Kışlık Kolzanın Büyüme ve Bazı Fizyolojik Özellikleri Üzerine Imazamox ve Clopyralid'in Etkileri

Elif YAMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Ocak 2026

Effects of Imazamox and Clopyralid on Growth and Some Physiological Characteristics of Winter Canola

Elif YAMAN

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Field Crops

January 2026

Kışlık Kolzanın Büyüme ve Bazı Fizyolojik Özellikleri Üzerine Imazamox ve Clopyralid'in Etkileri

Elif YAMAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği Uyarınca
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı
Endüstri Bitkileri Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Demir KAYA

Ocak 2026

ONAY

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi **Elif Yaman**'nın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Kışlık Kolzanın Büyüme ve Bazı Fizyolojik Özellikleri Üzerine Imazamox ve Clopyralid'in Etkileri" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Mehmet Demir KAYA

İkinci Danışman :

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye: Prof.Dr. Mehmet Demir KAYA

Üye: Doç.Dr. Zehra AYTAÇ

Üye: Doç.Dr. Ahmet Tansel SERİM

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ……..…….. tarih ve ……..……. sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fatma TÜMSEK

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Mehmet Demir KAYA danışmanlığında hazırlamış olduğum "Kışlık Kolzanın Büyüme ve Bazı Fizyolojik Özellikleri Üzerine Imazamox ve Clopyralid'in Etkileri" başlıklı Yüksek Lisans tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallarına uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 12/01/2026

Elif YAMAN

T.C.
ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
ÜRETKEN YAPAY ZEKÂ KULLANIMI BEYAN FORMU

Bu tezi/projeyi hazırlarken aşağıdaki Üretken Yapay Zekâ (ÜYZ) araçlarından destek almadığımı beyan ederim:

Aşağıdaki ÜYZ araçlarını kullandım. (Birden fazla seçenek işaretlenebilir)
☐ Claude
☐ ChatGPT
☐ DeepSeek
☐ Gemini
☐ Microsoft Copilot
☐ DALL-E
☐ Diğer (Belirtiniz):

ÜYZ araçlarını tezimin/projemin aşağıdaki aşamalarında ilgili amaçlar için kullandım. (Birden fazla seçenek işaretlenebilir):
☐ Metin oluşturma
☐ Literatür tarama
☐ Çeviri
☐ Düzenleme/dil kontrolü
☐ Veri işleme ve analizi
☐ Veri görselleştirme
☐ Görüntü üretme
☐ Kaynakça düzenleme
☐ Diğer (Belirtiniz):

Bu çalışmada ÜYZ kullanımı ***Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Faaliyetlerinde Üretken Yapay Zekâ Kullanımına Dair Etik Rehber***'e ve akademik dürüstlük ilkelerine uygun şekilde gerçekleştirilmiş olup ÜYZ araçlarından alınan destek etik kurallar ve kaynak gösterme esaslarına uygun biçimde belirtilmiştir.

ÜYZ araçlarının sağladığı bilgilerin doğruluğunu kontrol ettiğimi, yanlış veya eksik bilgi bulunması halinde tüm sorumluluğun tarafıma ait olduğunu; ayrıca çalışmamla ilgili bu beyana aykırı bir durumun herhangi bir zamanda tespit edilmesi durumunda ortaya çıkabilecek akademik ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi beyan ederim.

504220230003

Elif YAMAN

06.02.2026

ÖZET

Bu araştırmada, imidazolinone grubu herbisite dayanıklı (IMI-R) ve hassas (IMI-S) kışlık kolza çeşitlerine uygulanan imazamox ve clopyralid etken maddeli herbisitlerin çimlenme ve büyüme üzerine etkileri morfolojik ve fizyolojik parametreler yardımıyla incelenmiştir. Çalışmada materyal olarak, KWS Cyrill CL ve Riccardo KWS çeşitleri kullanılmıştır. Araştırmanın çimlenme denemesinde imazamox dozları 0,25, 0,50, 1,00 ve 2,00 mM ve clopyralid dozları 0,21, 0,43, 0,85 ve 1,72 mM olacak şekilde ayarlanmıştır. Saksı denemesinde kullanılan herbisit dozları önerilen (imazamox için 5 g e.m./da ve clopyralid için 10 g e.m./da) ve fitotoksisite dozu (imazamox için 10 g e.m./da ve clopyralid için 20 g e.m./da) olarak üç dönemde (kotiledon, iki yaprak ve dört yaprak) uygulanmıştır. Araştırma sonucunda, imazamox ve clopyralid konsantrasyonlarının çimlenme yüzdesi üzerine etkileri sınırlı bulunmuştur. Bununla birlikte, artan imazamox ve clopyralid konsantrasyonları sürgün uzunluğu, kök uzunluğu ve fide yaş ağırlığını azaltmıştır. IMI-R çeşidinde büyüme parametreleri 0,50 mM imazamox'a kadar önemli bir azalma göstermemiştir. Herbisite dayanıklı bitkilerin belirlenmesinde kök uzunluğunun ve 0,50 mM ile 1,00 mM imazamox dozlarının kullanılabileceği belirlenmiştir. Saksı denemesinde, imazamox uygulamasıyla IMI-S çeşidinde bitkilerin tamamı ölmüştür. Imazamox uygulaması bitki yaş ağırlığını ortalama 9,47 g'dan 8,62 g'a azaltmıştır. Önerilen dozda herbisit uygulamaları özellikle kotiledon ve 2 yapraklı dönemde yaprak alanının azalmasına neden olmuştur. Clopyralid uygulamasıyla elektrolit sızıntısı IMI-R çeşidinde %14,2'den fitotoksisite dozunda %16,4'e ve IMI-S çeşidinde ise %14,6'den %16,2'ye yükselmiştir. IMI-R kolza çeşidine özellikle 2 yapraklı dönemde imazamox uygulamasıyla anormal stomalar gözlenmiştir. Sonuçlar, herbisitlerin doz aşımında kolza bitkilerinin büyüme geriliğine neden olduğu ve imazamox'un bitkinin genetik yapısının değiştirebileceğine dair bulgulara ulaşıldığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Brassica napus* L., herbisit, dayanıklılık, çimlenme, elektrolit sızıntısı

SUMMARY

In this study, the effects of imazamox and clopyralid herbicides applied to imidazolinone-resistant (IMI-R) and susceptible (IMI-S) winter canola cultivars on seed germination characteristics and plant growth were investigated using morphological and physiological parameters. KWS Cyrill CL and Riccardo KWS cultivars were used as material. For the germination experiment, imazamox doses of 0.25, 0.50, 1.00, and 2.00 mM, and clopyralid doses of 0.21, 0.43, 0.85, and 1.72 mM were arranged. In the pot experiment, herbicide doses were applied at recommended (5 g a.i./da for imazamox and 10 g a.i./da for clopyralid) and phytotoxicity doses (10 g a.i./da for imazamox and 20 g a.i./da for clopyralid) in three stages (cotyledon, two leaves, and four leaves) of canola plants. The results showed that the effects of imazamox and clopyralid concentrations on germination percentage were disappeared. However, increasing imazamox and clopyralid concentrations decreased shoot length, root length, and seedling fresh weight. IMI-R cultivar did not show a significant reduction in growth up characteristics of 0.50 mM imazamox. Root length and imazamox doses of 0.50 mM and 1.00 mM could be used to identify herbicide-resistant plants during the germination test. In the pot experiment, all plants in the IMI-S variety died with imazamox application. Imazamox application reduced the average fresh weight of the plant from 9.47 g to 8.62 g. Herbicide applications at the recommended dose caused a decrease in leaf area, especially during the cotyledon and two-leaf stages. With clopyralid application, electrolyte leakage increased from 14.2% to 16.4% at high doses in the IMI-R variety and from 14.6% to 16.2% in the IMI-S variety. Abnormal stomata were observed in the IMI-R rapeseed variety, especially during the two-leaf stage, with imazamox application. The results showed that herbicide overdoses caused growth retardation in rapeseed plants, and evidence was found that imazamox could alter the plant's genetic structure.

