativa* L.) genotiplerinin geliştirilmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, *25*(ÖZEL SAYI-1), 94-99.

Şahin, S. (2002). Tosya-Osmancık ve Kargı ilçelerinde Çeltik Ziraatı. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *22*(3), 19-35.

Tabacchi, M., Mantegazza, R., Spada, A., & Ferrero, A. (2006). Morphological traits and molecular markers for classification of Echinochloa species from Italian rice fields. *Weed Science*, *54*(6), 1086-1093.

Takahashi, S., & Badger, M. R. (2011). Photoprotection in plants: a new light on photosystem II damage. *Trends in plant science*, *16*(1), 53-60.

Tanou, G., Job, C., Rajjou, L., Arc, E., Belghazi, M., Diamantidis, G., Molassiotis, A., & Job, D. (2009). Proteomics reveals the overlapping roles of hydrogen peroxide and nitric oxide in the acclimation of citrus plants to salinity. *The Plant Journal*, *60*(5), 795-804.

Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü. (2017). *Çeltik Entegre Mücadele Teknik Talimatı*. https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/Entegre/%C3%A7eltik%20entegre.pdf

Taşlıgil, N., & Şahin, G. (2011). Türkiye'de çeltik (*Oryza sativa* L.) yetiştiriciliği ve coğrafi dağilimi. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(6), 182-203.

Tiryaki, O., Canhilal, R., & Horuz, S. (2010). Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, *26*(2), 154-169.

Tissiéres, A., Mitchell, H. K., & Tracy, U. M. (1974). Protein synthesis in salivary glands of *Drosophila melanogaster*: relation to chromosome puffs. *Journal of molecular biology*, *84*(3), 389-398.

Tiwari, S., Tiwari, S., Singh, M., Singh, A., & Prasad, S. M. (2017). Generation mechanisms of reactive oxygen species in the plant cell: An Overview. *Reactive Oxygen Species in Plants: Boon Or Bane-Revisiting the Role of ROS*, 1-22.

Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü. (2016). *Çeltik Tescil Raporu*. https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Duyuru%20Belgeleri/2016%20tescil/s%C4%B1cak%20iklim/%C3%A7eltik/2016%20YILI%20%C3%87ELT%C4%B0K%20TESC%C4%B0L%20RAPORU%20(2014-2015).pdf

Topal, S. (2011). Allelokimyasalların Herbisit Etkileri *Journal of Science and Technology of Dumlupınar University*(025), 23-26.

Toprak Mahsülleri Ofisi Genel Müdürlüğü. (2021). *2020 Yılı Hububat Sektör Raporu*. https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/sektorraporlari/hububat2020.pdf

Torun, H., & Uygur, S. (2012). Herbisit uygulamalarının bazı kültür bitkileri üzerinde oluşturduğu zararlanmalar. *Türkiye Herboloji Dergisi*, *15*(1-2), 1-12.

Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. *Osmancık-97*. https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=17

Trebst, A. (2003). Function of β-carotene and tocopherol in photosystem II. *Zeitschrift für Naturforschung C*, *58*(9-10), 609-620.

Tudi, M., Daniel Ruan, H., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., Chu, C., & Phung, D. T. (2021). Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(3), 1112.

Tuteja, N., Ahmad, P., Panda, B. B., & Tuteja, R. (2009). Genotoxic stress in plants: shedding light on DNA damage, repair and DNA repair helicases. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, *681*(2-3), 134-149.

Tuteja, N., Singh, M. B., Misra, M. K., Bhalla, P. L., & Tuteja, R. (2001). Molecular mechanisms of DNA damage and repair: progress in plants. *Critical reviews in biochemistry and molecular biology*, *36*(4), 337-397.

Tuteja, N., & Tuteja, R. (2001). Unraveling DNA repair in human: molecular mechanisms and consequences of repair defect. *Critical reviews in biochemistry and molecular biology*, *36*(3), 261-290.

ul Haq, S., Khan, A., Ali, M., Khattak, A. M., Gai, W.-X., Zhang, H.-X., Wei, A.-M., & Gong, Z.-H. (2019). Heat shock proteins: dynamic biomolecules to counter plant biotic and abiotic stresses. *International journal of molecular sciences*, *20*(21), 5321.

Vaish, S., Gupta, D., Mehrotra, R., Mehrotra, S., & Basantani, M. K. (2020). Glutathione S-transferase: A versatile protein family. *3 Biotech*, *10*, 1-19.

Valko, M., Rhodes, C., Moncol, J., Izakovic, M., & Mazur, M. (2006). Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-biological interactions*, *160*(1), 1-40.

Vierling, E. (1991). The roles of heat shock proteins in plants. *Annual review of plant biology*, *42*(1), 579-620.

von Stackelberg, K. (2013). A systematic review of carcinogenic outcomes and potential mechanisms from exposure to 2, 4-D and MCPA in the environment. *Journal of toxicology*, *2013*.

Wang, J., Lv, M., Islam, F., Gill, R. A., Yang, C., Ali, B., Yan, G., & Zhou, W. (2016). Salicylic acid mediates antioxidant defense system and ABA pathway related gene expression in *Oryza sativa* against quinclorac toxicity. *Ecotoxicology and environmental safety*, *133*, 146-156.

Wang, J., Zhong, X., Zhu, K., Lv, J., Lv, X., Li, F., & Shi, Z. (2018). Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activity, and gene expression patterns in a pair of nearly isogenic lines of nicosulfuron-exposed waxy maize (*Zea mays* L.). *Environmental Science and Pollution Research*, *25*, 19012-19027.

Wang, Q., Que, X., Zheng, R., Pang, Z., Li, C., & Xiao, B. (2015). Phytotoxicity assessment of atrazine on growth and physiology of three emergent plants. *Environmental Science and Pollution Research*, *22*, 9646-9657.

Wang, W., Vinocur, B., Shoseyov, O., & Altman, A. (2004). Role of plant heat-shock proteins and molecular chaperones in the abiotic stress response. *Trends in plant science*, *9*(5), 244-252.

Wang, Y., Jiang, X., Li, K., Wu, M., Zhang, R., Zhang, L., & Chen, G. (2014). Photosynthetic responses of *Oryza sativa* L. seedlings to cadmium stress: physiological, biochemical and ultrastructural analyses. *Biometals*, *27*, 389-401.

Wang, Z., Wang, H., Li, J., Yu, J., Lin, H., & Dong, L. (2022). Comparison of quintrione and quinclorac on mechanism of action. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, *181*, 105007.

Waters, E. R., Lee, G. J., & Vierling, E. (1996). Evolution, structure and function of the small heat shock proteins in plants. *Journal of Experimental Botany*, *47*(3), 325-338.

Webster, E. P., Teló, G. M., Blouin, D. C., & McKnight, B. M. (2018). Imazethapyr plus propanil mixtures in imidazolinone-resistant rice. *Weed Technology*, *32*(1), 45-51.

Webster, E. P., Teló, G. M., Blouin, D. C., McKnight, B. M., & Bergeron, E. A. (2017). Synergism with imazamox co-applications for red rice control. *Weed Technology*, *31*(3), 373-379.

Wegele, H., Müller, L., & Buchner, J. (2004). Hsp70 and Hsp90—a relay team for protein folding. *Reviews of physiology, biochemistry and pharmacology*, 1-44.

Whitley, D., Goldberg, S. P., & Jordan, W. D. (1999). Heat shock proteins: a review of the molecular chaperones. *Journal of vascular surgery*, *29*(4), 748-751.

Willekens, H., Villarroel, R., Van Montagu, M., Inzé, D., & Van Camp, W. (1994). Molecular identification of catalases from Nicotiana plumbaginifolia (L.). *Febs Letters*, *352*(1), 79-83.

Wu, G. L., Cui, J., Tao, L., & Yang, H. (2010). Fluroxypyr triggers oxidative damage by producing superoxide and hydrogen peroxide in rice (*Oryza sativa*). *Ecotoxicology*, *19*, 124-132.

Xie, X., He, Z., Chen, N., Tang, Z., Wang, Q., & Cai, Y. (2019). The roles of environmental factors in regulation of oxidative stress in plant. *BioMed research international*, *2019*.

Xu, Z.-S., Li, Z.-Y., Chen, Y., Chen, M., Li, L.-C., & Ma, Y.-Z. (2012). Heat shock protein 90 in plants: molecular mechanisms and roles in stress responses. *International journal of molecular sciences*, *13*(12), 15706-15723.

Yang, Q., Yang, X., Zhu, J., Wei, T., Lv, M., & Li, Y. (2022). Metabolic Resistance to Acetyl-CoA Carboxylase-Inhibiting Herbicide Cyhalofop-Butyl in a Chinese *Echinochloa crus-galli* Population. *Agronomy*, *12*(11), 2724.

Yazlık, A., Bör, A. R., & Eroğlu, E. (2020). Türkiye'de Çeltik Üretiminde Yabancı Ot Durumunun Değerlendirilmesi. *Black Sea Journal of Agriculture*, *3*(4), 290-300.

Yılmaz, H., & Avkıran, B. (2019). Türkiye'de Çeltik Üretim Politikaları ve Dış Ticaretindeki Gelişmeler. *Kongre Tam Metin Kitabı*, 122.

Yin, X. L., Jiang, L., Song, N. H., & Yang, H. (2008). Toxic reactivity of wheat (*Triticum aestivum*) plants to herbicide isoproturon. *Journal of agricultural and food chemistry*, *56*(12), 4825-4831.

Young, J. C., Moarefi, I., & Hartl, F. U. (2001). Hsp90: a specialized but essential protein-folding tool. *The Journal of cell biology*, *154*(2), 267.

Zhang, J. J., Lu, Y. C., Zhang, J. J., Tan, L. R., & Yang, H. (2014). Accumulation and toxicological response of atrazine in rice crops. *Ecotoxicology and environmental safety*, *102*, 105-112.

Zhang, R., Bai, X., Shao, J., Chen, A., Wu, H., & Luo, S. (2020). Effects of zero-valent iron nanoparticles and quinclorac coexposure on the growth and antioxidant system of rice (*Oryza sativa* L.). *Ecotoxicology and environmental safety*, *203*, 111054.

Zhang, W. (2018). Global pesticide use: Profile, trend, cost/benefit and more. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, *8*(1), 1.