Keywords: *Brassica napus* L., herbicide, resistance, germination, electrolyte leakage

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın planlanması, yürütülmesi ve sonuçlandırılması aşamalarında bilgi ve tecrübesi ile bana yardımcı olan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet Demir KAYA'ya sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın her aşamasında desteğini gördüğüm değerli hocalarım Prof. Dr. Süleyman AVCI, Doç. Dr. Zehra AYTAÇ, Doç. Dr. Engin Gökhan KULAN ve Dr. Öğr.Üyesi Nurgül ERGİN'e sonsuz teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmalarımın yürütülmesinde yardımcı olan Ziraat Mühendisi arkadaşlarım Ayşenur EVCİMEN ve Gülşah SEÇAL'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, çalışmam esnasında desteklerini esirgemeyen kıymetli arkadaşlarım Ziraat Yüksek Mühendisi Derya Sultan ATEŞ, Ziraat Yüksek Mühendisi Alper GÜNAY ve Ziraat Yüksek Mühendisi Terik WHYTE'e teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak beni bugünlere getiren, hiçbir zaman maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve koşullar ne kadar zor olursa olsun her zaman başarabileceğime inanan Annem Döndü YAMAN, Babam Ahmet YAMAN, Dedem Arif YAMAN, Ablalarım Sultan SUNA ve Şeyma Serpil TÜYSÜZ'e ve yeğenlerim Zeynep Miray SUNA, Amine TÜYSÜZ, Zümra Betül SUNA ve Ayşe Betül TÜYSÜZ'e en içten duygularımla teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ..... **vii**
SUMMARY ..... **viii**
TEŞEKKÜR ..... **ix**
İÇİNDEKİLER ..... **x**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xiii**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xvii**
1. GİRİŞ ve AMAÇ **1**
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI **6**
3. MATERYAL VE YÖNTEM **18**
3.1. Materyal 18
3.2. Yöntem 19
3.2.1. Çimlenme dönemi herbisit uygulaması 19
3.2.2. Bitki büyüme döneminde herbisit uygulaması 20
3.3. Verilerin Elde Edilmesi 21
3.3.1. Çimlenme yüzdesi (%) 21
3.3.2. Ortalama çimlenme süresi (gün) 22
3.3.3. Çimlenme indeksi 22
3.3.4. Sürgün uzunluğu (cm) 22
3.3.5. Kök uzunluğu (cm) 22
3.3.6. Fide yaş ağırlığı (mg/bitki) 23
3.3.7. Fide kuru ağırlığı (mg/bitki) 23
3.3.8. Kuru madde oranı (%) 23
3.3.9. Bitki yaş ağırlığı (g) 23
3.3.10. Bitki kuru ağırlığı (g) 23
3.3.11. Yaprak sıcaklığı (°C) 23
3.3.12. Klorofil oranı (SPAD) 24
3.3.13. Elektrolit sızıntısı (%) 24
3.3.14. Yaprak oransal su içeriği (%) 25
3.3.15. Yaprak alanı (cm^2) 25

3.3.16. Stoma özellikleri 25
3.4. Verilerin Analizi ve Değerlendirilmesi 26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 27
4.1. Çimlenme Dönemi 27
4.2. Bitki Büyüme Dönemi 35
4.2.1. Bitki Yaş Ağırlığı 35
4.2.2. Bitki Kuru Ağırlığı 39
4.2.3. Kuru Madde Oranı 42
4.2.4. Yaprak Alanı 45
4.2.5. Yaprak Sıcaklığı 47
4.2.6. Klorofil Oranı 49
4.2.7. Yaprak Oransal Su İçeriği 51
4.2.8. Elektrolit Sızıntısı 54
4.2.9. Stoma Sayısı 57
4.2.10. Stoma Eni 59
4.2.11. Stoma Boyu 62
4.2.12. Stoma Büyüklüğü 64
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 72
KAYNAKLAR DİZİNİ 76

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sekil **Sayfa**

1.1. Dünyada 2023 yılı kanola ekim alanlarının ülkelere göre dağılımı 2
1.2. Türkiye'de 2024 yılı kolza ekim alanlarının illere göre dağılımı..... 3
3.1. Deneme planına göre hazırlanmış şematik gösterim..... 21
4.1. Farklı imazamox konsantrasyonları uygulanan IMI-R ve IMI-S kolza çeşitlerinin fide büyümesine ait genel görünümleri 32
4.2. Clopyralid konsantrasyonlarına maruz bırakılan IMI-R ve IMI-S kolza çeşitlerinin fide büyümesine ait genel görünümleri 35
4.3. Farklı büyüme dönemlerinde imazamox ve clopyralid dozları uygulanan kolza çeşitlerinin görünümü..... 37
4.4. Kolza çeşitlerine kotiledon, iki ve dört yapraklı dönemde uygulanan imazamox herbisitinin önerilen ve fitotoksik dozlardaki stoma görüntüleri 67
4.5. Kolza çeşitlerine kotiledon, iki ve dört yapraklı dönemde uygulanan clopyralid herbisitinin önerilen ve fitotoksik dozlardaki stoma görüntüleri 68
4.6. KWS Cyrill CL çeşidinin iki yapraklı dönemde önerilen dozda imazamox uygulanan bitkilerdeki anormal stoma görüntüleri 69
4.7. KWS Cyrill CL çeşidinin iki yapraklı dönemde fitotoksisite dozunda imazamox uygulanan bitkilerde anormal stoma görüntüleri..... 70

ÇİZELGELER DİZİNİ

Cizelge **Sayfa**

3.1. Araştırmada kullanılan herbisitlerin etken maddeleri, formülasyonu, etkili olduğu yabancı otlar ve önerilen dozları 19
3.2. Araştırmada kullanılan herbisitlere ait dozlar ve miktarları 21
4.1. Farklı imazamox dozlarında kolza çeşitlerinin çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi ve çimlenme indeksine ait varyans analizi 27
4.2. Farklı imazamox dozlarında kolza çeşitlerinin çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi ve çimlenme indeksi ortalamaları 28
4.3. Farklı clopyralid dozları uygulanan iki kolza çeşidinin çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi ve çimlenme indeksine ait varyans analizi 29
4.4. Farklı clopyralid dozlarında kolza çeşitlerinin çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi ve çimlenme indeksi ortalamaları 29
4.5. Farklı imazamox dozları uygulanan iki kolza çeşidinin fide özelliklerine ait varyans analizi 30
4.6. Farklı imazamox dozları uygulanan iki kolza çeşidinin fide özelliklerine ait ortalamaları 31
4.7. Farklı clopyralid dozlarında kolza çeşitlerinin sürgün ve kök uzunluğu, yaş ve kuru ağırlığı ve kuru maddesine ait varyans analizi 33
4.8. Farklı clopyralid dozlarında kolza çeşitlerinin sürgün ve kök uzunluğu, yaş ve kuru ağırlığı ve kuru madde oranı ortalamaları 34
4.9. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde bitki yaş ağırlığı verilerinin varyans analizi 36
4.10. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde bitki yaş ağırlığı verilerinin varyans analizi 36
4.11. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin bitki yaş ağırlığı (g/bitki) ortalamaları 38
4.12. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde bitki yaş ağırlığı (g/bitki) ortalamaları 39
4.13. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde bitki kuru ağırlığına ait varyans analizi 39