Zhong, H. H., Young, J. C., Pease, E. A., Hangarter, R. P., & McClung, C. R. (1994). Interactions between light and the circadian clock in the regulation of CAT2 expression in Arabidopsis. *Plant Physiology*, *104*(3), 889-898.

Zhou, J., Wu, Z., Yu, D., & Yang, L. (2020). Toxicity of the herbicide flurochloridone to the aquatic plants *Ceratophyllum demersum* and *Lemna minor*. *Environmental Science and Pollution Research*, *27*, 3923-3932.

Zhu, J., Patzoldt, W. L., Radwan, O., Tranel, P. J., & Clough, S. J. (2009). Effects of photosystem-II-interfering herbicides atrazine and bentazon on the soybean transcriptome. *The Plant Genome*, *2*(2).

EKLER

EK-1 Osmancık-97 ve Cameo çeltik çeşitlerinin fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu dönemi örneklerine ait bitki boy uzunlukları (cm). * ile gösterilen ortalamalar D ve 2D doz uygulamalarının kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklı olduğunu gösterir. # ile gösterilen ortalamalar D ve 2D doz uygulamaları arasındaki istatistiksel farkı belirtir. Farklı küçük harfler D doz herbisit uygulanan gruplar arasında, farklı büyük harfler ise 2D doz uygulama yapılan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir (Tek yönlü ANOVA, Duncan Test, P≤0,05, Ortalama±Standart Hata).

			Quinclorac		Cyhalofop Butyl		Bentazon + MCPA		Mix	
		Kontrol	D	2D	D	2D	D	2D	D	2D
Osmanık-97	Fide	35,60±0,24	c 29±0,31*,#	B 30,4±0,4*	b 31,6±0,24*,#	B 30,6±0,24*	a34,4±0,4*	A32,4±0,4*,#	d 25,6±0,24*	C 27±0,31*,#
	Sapa Kalkma	61±0,31	a 57,4±0,4*	C 56,8±0,37*	c 47±0,44*,#	B 59,8±0,37*	d 45,4±0,5*,#	A 61,4±0,4	b 51,4±0,4*	D 48,8±0,37*,#
	Salkım Oluşumu	69,4±0,4	a 65,2±0,37*,#	B 60,2±0,37*	a 61,2±0,37*	A 61,4±0,4*	a 55,4±0,4*,#	C57,2±0,37*	a 50,8±0,37*	D 51±0,44*
Cameo	Fide	25±0,31	a25,4±0,24	A 25,8±0,37	b 24±0,31	B 21,8±0,48*,#	c 22,2±0,37*	B22,2±0,37*	d 18,2±0,2*	B 22±0,31*,#
	Sapa Kalkma	37,08±0,2	d 36,6±0,24*,#	C 32,2±02*	a 48,4±0,4*	D 29±0,31*,#	a 48,2±0,37*	A43,4±0,4*,#	c 39,4±0,4*	B 39,4±0,4*
	Salkım Oluşumu	53,2±0,37	d48,4±0,4*,#	C44±0,31*	b60,6±0,4*	A 64,6±0,24*,#	c 56,4±0,4*	B49,8±0,2*,#	a 64,4±0,4*	D 42±0,31*,#

EK-2 Osmancık-97 çeltik çeşidi fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu dönemi örneklerine ait fotosentetik pigment (mg/g), total protein (mg/ml) ve MDA (nmol/g) analiz sonuçları. * ile gösterilen ortalamalar D ve 2D uygulamalarının kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklı olduğunu gösterir. # ile gösterilen ortalamalar D ve 2D uygulamaları arasındaki istatistiksel farkı belirtir (Tek Yönlü ANOVA, Duncan Test, $P \leq 0,05$) Ortalama ± Standart Hata).