4.14. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde kuru ağırlığına ait varyans analizi 39
4.15. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin bitki kuru ağırlığı (g/bitki) ortalamaları 40
4.16. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde bitki kuru ağırlığı (g/bitki) ortalamaları 41
4.17. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde kuru madde oranına ait varyans analizi 42
4.18. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde kuru madde oranına ait varyans analizi 42
4.19. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin kuru madde oranı (%) ortalamaları 43
4.20. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde kuru madde oranı (%) ortalamaları 44
4.21. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde yaprak alanına ait varyans analizi 45
4.22. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde yaprak alanına ait varyans analizi 45
4.23. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin yaprak alanı (cm^2) ortalamaları 46
4.24. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde yaprak alanı (cm^2) ortalamaları 47
4.25. Farklı dönemlerde uygulanan iki herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde yaprak sıcaklığına ait varyans analizi 47
4.26. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde yaprak sıcaklığına ait varyans analizi 47
4.27. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin yaprak sıcaklığı (°C) ortalamaları 48
4.28. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde yaprak sıcaklığı (°C) ortalamaları 49
4.29. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde klorofil oranına ait varyans analizi 49

4.30. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde klorofil oranına ait varyans analizi 49
4.31. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin klorofil oranı (SPAD) ortalamaları 50
4.32. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde klorofil oranı (SPAD) ortalamaları 51
4.33. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde yaprak oransal su içeriğinin varyans analizi 52
4.34. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde yaprak oransal su içeriğinin varyans analizi 52
4.35. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin yaprak oransal su içeriği (%) ortalamaları 52
4.36. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde yaprak oransal su içeriği (%) ortalamaları 53
4.37. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde elektrolit sızıntısına ait varyans analizi 54
4.38. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde elektrolit sızıntısına ait varyans analizi 54
4.39. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin elektrolit sızıntısı (%) ortalamaları 55
4.40. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinin elektrolit sızıntısı (%) ortalamaları 56
4.41. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinin stoma sayısına ait varyans analizi 57
4.42. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinin stoma sayısına ait varyans analizi 57
4.43. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin stoma sayısı (adet/mm^2) ortalamaları 58
4.44. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde stoma sayısı (adet/mm^2) ortalamaları 59
4.45. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde stoma enine ait varyans analizi 60

4.46. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde stoma enine ait varyans analizi 60
4.47. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin stoma eni (µm) ortalamaları 60
4.48. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde stoma eni (µm) ortalamaları 61
4.49. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde stoma boyuna ait varyans analizi 62
4.50. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde stoma boyuna ait varyans analizi 62
4.51. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin stoma boyu (µm) ortalamaları 63
4.52. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde stoma boyu (µm) ortalamaları 63
4.53. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde stoma büyüklüğüne ait varyans analizi 64
4.54. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinin stoma büyüklüğüne ait varyans analizi 64
4.55. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin stoma büyüklüğü (μm^2) ortalamaları 65
4.56. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde stoma eni (μm^2) ortalamaları 65

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	**Açıklama**
%	Yüzde
*	%5 düzeyinde önemli
**	%1 düzeyinde önemli
°C	Santigrat derece
mL, L	Mililitre, Litre
mg, g, kg	Miligram, Gram, Kilogram
µm, mm, cm, m	Mikrometre, Milimetre, Santimetre, Metre
da, ha	Dekar, Hektar
mM	Milimolar
mmol	Milimol

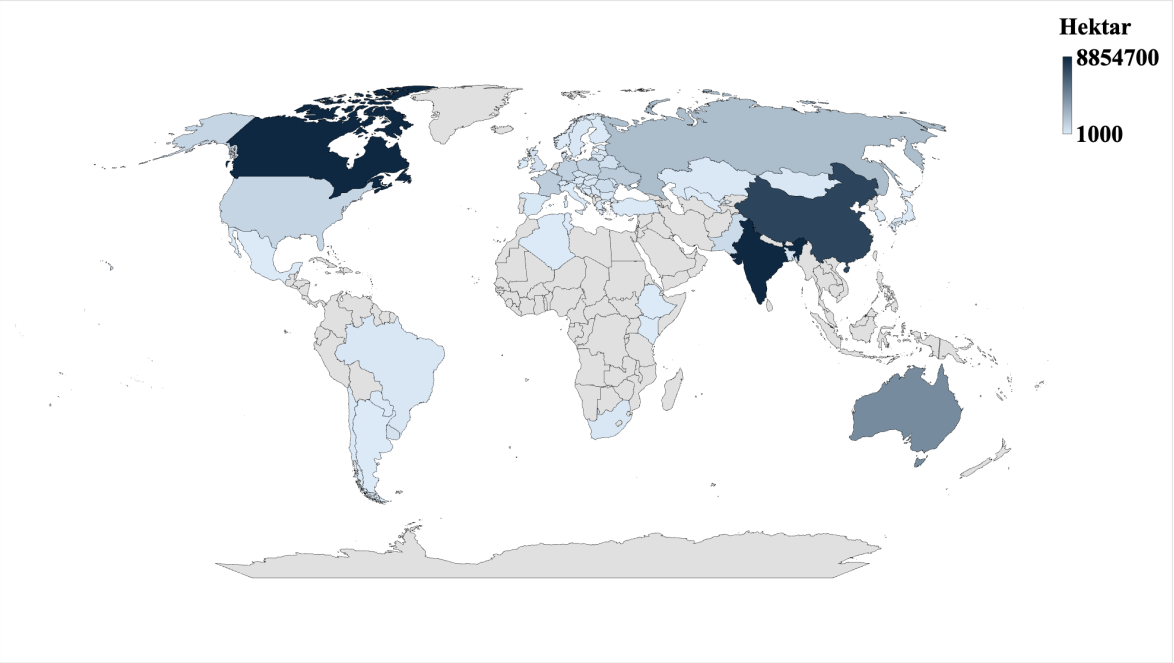
Kısaltmalar	**Açıklama**
AHAS	Asetohidroksi asit sentaz
ALS	Asetolaktat sentaz
a.i.	Active ingredient
CO_2	Karbondioksit
EC	Elektriksel iletkenlik
e.m.	Etken madde
FAO	Food and Agriculture Organization
IMI-R	Imidazolinone grubu herbisite dayanıklı
IMI-S	Imidazolinone grubu herbisite hassas
ISTA	International Seed Testing Assocciation
K.T.	Kareler toplamı
K.O.	Kareler ortalaması
pH	Bir çözeltinin asitlik ya da bazlık derecesini tarif eder
ppm	Milyonda bir kısım
S.D.	Serbestlik derecesi
TUİK	Türkiye İstatistik Kurumu
vd.	Ve diğerleri
V.K.	Varyasyon kaynakları

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Kolza (*Brassica napus* L.), doğada lahana ile yağ şalgamı bitkilerinin melezlenmesi sonucunda ortaya çıkmış amfidiploid bir bitki türdür (Kimber ve McGregor, 1995; Doğru, 2020). Tohumlarında %40'ın üzerinde bulunan yağında insan sağlığına zararlı olan erusik asit bulunmaktadır (Downey ve Röbbelen, 1989). Aynı zamanda, yağı alındıktan sonra arta kalan küspesindeki glukosinolat ise hayvan sağlığına zararlı olması nedeniyle bir dönem ekimi ve üretimi yasaklanmıştır. Daha sonra yapılan ıslah çalışmaları ile yağında erusik asit ve küspesinde glukosinolat içermeyen '00' tipi olarak adlandırılan geliştirilen çeşitler "kanola" ismiyle üretime sunulmuştur. Bu nedenle insan beslenmesinde kullanılan kolza çeşitleri kanola ismiyle anılmaktadır. Dolayısıyla kanola, farklı bir bitki türü olmayıp, kolza bitkisinin yağ kalitesi bakımından ıslah edilmiş çeşitleridir (Kaya vd., 2024a). Dünyada hem kolza tipi hem de kanola tipi çeşitlerinin ekimi ve üretimi yapılsa da ülkemizde kolza bitkisi denildiğinde, yağ kalitesi bakımından ıslah edilmiş kanola çeşitleri anlaşılmaktadır.

Kolzanın hem yazlık hem de sonbaharda ekilerek kışlık olarak yetiştirilebilen çeşitleri bulunmaktadır. Tane veriminin ve yağ oranının yazlık çeşitlere göre daha yüksek olmasından dolayı ülkemizde kışlık kolza çeşitleri ön plana çıkmaktadır (İlisulu, 1973; Algan, 1987; Demirtola, 1987; Tan, 2009; Öz, 2013; Dülger, 2019). Kolzanın yağ kalitesi de diğer yağ bitkilerine göre üstün özellikler göstermekte olup, zeytinyağına benzer yağ asitleri dağılımına sahiptir. Yüksek oleik asit içeriği ve düşük doymuş yağ asitleri oranı ile yemeklik yağ kalitesi yüksektir. Ayrıca, kolza yağının kaynama sıcaklığı yüksek (238°C) olduğu için iyi bir kızartma yağıdır (Kaya vd., 2005). Bunun yanında, salatalarda ve margarin yapımında da kullanılabilmektedir. E vitamini içeriği bakımından zengin olan kolza yağı, doymuş yağ oranının düşük olması nedeniyle beslenme açısından sağlıklı ve tercih edilen yağlar arasında yer almaktadır (Kaya vd., 2024a).

Dünyada yağ bitkileri arasında ekim alanı bakımından soya fasulyesinden sonra ikinci sırada yer alan kanolanın 2023 yılında 43 milyon ha alanda ekimi gerçekleşmiştir. En fazla kolza ekimi 8,8 milyon ha ile Kanada ve Hindistan'da gerçekleşirken, bu ülkeleri sırasıyla Çin (7,5 milyon ha), Avustralya (4,3 milyon ha) ve Rusya (2,1 milyon ha) izlemiştir (Şekil 1.1). Bu beş ülke dünya toplam kanola ekiminin %73'ünü oluşturmaktadır (Anonim, 2025a).



Şekil 1.1. Dünyada 2023 yılı kanola ekim alanlarının ülkelere göre dağılımı

Ülkemizde kolza ekimi Marmara, İç Anadolu, Ege ve Akdeniz Bölgeleri ile Batı Karadeniz, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinin bazı illerinde yapılmaktadır (Şekil 1.2). TÜİK verilerine göre, 2024 yılında 30 bin hektar alanda kolza ekimi gerçekleşmiştir. En fazla ekim Tekirdağ (8 bin ha) ilinde gerçekleşirken, bunu sırasıyla Ankara (4,3 bin ha), Konya (4 bin ha), Edirne (2,7 bin ha) ve İstanbul (2 bin ha) illeri izlemiştir. Bu beş ilin ülkemiz toplam kolza ekim alanının %73'ünü oluşturmaktadır. Aynı yılda toplam 101 bin ton kolza üretimi yapılmış ve ilk sırada 26 bin ton üretim ile Tekirdağ ili yer alırken, bunu sırasıyla Konya (17 bin ton), Ankara (17 bin ton) ve Edirne (8 bin ton) ve Kırklareli (7 bin ton) illeri takip etmiştir (Anonim, 2025b). Verim bakımından ise aynı yıl ortalama 3480 kg/ha verim elde edilmiştir. En yüksek kolza verimi Konya ilinde 4240 kg/ha ile gerçekleşirken, bunu sırasıyla Eskişehir (3970 kg/ha), Ankara (3940 kg/ha), Kırklareli (3570 kg/ha) ve 3460 kg/ha ile Balıkesir ve İstanbul takip etmiştir.



Şekil 1.2. Türkiye'de 2024 yılı kolza ekim alanlarının illere göre dağılımı

Ülkemizde yağlı tohumlu bitkilerin üretimi nüfusumuza yetecek seviyelerde değildir. Bu nedenle her yıl yağlı tohum, bitkisel ham yağ ve yağlı tohum küspesi ithal edilmektedir. Türkiye'de 2023 yılında toplam 8,2 milyon ton'luk yağlı tohum, ham yağ ve küspesi ithalatına karşılık, 5,6 milyar dolarlık döviz ödemiştir (Anonim, 2025b). Bu ithalat içerisinde kolza ithalatı 170 bin tonluk bir paya sahiptir. Aynı yıl kolza ihracatı ise 20 bin ton olmuştur (Anonim, 2025a). Dolayısıyla, ithalatı ve yurtdışına ödenen döviz miktarını azaltmak için yağ bitkileri üretimimizi arttırmamız gerekmektedir. Bunun yanında, bir miktar tohum ile üretilen ham ve rafine yağ ile küspe ihracatımız bulunmaktadır (Kaya vd., 2024b).

Yağ üretimimiz çoğunlukla ayçiçeğine bağlıdır. Bu durum çeşitli riskleri beraberinde getirmektedir. Çünkü, ayçiçeği tarımında yaşanacak olumsuzluklar yıldan yıla bitkisel yağ üretimimizde dalgalanmalara neden olmaktadır. Bu nedenle yağ bitkileri üretiminin çeşitlendirilmesi gerekmektedir. Kolza, yağ bitkileri arasında kışlık olarak yetiştirilebilen, adaptasyon kabiliyeti, tane verimi ve yağ oranı yüksek, yağ kalitesi bakımından üstün özelliklere sahip bir bitkidir. Son yıllarda ülkemizde kolza ekimi önemli gelişme gösterirken, kolzanın ortalama verimi, yıllara göre değişmekle birlikte ayçiçeğinden 50-100 kg/da daha yüksek gerçekleşmiştir (Anonim, 2025b). Ayrıca kolza bitkisinin haziran-temmuz aylarında hasat edilmesi bu dönemde âtıl halde bulunan yağ fabrikalarına hammadde sağlamakta ve tarlayı erken terk ederek bir sonra ekilecek bitkiye toprağın dinleme fırsatı sunmaktadır.

Erken hasat nedeniyle uygun ekolojilerde ikinci ürün yetiştirilmesine de olanak sağlamaktadır. Ekiminden hasadına kadar tüm tarımsal işlemlerde mekanizasyona uygun bir bitkidir. Aynı zamanda piyasa şartlarında pazar değeri ayçiçeğine yakın seyrettiği için çiftçilerin birim alandan daha fazla gelir elde etmesini sağlamaktadır. Yerli biyodizel üreticilerinin de kolzaya olan talebi pazar değerini dengede tutabilmektedir. Kolza küspesi, özellikle kanatlı hayvanların rasyonlarında protein kaynağı olarak değerlendirilebilmektedir. Bu nedenle kolzanın sadece ülkemiz çiftçilerine değil, aynı zamanda yağ, yem ve biyodizel sanayine önemli katkılar sağlamaktadır (Kaya vd., 2024a).