		Kontrol	Quinclorac		Cyhalofop Butyl		Bentazon + MCPA		Mix	
			D	2D	D	2D	D	2D	D	2D
Fide Dönemi	Total Klorofil	3,97±0,01	3,22±0,04*,#	1,85±0,01*	2,15±0,02*,#	3,92±0,04	2,43±0,01*,#	2,17±0,02*	2,12±0,01*,#	3,13±0,02*
	Klorofil a	2,54±0,06	2,22±0,04*,#	1,42±0,00*	1,62±0,00*,#	2,49±0,11	1,81±0,00*,#	1,64±0,01*	1,59±0,00*,#	2,16±0,08*
	Klorofil b	0,73±0,03	0,52±0,03*,#	0,19±0,01*	0,26±0,01*,#	0,74±0,03	0,31±0,01*	0,26±0,01*	0,26±0,01*,#	0,52±0,02*
	Karotenoid	0,82±0,01	0,72±0,01*,#	0,46±0,00*	0,51±0,00*,#	0,82±0,02	0,58±0,00*,#	0,53±0,00*	0,52±0,00*,#	0,72±0,02*
	Total Protein	9,28±0,27	10,10±0,22*,#	10,88±0,12*	11,02±0,16*,#	9,5±0,04	10,61±0,13*	10,44±0,09*	12,58±0,25*,#	9,62±0,07
	MDA	0,31±0,02	0,38±0,05	0,31±0,02	0,24 ±0,01*,#	0,32±0,01	0,23±0,02*,#	0,32±0,03	0,25±0,02	0,29±0,02
Sapa Kalkma Dönemi	Total Klorofil	7,17±0,49	6,33±0,01	4,92±0,04*,#	3,94±0,16*	5,75±0,24*,#	4,45±0,42*	4,83±0,08*	7,22±0,13	5,97±0,20*,#
	Klorofil a	2,63 ±0,19	3,16±0,00*	3,00±0,04*,#	2,58±0,13	2,79±0,15	2,77±0,20	2,87±0,14	3,07±0,01	2,92±0,16
	Klorofil b	2,76±0,06	1,72±0,01*	1,11±0,01*,#	0,82±0,03*	1,62±0,20*,#	0,98±0,12*	1,13±0,08*	2,26±0,06*	1,68±0,06*,#
	Karotenoid	1,00 ±0,04	1,08±0,00	1,02±0,01	0,94±0,03	1,01±0,02	0,98±0,04	1,01±0,02	1,07±0,00	1,03±0,03
	Total Protein	14,49±0,32	16,05±0,20*	12,67±0,21*,#	18,68±0,12*	12,66±0,08*,#	12,46±0,08*	16,15±0,24*,#	15,62±0,34*,#	13,59±0,23
	MDA	0,51±0,01	0,45±0,04	0,32±0,01	0,34±0,03*	0,26±0,02*	0,29 ±0,01*	0,44±0,02*,#	0,42±0,01*	0,44±0,01*
Salkım Oluşumu Dönemi	Total Klorofil	7,26±0,49	4,74±0,13*	5,35±0,05*	3,35±0,02*	3,97±0,03*	6,11±0,04*	3,77±0,03*,#	5,48±0,01*	4,11±0,05*,#
	Klorofil a	2,62±0,20	2,95±0,14	2,83±0,20	2,27±0,06	2,62±0,09	3,01±0,17	2,47±0,07	3,11±0,05*,#	2,64±0,07
	Klorofil b	2,89±0,03	1,04±0,04*	1,39 ±0,07*,#	0,66 ±0,03*	0,80±0,03*,#	1,67±0,10*	0,78±0,02*,#	1,32±0,02*,#	0,88±0,04*
	Karotenoid	0,99±0,05	1,02±0,03	1,02±0,03	0,86±0,01*,#	0,97±0,02	1,06±0,03*	0,90±0,02*,#	1,06±0,01*	0,96±0,02*,#
	Total Protein	14,23±0,04	13,27±0,10*	15,21±0,09*,#	10,51±0,16*,#	14,44±0,05	17,89±0,05*	12,53±0,03*,#	15,58±0,04*,#	12,58±0,13*
	MDA	0,35±0,01	0,41±0,02	0,85±0,04*,#	0,38±0,01	0,43±0,02*,#	0,44±0,02*	0,58±0,02*,#	0,40±0,02*,#	0,48±0,01*

EK-3 Cameo çeltik çeşidi fide, sapa kalkma ve salkım oluşumu dönemi örneklerine ait fotosentetik pigment (mg/g), total protein (mg/ml) ve MDA (nmol/g) analiz sonuçları. * ile gösterilen ortalamalar D ve 2D uygulamalarının kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklı olduğunu gösterir. # ile gösterilen ortalamalar D ve 2D uygulamaları arasındaki istatistiksel farkı belirtir (Tek Yönlü ANOVA, Duncan Test, $P \leq 0,05$) Ortalama ± Standart Hata).