Kışlık olarak sonbaharda ekilse de kolzanın kışı zarar görmeden atlatabilmesi için rozet döneminde girmesi gerekmektedir. Ülkemizde kolza ekim zamanı olan Eylül-Ekim ayı başında yağışların yetersiz olmasından dolayı toprakta tav bulunmamaktadır. Kuruya ekilen tohumlarda çimlenme ve çıkış yeterli yağış alana kadar gerçekleşmemektedir. Bu durum bitkilerin yeterince büyümemesine ve kolzanın kışa rozet döneminde (4-6 yaprak) girememesine neden olmaktadır. Sonuçta, çıkan bitkiler kıştan büyük ölçüde zarar görmekte hatta tamamen ölmektedir. Bu nedenle, sulama imkânı olan alanlarda, ekimden sonra bir kez çıkış suyu yapılması zorunlu hale gelmektedir (Kolsarıcı, 1986; Başalma ve Uranbey, 1998; Bayramin ve Kaya, 2009). Ekimden sonra yağış olması veya sulama yapılması bitki çıkışını garanti altına almak bakımından son derece önemli iken, bu durumunda kolza bitkileri ile birlikte yabancı otlar da çıkmaktadır. Ayrıca, ön bitkinin hasadından dökülen tohumlar da çıkarak kolza tarlalarında yabancı ot olmaktadır.

Kolza, çıkış ve erken büyüme aşamalarındaki yavaş büyüme karakteri ve bazen de istenilen bitki sıklığının sağlanamaması nedeniyle yabancı otlarla rekabet edememektedir (Simic vd., 2011). Klasik kolza çeşitlerinde kullanılan seçici herbisitler, yabani hardal gibi *Brassicaceae* familyasına ait yabancı otlara karşı tatmin edici bir kontrol sağlamamaktadır. Bu sorunu çözmek için, Clearfield® teknolojisi kullanılarak imidazolinone grubu (imazapyr, imazapic, imazethapyr, imazamox vb.) herbisitlere dayanıklı kolza çeşitleri geliştirilmiştir (Grozi, 2023). Bu teknoloji ile hem geniş yapraklı hem de dar yapraklı yabancı otları yok etmek için imidazolinone herbisitleri ve imidazolinone dayanıklı (IMI-R) kolza çeşitlerini kullanılmaktadır (Delchev, 2021a; Pfenning vd., 2012). IMI dayanıklı kültür bitkileri 1992'den beri BASF firması tarafından geliştirilerek Clearfield® ismi ile ticarileştirilmiş ve geleneksel yöntemler kullanılarak ıslah edilmiştir (Tranel ve Wright, 2002; Tan vd., 2005).

Imidazolinone grubunda yer alan herbisitler düşük dozlarda yüksek etkinlikleri ve geniş spektrumlu yabancı ot, özellikle canavar otu (*Orobanche cumana*), kontrolüyle bilinmektedir. Ayrıca, toprakta yüksek kalıcılık da göstermektedirler (Balabanova, 2022; Breccia vd., 2020; Kaya ve Kolsarıcı, 2005). Klasik kolza çeşitlerinde kullanılan seçici herbisitler yabani hardal (*Sinapis arvensis* L.), yabani turp (*Raphanus raphanistrum* L.), çobançantası (*Capsella bursa-pastoris* L.), sadırotu (*Descurainia sophia* L.) ve tarla akçaçiçeği (*Thlaspi arvense* L.) gibi yabancı otları etkili bir şekilde kontrol etmede başarılı olamamıştır (Delchev, 2021b). Bu nedenle, imazamox'a dayanıklı (IMI-R) kolza çeşitleri yakın zamanda bu yabancı otları kontrol etmek için geliştirilmiş ve tescil edilmiştir (Fernández Martínez vd., 2009; Malidza vd., 2003).

Imidazolinone grubuna ait herbisitler, asetohidroksi asit sentaz (AHAS) veya asetolaktat sentaz (ALS) olarak da bilinen enzimin aktivitesini inhibe etmektedir. Lösin, izolösin ve valin gibi amino asitlerin biyosentezini etkileyerek hassas bitkilerin büyümelerini durdurduktan sonra ölümüne neden olmaktadır. Bu grup herbisitler bitkilerde hem ksilemde hem de floemde büyüme noktalarına taşınmakta ve ayrıca yaprak, sap ve köklerden alınmaktadır (Kaya ve Kolsarıcı, 2005). Düşük konsantrasyonlarda imidazolinone herbisitleri toprakta ve bitkilerde yüksek biyolojik aktivite sergileyebilir ve bu herbisitlerin etkileri olumsuz çevresel ve uygulama koşullarında daha belirgin hale gelmektedir (Pfenning vd., 2008; Serim vd., 2017). Ancak, bu herbisitlerin bitkilerin farklı gelişme dönemlerinde kullanımı ile ilgili bazı sorunlar ortaya çıkarmaktadır.

Kolza tohumlarının küçük olması nedeniyle yüzlek olarak ekilmektedir. Bu nedenle homojen bir ekim derinliğinin sağlanması oldukça güçtür. Tohum yatağında farklı derinliklere düşen tohumların çimlenmesi, bitki çıkışları ve buna bağlı olarak da gelişimleri değişkenlik göstermektedir. Sonuçta herbisit uygulama döneminde tarladaki bitkilerin gelişim durumları farklılık göstermektedir. Bu çalışmada, imidazolinone grubu herbisite dayanıklı (IMI-R) ve hassas (IMI-S) kışlık kolza çeşitlerine farklı gelişim dönemlerinde uygulanan imazamox ve clopyralid etken maddelerinin çimlenme, fide gelişimi ve bitki büyümesi üzerine etkileri morfolojik ve fizyolojik parametreler yardımıyla incelenmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Kolza bitkisinde dar ve geniş yapraklı yabancı otlarla etkin bir şekilde mücadele etmek amacıyla imidazolinone grubu herbisitlere dayanıklı çeşitler geliştirilmiştir. Bu herbisitlerin hassas çeşitlere uygulanması veya herbisitlerin uygulanması esnasında rüzgarla diğer tarlalardaki bitkilere bulaşarak zarar vermesi pratikte karşılaşılan en önemli problemler arasındadır. Yürütülen bu çalışmada ise, imidazolinone grubu herbisitinin standart ve dayanıklı çeşitte oluşturabileceği zararlar ile bitkilerin farklı büyüme dönemlerine göre etkilenme düzeylerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Kolzada herbisit zararı ile ilgili dünyada ve ülkemizde yapılan araştırmaların özetleri kronolojik olarak aşağıda verilmiştir.

Harker vd. (2004) üç lokasyonda üç herbisite dayanıklı kanola çeşidi ile yürüttükleri çalışmada, farklı ilaçlama zamanı (iki, dört veya altı yapraklı dönem) ve herbisit dozunun (önerilen dozun %50 ve %100) etkilerini incelemişlerdir. Denemede yabancı otlara glufosinate ile glufosinate dayanıklı kanola (GLU), glyphosate ile glyposate dayanıklı kanolada (GLY) ve imidazolinone dayanıklı kanolada (IMI) 50:50 imazamox ve imazethapyr karışımı kullanılmıştır. Kanola verimleri, üç kanola çeşidinde ve herbisit dozlarında benzer bulunmuştur. Verim bakımından %50 ve %100 herbisit dozları arasında farklılık bulunmamıştır. Yabancı otlar için ilaçlama zamanı, kanola verimi üzerinde en büyük etkiyi göstermiş ve dört yapraklı aşamada yabancı otların kontrol edilmesi ile en yüksek verim elde edilmiştir. Herbisit uygulamaları, 4 yapraklı dönemden altı yapraklı döneme ertelendiğinde tohum verimi azalmıştır. Kanola verimi GLU için 4 yapraklı dönemde yaklaşık 2100 kg/ha iken, 6 yapraklı dönemde 2000 kg/ha'a, GLY için 2100 kg/ha'dan 1800 kg/ha'a, IMI için 2000 kg/ha'dan 1800 kg/ha'a düşmüştür.

Grey vd. (2006) Gürcistan'da herbisite dayanıklı kanolada yabancı ot kontrolünü değerlendirmek için yapılan tarla denemesinde, "Pioneer 45A76" ve imazamox, "Hyola 357RR" ve glyphosate ve "2573 Invivior" ve glufosinate etken maddeli herbisitleri kullanmışlardır. İtalyan çavdar otu ve yabani turpun tohumları ekim ayında kanola ile aynı anda ekilmiş ve bu türlerin kontrolü doğal olarak oluşan diğer yabani otlarla birlikte değerlendirilmiştir. İlgili herbisite dayanıklı kanola çeşidi için herbisit uygulamaları 0,035 ve 0,071 kg imazamox/ha, 0,84 ve 1,64 kg glyphosate/ha ve 0,5 ve 1,0 kg glufosinate/ha

olarak belirlenmiştir. Herbisitler kanola bir-iki yapraklı ve üç-dört yapraklı olmak üzere iki farklı aşamada uygulanmıştır. Herbisit oranı veya uygulama zamanı sonucunda, herhangi bir kanola çeşidinde önemli bir zararlanma tespit edilmemiştir. Sezon ortasına kadar (Şubat) imazamox, yabani turp, ballıbaba ve çoban çantasını her iki oranda ve her iki zamanlamada da etkili bir şekilde kontrol etmiştir. Üç-dört yapraklı dönemde uygulandığında, İtalyan çavdar otu, yabani sarımsak ve ısırgan otu (*Lamium amplexicaule*) üzerinde %75 veya daha fazla kontrol sağlamak için daha yüksek glyphosate ve glufosinate oranları gerektiği belirlenmiştir. Glufosinate, yabani turpu hiçbir uygulamada yeterince kontrol edememiştir.

Heker vd. (2008) kanolada erken dönemde yabancı ot mücadelesinin önemini belirlemek amacıyla yaptıkları 10 lokasyonda tarla çalışmalarında, herbisit uygulamalarını a- 15/15 g/ha imazamox/imazethapyr ve b- 15/15 g/ha imazamox/imazethapyr + 150 g/ha clopyralid'i 1-2 yapraklı dönemden sonra bitkilere uygulamışlardır. Herbisit uygulaması geciktiğinde imidazolinone dayanıklı (IR) kanola verimi ve yağ oranının azaldığını belirlemişlerdir. Tüm lokasyonların ortalamasında kanola verimi sırasıyla herbisit uygulaması 1-2 yapraklı dönemde yapıldığında 2.073 kg/ha, 3-5 yapraklı dönemde 1.872 kg/ha ve 6-7 yapraklı dönemde yapıldığında 1650 kg/ha olduğu tespit edilmiştir.

Adámszki et al. (2011) 2008 ve 2009 yıllarında imazamox dayanıklı kışlık kolza bitkilerine imazamox + metazachlor'un yayıcı yapıştırıcı ile birlikte uygulanmasının yabancı otlar üzerine etkileri incelenmiştir. Her iki yılda da T1 (birinci yıl 2-4 yapraklı dönem)- T2 (ikinci yıl 6-8 yapraklı dönem) uygulamalarında yabancı ot türlerine karşı iyi bir sonuç elde edilmiş ancak, herbisitlerin uygulama zamanıyla ilgili daha fazla çalışma yapılması gerektiği bildirilmiştir. Herbisit uygulamalarının kolzada mücadelesi zor olan *Cruciferae* familyasındaki yabancı otlara karşı çok iyi bir etkinlik gösterdiği belirlenmiştir. *Sinapis arvensis*, *Capsella bursa-pastoris* ve *Descurainia sophia* bu herbisit kombinasyonuna karşı yüksek hassasiyet göstermiştir. Deneme arazilerindeki dar yapraklı yabancı otları arasında *Apera spicaventi* ve kendi gelen buğday (*Triticum aestivum*)'a karşı çok iyi bir kontrol sağladığı, ancak *Alopecurus myosuroides*'in kontrolünün biraz daha zayıf kaldığı belirlenmiştir. Deneme alanındaki T4 (yabancı otların çıktığı dönem) yaşam formu yabancı otları iyi gelişmiş bir aşamada (BBCH 16-51) olmasına rağmen, tüm bu türler herbisit uygulamaları ile öldürülmüştür. Ayrıca Dash HC adjuvanı ile imazamox + metazachlor kombinasyonunun kolzada herhangi bir fitotoksisiteye neden olmadığı da bildirilmiştir.

Tozzi vd. (2016) imidazolinone (IMI) dayanıklı kolza bitkilerinde imidazolinone herbisitlerinin geç uygulamalarından kaynaklanabilecek olumsuz etkileri incelemek amacıyla 2010-2012 yılları arasında tarla denemesi yürütmüşlerdir. Bitkilere iki yapraklı, altı yapraklı, sapa kalkma/erken çiçeklenme aşamalarında tek bir imazamox uygulaması veya iki yapraklı + altı yapraklı, iki yapraklı + sapa kalkma ve iki yapraklı + erken çiçeklenme dönemleri olmak üzere ardışık uygulamalar yapmışlardır. Kontrol olarak herbisit uygulanmaya parseller kullanılmıştır. Sonuçlar, imazamox uygulama zamanının IMI dayanıklı kolza verimi, verim bileşenleri ve tohum kalitesi üzerine önemli bir etkisinin olmadığını göstermiştir.

Breccia vd. (2018) buğdayda IMI dayanıklılığın hızlı fenotiplenmesini sağlayan topraksız bir yöntem geliştirmeyi amaçladıkları çalışmada, IMI'ye dayanıklılıkta farklılık gösteren dokuz buğday çeşidini kâğıt arasında çimlenme yöntemiyle değerlendirilmiştir. Üçü imidazolinone dayanıklı (IMI-R) çeşit (Klein Titanio CL, Buck 55 CL2 ve Baguette 560 CL), üçü hassas (IMI-S) çeşit (Klein Serpiente, Buck SY 300 ve Baguette 9) ve tek bir dayanıklılık genine sahip üç IMI-R çeşidi (Fidel FS-4, BW755 ve TealIMI 11A) incelemişlerdir. Kullanılan imazamox dozları IMI-S çeşitleri için 0-0,1-0,316-1-3,16-10 µM ve IMI-R çeşitleri için 0-10-31,6-100-316-1000 µM olarak belirlenmiştir. Deneme sonucunda sürgün ve kök büyümesini %50 oranında azaltan herbisit konsantrasyonları, IMI-R ve IMI-S çeşitleri arasında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. IMI-R ve IMI-S çeşitleri arasındaki sürgün ve kök uzunluğundaki en büyük fark 100 µM imazamox dozunda bulunmuştur. Bu nedenle, bu konsantrasyon çimlenme testlerinde ayırt edici bir doz olarak kullanılmak üzere seçilmiştir. IMI-S fidelerinin, tüm dozlarında 1 cm'den daha kısa kök ve sürgün belirlenmiştir.