		Kontrol	Quinclorac		Cyhalofop Butyl		Bentazon + MCPA		Mix	
			D	2D	D	2D	D	2D	D	2D
Fide Dönemi	Total Klorofil	4,15±0,05	4,64±0,01$^{*,\#}$	4,14±0,02	5,61±0,04*	2,09±0,01$^{*,\#}$	3,39±0,01*	2,73±0,01$^{*,\#}$	6,06±0,02*	3,62±0,02$^{*,\#}$
	Klorofil a	2,52±0,21	2,79±0,01	2,67±0,03	2,85±0,06	1,58±0,01$^{*,\#}$	2,37±0,01	1,95±0,02$^{*,\#}$	2,88±0,04	2,5±0,02
	Klorofil b	0,85±0,08*	0,98±0,00$^{*,\#}$	0,79±0,01*	1,42±0,02*	0,26±0,00$^{*,\#}$	0,56±0,00*	0,43± 0,01*	1,62±0,01*	0,6±0,00$^{*,\#}$
	Karotenoid	0,84±0,03	0,87±0,00	0,81±0,01	0,89±0,01	0,48±0,00$^{*,\#}$	0,72±0,00*	0,6±0,00$^{*,\#}$	0,9±0,01*	0,78±0,00$^{*,\#}$
	Total Protein	15,46±0,20	12,73±0,17*	12,14±0,08$^{*,\#}$	11,05±0,14*	16,72±0,17$^{*,\#}$	13,19±0,06*	12,59±0,06$^{*,\#}$	13,87±0,66$^{*,\#}$	15,46±0,19
	MDA	0,34±0,01	0,33±0,02	0,29±0,01	0,32± 0,01	0,34± 0,01	0,28±0,01$^{*,\#}$	0,35±0,01	0,25±0,01*	0,27±0,01*
Sapa Kalkma Dönemi	Total Klorofil	3,51±0,03	3,16±0,16*	2,42±0,02$^{*,\#}$	5,65±0,10$^{*,\#}$	3,54±0,03	6,23±0,22*	5,09±0,06$^{*,\#}$	5,82±0,13*	4,38±0,03$^{*,\#}$
	Klorofil a	2,29±0,07	2,18±0,10	1,67±0,03$^{*,\#}$	3,00±0,11$^{*,\#}$	2,27±0,10	2,87±0,28	2,78±0,16	2,93±0,20*	2,63±0,10$^{*,\#}$
	Klorofil b	0,74±0,02	0,61±0,04$^{*,\#}$	0,47±0,01*	1,47±0,11$^{*,\#}$	0,75± 0,03	1,87±0,08*	1,27±0,05$^{*,\#}$	1,56±0,05*	1,04 ±0,06$^{*,\#}$
	Karotenoid	0,84±0,01	0,85±0,03	0,67±0,01$^{*,\#}$	1,04±0,02$^{*,\#}$	0,86±0,02	1,03±0,04*	0,99±0,03*	1,03±0,04*	0,97±0,02*
	Total Protein	19,58±0,20	18,91±0,32	16,24±0,10$^{*,\#}$	13,87±0,31*	17,05±0,25$^{*,\#}$	17,01±0,08*	14,01±0,12$^{*,\#}$	18,23±0,43*	16,28±0,05$^{*,\#}$
	MDA	0,29±0,01	0,86±0,03*	0,83±0,04*	0,48 ±0,02*	0,74±0,02$^{*,\#}$	0,34±0,01	0,62±0,03$^{*,\#}$	0,60±0,01*	0,81±0,07$^{*,\#}$
Salkım Oluşumu Dönemi	Total Klorofil	3,56±0,06	4,56±0,03*	5,36±0,06$^{*,\#}$	5,40±0,07*	4,96±0,04$^{*,\#}$	4,13±0,03*	3,21±0,03$^{*,\#}$	6,30±0,27*	5,36±0,08$^{*,\#}$
	Klorofil a	2,36±0,09	2,68±0,12*	2,91±0,19$^{*,\#}$	2,80±0,16	2,88±0,18	2,53±0,09*	2,16±0,04$^{*,\#}$	2,67±0,23	2,88±0,21
	Klorofil b	0,74±0,01	1,10±0,05*	1,39±0,07$^{*,\#}$	1,43±0,05*	1,16±0,07$^{*,\#}$	0,93±0,06$^{*,\#}$	0,65±0,01	2,05±0,04*	1,36± 0,09$^{*,\#}$
	Karotenoid	0,91±0,02	0,98±0,02*	1,03±0,03$^{*,\#}$	1,00±0,03*	1,01±0,03*	0,95±0,02	0,85±0,01$^{*,\#}$	0,99±0,04	1,01±0,03
	Total Protein	17,64±0,18	14,77±0,18*	15,41±0,05$^{*,\#}$	14,24±0,07*	15,34±0,02$^{*,\#}$	15,69±0,17*	13,81±0,14$^{*,\#}$	12,44±0,05*	12,91±0,11$^{*,\#}$
	MDA	0,45±0,02	0,30±0,01*	0,60±0,01$^{*,\#}$	0,57±0,01*	0,37±0,01$^{*,\#}$	0,29±0,00$^{*,\#}$	0,44±0,01	0,29±0,00*	0,35±0,01$^{*,\#}$

EK-4 Osmancık-97 çeltik çeşidi fide dönemi örneklerine ait antioksidan savunma sistemleri ve ısı şok protein ailesi genlerinin, qRT-PCR cihazında belirlenen relatif gen ekspresyon değerleri. Tüm veriler B-aktin mRNA seviyesi ile normalize edilmiştir; n = 6. * ile gösterilen ortalamalar D ve 2D doz uygulamalarının kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklı olduğunu gösterir. # ile gösterilen ortalamalar D ve 2D doz uygulamaları arasındaki istatistiksel farkı belirtir (Tek Yönlü ANOVA, Duncan Test, $P \leq 0,05$, Ortalama ± Standart Hata).

Gen ID	Kontrol	Quinclorac		Cyhalofop Butyl		Bentazon + MCPA		Mix	
		D	2D	D	2D	D	2D	D	2D
Antioksidan Savunma Sistemleri									
CuZn-SOD	1,10±0,23	0,37±0,03*	0,48±0,08*	0,83±0,21*	0,30±0,04*,#	0,35±0,02	2,03±0,44*,#	0,46±0,06*	0,35±0,14*
Mn-SOD	1,12±0,26	0,45±0,13*	0,25±0,06*	1,96±0,66*	0,21±0,02*,#	0,07±0,02*,#	1,01±0,22	0,25±0,04*	0,18±0,06*
CAT	1,08±0,19	1,12±0,09	1,69±0,24*,#	0,47±0,12*,#	1,36±0,09	1,38±0,16	1,10±0,24	0,63±0,09*	1,74±0,55*,#
GPX	1,08±0,19	2,35±0,21*	3,34±0,46*,#	1,20±0,27	2,98±0,21*,#	3,95±028*,#	1,13±024	0,94±0,14	7,80±2,33*,#
GST	1,08±0,19	5,66±0,47*	9,28±1,26*,#	1,15±0,26	9,46±0,69*,#	10,64±0,80*,#	1,87±0,41	4,69±0,65	28,56±9,06*,#
Isı Şok Protein Ailesi									
HSP26	1,08±0,19	2,85±0,86*	4,35±0,75*,#	3,31±0,85	17,86±6,26*,#	2,73±0,29	13,67±4,60*,#	3,14±0,93	7,89±2,04*,#
HSP60	1,08±0,20	0,21±0,03*	0,32±0,11*	0,54±0,17*	0,32±0,02*	0,30±0,01*,#	0,90±0,20	0,29±0,04*	0,19±0,08*
HSP70	1,28±0,42	0,11±0,01*	0,12±0,03*	0,38±0,09*	0,09±0,01*	0,12±0,01*,#	0,95±0,26*	0,14±0,02*	0,18±0,06*
HSP90	1,08±0,19	0,16±0,04*	0,25±0,08*	0,03±0,01*	0,04±0,01*	0,10±0,00*,#	1,14±0,25	0,03±0,01*	0,19±0,09*

EK-5 Osmancık-97 çeltik çeşidi sapa kalkma dönemi örneklerine ait antioksidan savunma sistemleri ve ısı şok protein ailesi genlerinin, qRT-PCR cihazında belirlenen relatif gen ekspresyon değerleri. Tüm veriler B-aktin mRNA seviyesi ile normalize edilmiştir; n = 6. * ile gösterilen ortalamalar D ve 2D doz uygulamalarının kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklı olduğunu gösterir. # ile gösterilen ortalamalar D ve 2D doz uygulamaları arasındaki istatistiksel farkı belirtir (Tek Yönlü ANOVA, Duncan Test, $P \leq 0,05$, Ortalama ± Standart Hata).

Gen ID	Kontrol	Quinclorac		Cyhalofop Butyl		Bentazon + MCPA		Mix	
		D	2D	D	2D	D	2D	D	2D
Antioksidan Savunma Sistemleri									
CuZn-SOD	1,11±0,24	0,60±0,10	0,64±0,16	0,65±0,20	0,84±0,19	0,57±0,11*	0,54±0,09*	0,44±0,08*	0,23±0,10*
Mn-SOD	1,11±0,20	2,72±0,59*	1,93±0,49*,#	3,83±1,35	3,29±0,61	3,27±0,67	3,61±1,39	2,82±1,20	1,41±0,25
CAT	1,09±0,20	0,44±0,08*,#	1,45±0,27	0,96±0,66	0,45±0,10	0,44±0,03*,#	1,09±0,19	0,60±0,07	1,22±0,28
GPX	1,09±0,20	0,55±0,10*	0,41±0,13*	0,32±0,11*	0,31±0,07*	0,12±0,04*	0,20±0,03*	0,25±0,01*	0,19±0,06*
GST	1,08±0,19	0,57±0,10*	0,81±0,13*,#	1,08±0,30	0,73±0,13	0,71±0,05	0,72±0,14	0,57±0,05*	0,65±0,15*
Isı Şok Protein Ailesi									
HSP26	1,08±0,16	0,14±0,03*	0,14±0,06*	0,15±0,04*	0,61±0,17*,#	0,22±0,06*	0,32±0,08*	0,72±0,12	0,61±0,21
HSP60	1,07±0,17	0,58±0,10*	0,51±0,18*	0,47±0,13*	0,45±0,16*	0,16±0,06*	0,57±0,08*,#	0,96±0,08*	0,53±0,24*,#
HSP70	1,12±0,25	1,01±0,20	0,94±0,18	1,09±0,32	1,49±0,40	0,84±0,31	1,18±0,20	0,94±0,19	0,79±0,24
HSP90	1,09±0,20	1,04±0,31*,#	0,31±0,09	0,72±0,17*	0,40±0,14*,#	0,20±0,06*,#	0,71±0,09	1,68±0,20	1,48±0,48

EK-6 Osmancık-97 çeltik çeşidi salkım oluşumu dönemi örneklerine ait antioksidan savunma sistemleri ve ısı şok protein ailesi genlerinin, qRT-PCR cihazında belirlenen relatif gen ekspresyon değerleri. Tüm veriler B-aktin mRNA seviyesi ile normalize edilmiştir; n = 6. * ile gösterilen ortalamalar D ve 2D doz uygulamalarının kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklı olduğunu gösterir. # ile gösterilen ortalamalar D ve 2D doz uygulamaları arasındaki istatistiksel farkı belirtir (Tek Yönlü ANOVA, Duncan Test, $P \leq 0,05$, Ortalama ± Standart Hata).