Çebi vd. (2019) yaptıkları saksı denemelerinde, tınlı kum ve kumlu toprak yapılarına sahip iki farklı toprak türüyle doldurulmuştur. Ayçiçeği bitkisi 4-10 yaprak olduğunda 0,5 ve 7,5 mL/da dozlarında imazamox herbisiti uygulanmıştır. Bitkiler sulu koşullarda yetiştirilmiş ve sulamalar üç farklı fenolojik dönemde yapılmıştır. Çalışmada ayçiçeği bitkisinin yaprak, gövde ve sap kısımlarından imazamox kalıntı miktarları belirlenmiştir. Ayrıca, ayçiçeği florasının etkisi altında üretilen bal örnekleri farklı bölgelerden toplanmış ve imazamox herbisitinin nihai ürünlerde kalıntı bırakıp bırakmadığı araştırılmıştır. Sonuçlara göre, bitkinin farklı kısımlarındaki imazamox kalıntı miktarı seviyeleri

sap>yaprak>kök olarak sıralandırılmıştır. Yaprak kısmında imazapic ve imazapyr türevleri ve gövde kısmında imazapic türevleri gözlenmiştir. Farklı miktarlarda imazamox dozları, sulama oranları ve toprak yapısının kalıntı miktarları üzerine etkili olduğunu ancak bal numunelerinde imazamox ve türevlerinin kalıntılarının bulunmadığını belirlemişlerdir.

Arda vd. (2020) yaptıkları çalışmada, imazamox'un IMI grubu herbisitlere hassas ve dayanıklı iki ayçiçeğinin bazı fizyolojik ve genetik parametreleri üzerindeki etkisini karşılaştırmışlardır. Bu amaçla, iki ayçiçeği çeşidine (IMI hassas SN:8 ve IMI dayanıklı SN:9) üç imazamox konsantrasyonu (sırasıyla 0,82, 1,64 ve 2,45 mM) uygulanmıştır. Ek olarak, IMI'nin antioksidan enzimler (süperoksit dismutaz (SOD), katalaz, glutatyon S-transferaz (GST) gibi), ısı şoku proteinleri (HSP26, HSP60 ve HSP70), fenolik içerikler (kumarik asit, kafeik asit, ferulik asit), fitohormon seviyeleri (indol-3-asetik asit, jasmonik asit (JA), salisilik asit (SA)) üzerindeki fizyolojik ve moleküler etkileri ve ayçiçeğinin yaprak dokusunda pestisit birikimi qRT-PCR ve LC MS/MS ile analiz edilmiştir. Bu çalışmada, dayanıklı tip SN9'un pestisit konsantrasyonu, 1,64-2,45 mM imazamox uygulamasıyla SN8'den önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Yaprak dokularında toplam pestisit miktarları sırasıyla 1,6 ve 1,8 kat daha yüksek ölçülmüştür. Böcek ilacı birikimi, fitohormon ve fenolik seviyelerde dengesizliğe sebep olmuştur. Katlanmamış veya yanlış katlanmış protein seviyelerinin artmasına ve iki ayçiçeği türünde GST, SA ve JA seviyelerinde seçici bir azalmaya yol açmıştır. Bununla birlikte, SN9, mitokondriyal eşlikçi HSP60'ın (16,15 kat) ve strese özgü HSP70'in (54,46 kat) aşırı ekspresyonunun yanı sıra daha yüksek SOD ekspresyonu, SA ve JA seviyeleri yoluyla pestisit birikimi ölçülmüştür. Özellikle, fitotoksik doz IMI uygulamasıyla, yüksek düzeyde SOD ekspresyonu, SA ve JA'nın çapraz karışmasını ortaya çıkarmış ve bu fizyolojik ve moleküler fenomenler SN9'da pestisit kaynaklı stresin göstergesi olduğunu belirtmiştir. Çalışma, yüksek konsantrasyonlu imazamox uygulamasının sadece IMI hassas tipte değil, aynı zamanda dayanıklı tipte de fitotoksik düzeyde bazı fizyolojik ve genetik değişikliklere neden olduğunu göstermiştir.

Durigon vd. (2020) triazines veya imidazolinone herbisitlerine dayanıklı kanola çeşitlerinin büyümesini hassas bir çeşitle karşılaştırarak değerlendirmiştir. Deneyde, Hyola 571CL (imidazolinone dayanıklı), Hyola 555TT (triazines dayanıklı) ve Hyola 61 (her iki herbisite hassas) üç çeşit kullanılmıştır. Kullanılan kanola çeşitlerinden bitki boyu, yaprak alanı ve kök, yaprak, gövde ve sürgünlerinin kuru maddesi, çıkıştan 14, 28, 42, 56, 70

(çiçeklenme) ve 119 (fizyolojik olgunluk) gün sonra değerlendirilmiştir. Hyola 61 ile karşılaştırıldığında, Hyola 555TT çeşidi çıkıştan 70 gün sonra daha düşük yaprak kuru maddesi değerleri, çıkıştan 56 gün sonraya kadar mutlak büyüme hızı ve çıkıştan 14 ve 28 gün sonra da net asimilasyon oranı ve 56 gün sonra da daha yüksek bir yaprak alanı oranı göstermiştir. Buna karşılık Hyola 571CL çeşidi çıkıştan 70 gün sonra daha düşük yaprak alanı ve daha düşük yaprak kuru maddesi vermiştir. Çiçeklenme zamanında, Hyola 571CL çeşidi daha düşük yaprak alanı ve Hyola 555TT ve Hyola 571CL çeşitleri daha düşük yaprak kuru madde birikimine sahip olmuştur. Ancak, Hyola 555TT, Hyola 571CL ve Hyola 61 kanola çeşitlerinin büyümesindeki bu farklılıkların tane verimine etki etmediği bildirilmiştir.

Neshev vd. (2020) 2018 yılında Clearfield® ve Clearfield® Plus teknolojileri ile yetiştirilmek üzere iki ayçiçeği çeşidinde (SY Bacardi CLP ve SY Diamantis CL) imazamox içeren herbisitlerin etkinliğini ve seçiciliğini değerlendirmişlerdir. Denemede beş farklı uygulama; 1- uygulama yapılmamış kontrol, 2- 40 g/L imazamox (1,25 L/ha), 3- 40 g/L imazamox (2,50 L/ha), 4- 25 g/L imazamox (1,20 L/ha) ve 5- 25 g/L imazamox (2,40 L/ha) şeklinde planlanmıştır. Herbisitler, bitkiler 4-6 gerçek yapraklı olduğu dönemde uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, rizomla çoğalan *Sorgum halepense*'ye karşı en yüksek etkililik 5. uygulamadan [25 g/L imazamox (2,40 L/ha)] elde edilmiştir. Tohumlardan gelişen *S. halepense*, *S. viridis*, *A. retroflexus*, *Xa. strumarium*, *S. nigrum* ve *S. arvensis* incelenen düşük oranlarda 40 g/L imazamox veya 25 g/L imazamox uygulamasıyla başarıyla kontrol altına alınmıştır. *C. album* ve *A. theophrasti* daha düşük oranda 25 g/L imazamox (1,20 L/ha) ile kontrol altına alınabilmiştir. SY Bacardi CLP'nin 2. uygulamada tohum kütlesi 61,50 g ve 4. uygulamada 58,89 g iken, SY Diamantis CL'nin 2. uygulamada 61,02 g ve 4. uygulamada 60,10 g olduğu belirlenmiştir. İki çeşit içinde en yüksek verim (SY Bacardi CLP 3.38 t/ha ve SY Diamantis CL 3,51 t/ha) ve yağ oranı (SY Bacardi CLP %55,48 ve SY Diamantis CL %49,92) 4. uygulamada tespit edilirken, en düşük değerler kontrol bitkilerinde tespit edilmiştir.