Gen ID	Kontrol	Quinclorac		Cyhalofop Butyl		Bentazon + MCPA		Mix	
		D	2D	D	2D	D	2D	D	2D
Antioksidan Savunma Sistemleri									
CuZn-SOD	1,30±0,45	0,18±0,03	0,96±0,45	4,07±0,98*	5,28±1,14*	0,67±0,29	9,94±4,36*,#	1,67±1,21	0,23±0,07
Mn-SOD	1,40±0,55	0,43±0,11	3,33±0,94*,#	3,11±0,44*	7,43±2,39*,#	2,40±0,58	5,97±3,18	1,28±0,92	0,28±0,14
CAT	1,22±0,34	1,13±0,18	4,24±2,09	2,57±0,83	1,70±0,42	1,11±0,29	10,77±6,91	3,28±1,87	2,90±0,69
GPX	1,23±0,35	13,66±3,01*,#	3,86±1,21	1,88±0,25	8,52±1,69*,#	23,46±9,64	2,54±0,32	2,51±0,16	1,13±0,29
GST	1,22±0,34	3,43±0,55	6,83±1,50*,#	1,99±0,80	3,95±0,69*,#	1,00±0,44	26,20±14,65	4,74±4,36	3,66±2,40
Isı Şok Protein Ailesi									
HSP26	1,22±0,34	0,06±0,01*	0,40±0,12*	0,79±0,14*	2,38±0,62*,#	0,77±0,42	1,41±0,53	0,44±0,17	2,56±1,30
HSP60	1,26±0,40	3,36±0,84*,#	1,73±0,38*	2,33±0,46	1,19±0,99	6,25±2,02	7,82±3,03	2,11±0,78	1,37±0,47
HSP70	1,28±0,41	11,12±1,57*,#	5,39±2,10	24,72±8,20*	9,73±3,06*,#	2,05±0,79#	29,72±13,25*	61,14±22,08*,#	21,07±6,23
HSP90	1,22±0,34	0,84±0,25	1,85±0,46	3,03±0,57*	1,81±0,66*,#	0,91±0,27	2,19±0,90	0,51±0,23	0,81±0,32

EK-7 Cameo çeltik çeşidi fide dönemi örneklerine ait antioksidan savunma sistemleri ve ısı şok protein ailesi genlerinin, qRT-PCR cihazında belirlenen relatif gen ekspresyon değerleri. Tüm veriler B-aktin mRNA seviyesi ile normalize edilmiştir; n = 6. * ile gösterilen ortalamalar D ve 2D doz uygulamalarının kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklı olduğunu gösterir. # ile gösterilen ortalamalar D ve 2D doz uygulamaları arasındaki istatistiksel farkı belirtir (Tek Yönlü ANOVA, Duncan Test, $P \leq 0,05$, Ortalama ± Standart Hata).

Gen ID	Kontrol	Quinclorac		Cyhalofop Butyl		Bentazon + MCPA		Mix	
		D	2D	D	2D	D	2D	D	2D
Antioksidan Savunma Sistemleri									
CuZn-SOD	1,15±0,24	0,26±0,08*	0,27±0,09*	1,05±0,29	0,51±0,10	0,61±0,14	0,79±0,23	0,22±0,07*	0,35±0,10*
Mn-SOD	1,15±0,24	2,80±0,41	10,60±2,40*,#	21,11±4,12*	11,48±2,44*,#	5,22±2,33*	6,91±1,98*,#	35,54±10,40*	16,12±4,96*,#
CAT	1,71±0,70	2,67±0,31	2,11±0,58	2,17±0,89	4,10±1,64	6,40±1,45*	5,54±1,27*	6,20±1,16*	3,01±0,90*,#
GPX	1,14±0,23	0,49±0,04*	0,65±0,13*	0,95±0,32	0,99±0,20	1,50±0,35	0,73±0,18	1,10±0,25	0,77±0,41
GST	1,14±0,24	1,13±0,10	1,18±0,24	4,43±0,81*	3,57±0,63*	5,55±1,46*	2,81±0,66*,#	3,63±0,70*,#	1,77±0,66
Isı Şok Protein Ailesi									
HSP26	1,17±0,27	1,35±0,16	1,33±0,58	8,07±3,31	7,32±2,68	12,51±6,80	1,26±0,47	1,81±0,57	2,54±1,04
HSP60	1,14±0,23	0,61±0,06	3,54±0,70*,#	0,80±0,14	1,91±0,34*,#	1,32±0,32	0,77±0,17	2,06±0,37	2,68±0,92
HSP70	1,18±0,27	0,94±0,08	0,81±0,16	1,02±0,17	0,72±0,13	1,53±0,43	1,96±0,47	1,34±0,31	1,24±0,36
HSP90	1,16±0,26	0,33±0,05*	0,18±0,04*	0,79±0,16*	0,32±0,06*,#	1,25±0,28	1,53±0,72	0,78±0,17	0,16±0,07*,#

EK-8 Cameo çeltik çeşidi sapa kalkma dönemi örneklerine ait antioksidan savunma sistemleri ve ısı şok protein ailesi genlerinin, qRT-PCR cihazında belirlenen relatif gen ekspresyon değerleri. Tüm veriler B-aktin mRNA seviyesi ile normalize edilmiştir; n = 6. * ile gösterilen ortalamalar D ve 2D doz uygulamalarının kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklı olduğunu gösterir. # ile gösterilen ortalamalar D ve 2D doz uygulamaları arasındaki istatistiksel farkı belirtir (Tek Yönlü ANOVA, Duncan Test, $P \leq 0,05$, Ortalama ± Standart Hata).

Gen ID	Kontrol	Quinclorac		Cyhalofop Butyl		Bentazon + MCPA		Mix	
		D	2D	D	2D	D	2D	D	2D
Antioksidan Savunma Sistemleri									
CuZn-SOD	1,27±0,40	5,52±0,83*	4,60±0,63*	7,32±2,33*	4,00±0,90*,#	3,64±0,43	11,54±2,11*,#	3,50±1,03	6,46±2,74
Mn-SOD	1,08±0,19	1,17±0,11	4,76±1,36*,#	2,69±0,35	4,19±1,88	1,63±0,37	2,57±0,22*,#	23,36±6,52*,#	0,95±0,80
CAT	1,09±0,20	28,27±1,30*	29,58±3,14*	27,22±2,97*	67,70±23,06*,#	24,77±3,24*	31,30±4,47*	51,20±11,94*,#	24,48±7,32
GPX	1,09±0,20	8,32±0,39*	8,58±0,73*	26,47±7,94*	22,14±5,63*	22,68±3,54*	14,43±1,46*,#	25,60±7,59*,#	12,16±3,61*
GST	1,10±0,23	2,91±0,17*	2,89±0,25*	1,81±0,18	4,59±1,45*,#	2,52±0,29	6,20±1,18*,#	4,37±0,54*	10,41±3,67*,#
Isı Şok Protein Ailesi									
HSP26	1,15±0,28	0,09±0,03*	0,10±0,02*	0,03±0,00*	0,27±0,08*	0,32±0,05*	0,18±0,04*	0,04±0,01*	0,31±0,13*
HSP60	1,25±0,39	5,93±0,80*	4,84±1,40*	7,17±2,05*	5,67±1,12*	10,50±1,83*,#	2,83±0,96	10,22±3,04*,#	5,04±1,82*
HSP70	1,14±0,26	3,41±0,17*	3,35±0,30*	3,57±1,13*	8,35±2,54*,#	2,55±0,52	7,37±1,83*,#	9,56±2,05*,#	2,71±0,80
HSP90	1,29±0,42	4,04±0,60*	2,81±0,87*,#	0,62±0,47*	5,65±2,60*,#	6,61±1,26*,#	1,92±0,64	4,28±2,11	2,69±1,01

EK-9 Cameo çeltik çeşidi salkım oluşumu dönemi örneklerine ait antioksidan savunma sistemleri ve ısı şok protein ailesi genlerinin, qRT-PCR cihazında belirlenen relatif gen ekspresyon değerleri. Tüm veriler B-aktin mRNA seviyesi ile normalize edilmiştir; n = 6. * ile gösterilen ortalamalar D ve 2D doz uygulamalarının kontrole kıyasla istatistiksel olarak farklı olduğunu gösterir. # ile gösterilen ortalamalar D ve 2D doz uygulamaları arasındaki istatistiksel farkı belirtir (Tek Yönlü ANOVA, Duncan Test, $P \leq 0,05$, Ortalama ± Standart Hata).

Gen ID	Kontrol	Quinclorac		Cyhalofop Butyl		Bentazon + MCPA		Mix	
		D	2D	D	2D	D	2D	D	2D
Antioksidan Savunma Sistemleri									
CuZn-SOD	1,08±0,21	2,53±1,01	13,09±7,16	7,74±2,39*	16,54±5,84*,#	3,95±1,63	21,77±11,83	5,96±1,92	22,41±8,14*,#
Mn-SOD	1,11±0,26	0,17±0,05*	0,25±0,09*	0,02±0,01*	0,02±0,01*	0,40±0,16*	0,32±0,14*	0,12±0,05*	0,06±0,02*
CAT	1,07±0,19	4,30±1,69*,#	7,64±2,68*	8,92±5,32*	23,96±8,68*,#	17,89±9,75	9,69±4,60	2,68±0,81*	4,78±1,72*,#
GPX	1,08±0,18	43,91±17,27*	3,54±3,17#	4,86±2,25	1,83±1,31	4,68±1,92	1,56±0,61	0,20±0,05*	0,56±0,25*,#
GST	1,18±0,28	4,11±1,42*,#	5,67±1,79*	5,09±1,96*	12,70±5,41*,#	3,56±1,27	10,40±4,91	2,21±0,55	9,96±5,08
Isı Şok Protein Ailesi									
HSP26	1,05±0,17	0,66±0,22	1,68±0,57	0,68±0,29	0,65±0,19	0,61±0,23	1,05±0,48	0,31±0,11*	2,25±0,83*,#
HSP60	1,09±0,22	1,10±0,35	2,14±0,69	1,03±0,53	4,94±1,62*,#	1,28±0,59	0,74±0,32	1,35±0,61	1,70±1,00
HSP70	1,07±0,20	0,94±0,30	0,68±0,18	13,77±7,46*	25,08±7,57*,#	4,86±1,92	5,06±2,69	10,30±3,72	10,24±3,73
HSP90	1,08±0,18	1,28±0,54	1,01±0,38	0,67±0,32	1,58±0,49	1,73±0,57	0,60±0,24	0,57±0,20	2,11±0,81

ÖZGEÇMİŞ