Yanev (2020) 2017-2019 döneminde Bulgaristan'da Clearfield® kolza çeşidi PT 200 CL ile tarla denemesi kurulmuştur. Deney, Adjuvan Dash (herbisitler ile kullanılan azotlu gübreler) ile birlikte herbisit ürünleri içeren imazamox'un (17,5 g/L imazamox + 375 g/L metazachlor, 375 g/L metazachlor + 100 g/L chinomerac + 17,5 g/L imazamox, 250 g/L quinmerac + 35 g/L imazamox ve 12,5 g/L imazamox + 250 g/L quinmerac) uygulamalarını

içermektedir. Herbisitler kolzanın 1-2 gerçek yaprak döneminde uygulanmıştır. *Anthemis arvensis* L., *Papaver rhoeas* L., *Galium aparine* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) karşı en yüksek etkinlik, *Lolium temulentum* L., *Avena fatua* L. ve kendi gelen *Triticum aestivum* L. 17,5 g/L imazamox + 375 g/L metazachlor ve Dash'in 2,00 + 1,00 L/ha oranlarında uygulanmasından sonra, ardından 17,5 g/L imazamox + 375 g/L metazachlor ve Dash'in 1,40 + 1,00 L/ha oranlarında ve 375 g/L metazachlor + 100 g/L chinomerac + 17,5 g/L imazamox ve Dash'in 2,00 + 1,00 L/ha oranlarında rapor edilmiştir. Uygulamalarda en yüksek bitki boyu, bitki başına dal sayısı, bitki başına tohum sayısı, merkezi tohum uzunluğu ve verim değerleri tespit edilmiştir.

Hamıd vd. (2021) Fırat-87 çeşidinin Etil Metan Sülfonat (EMS) ile mutasyona uğratılmış tohumlarından elde edilen 139 M_5 mercimek genotipi ve 6 kontrol mercimek çeşidi de dahil olmak üzere, M_5 jenerasyonunda seçilen 145 mutasyona uğratılmış mercimek genotipinin imazamox herbisitine toleransını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Deneme, sera ve arazi şartlarında gerçekleştirilmiştir. Herbisit, bitkiler 5-6 boğum aşamasındayken önerilen dozda (100 mL/ha veya 40 g etken madde/ha) ve 1,5 katı (%150) imazamox olarak uygulanmıştır. Genotiplerin herbisite karşı tepkisi, tarla denemesinde uygulamadan 45 ve 60 gün sonra, sera denemesinde ise uygulamadan 30 ve 60 gün sonra bitki boyunun büyüme göstergesi olarak ölçülmesi ve yaprak hasarının 1 ile 5 ölçeğinde görsel olarak puanlanmasıyla değerlendirilmiştir. Genotipler, herbisitlere karşı tepkilerine göre yüksek toleranslı, toleranslı, orta derecede toleranslı, hassas ve yüksek derecede hassas olarak sınıflandırılmıştır. Sonuçlar, herbisite karşı tolerans açısından genotipler arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Uygulamadan 60 gün sonra, genotiplerin çoğu her iki deneyde de bir miktar iyileşme göstermiştir. Beş genotip (IMI-124, IMI-128, IMI 130, IMI-138 ve IMI-139), her iki deneyde de yüksek herbisit toleransı göstermiştir.

Concato vd. (2022) yürüttükleri çalışmada, farklı etki mekanizmalarına sahip herbisitlerin kullanılmasının kolza bitkilerinde antioksidan enzimlerin aktivitesi, ALA-D, gaz değişimi ve imidazolinone dayanıklı (Hyola 571 CL) verimi üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırmada Hyola 571 CL kolza çeşidi ile diclosulam, imazaquim, sulfentrazone + diuron pendimenthalin, flumioxazin, imazethapyr + imazapic, imazapic + imazapyr, imazamox, nicosufuron, chlorimuron, netsulfuron-methyl, iodosulfuron ve pyroxsulam etken maddeli herbisitler kullanılmıştır. Uygulamadan 7, 14, 21 ve 28 gün sonra

herbisit fitotoksisitesi değerlendirilmiştir. Sonuçlar kolza çeşidinin toleranslı herbisitlere karşı hassasiyet gösterdiği belirlenmiştir. Pendimetalin, flumioxazin, chlorimuron-ethyl, metsulfuron-methyl ve iodosulfuron etken maddelerinin Hyola 571 CL için en zararlısı iken, imazethapyr + imazapic ve imazapic + imazapyr ticari karışımları ve iodosulfuron en seçici etken maddeler olduğu bulunmuştur. Sulfentrazone + diuron pendimenthalin, nicosufuron, clorimuron ve netsulfuron-methyl karışımları bitkiye negatif etkisi olmuştur. Kolza, sulfonillüre sınıfından (ALS) sulfentrazone (%29,54), PROTOX inhibitörü ve nicosufuron (%47,52), chlorimuron (%39,08) ve metsulfuron-methyl (%60,55)'e maruz kaldığında kontrole kıyasla MDA (lipid peroksidasyonu) seviyelerinde bir artış gözlenmiştir. Öte yandan, bazı herbisitler, diclosulam (%5,04), imazaquim (%30,59), sulfentrazone + diuron (%26,68), pendimethalin (37,09), imazamox (%48,61) ve iodosulfuron (%62,35) olmak üzere kontrolden daha düşük peroksidasyon seviyeleri göstermiş, bu da bitki zarına zarar vermediklerini belirtmiştir. CAT enziminin aktivitesi çoğu uygulamada engellenmiştir. Bunlar arasında yaklaşık %60,53'lük bir düşüşle diclosulam, %57,83'lük bir düşüşle sulfentrazone + diuron, pendimethalin %63,65, flumioxazin %46,22, imazethapyr + imazapic %69,56, imazapic + imazapyr %93,20, chlorimuron %71,90, netsulfuron-methyl %79,09, iodosulfuron %57,14 var olduğu bildirilmiştir. Buna karşılık, enzimin aktivitesini artıran tek herbisitin (%45,45) pyroxsulam olduğu belirtilmiştir. İncelenen uygulamalar arasında, ALS inhibitörleri olan imazethapyr + imazapic, imazapic + imazapyr, chlorimuron ve metsulfuron-methyl içerenler, inhibisyonun enzim üzerindeki en büyük etkilerini göstermiştir. Hiçbir uygulama, herbisit içermeyen kontrole kıyasla kolzanın verimini olumsuz yönde etkilememiştir. Ayrıca, bitkinin dayanıklı olduğu etki mekanizmasının herbisitleri olan imazapic + imazapyr (%63,42), imazethapyr (%78,73) ve imazamox (%71,79) maruz kaldıktan sonra üretim değerlerinde önemli bir artış göstermiştir.

Galon vd. (2022) herbisitlerin kullanımı ve yabancı ot rekabetinin tane verimine olumsuz etkilerini incelemişlerdir. Çalışma, herbisit duyarlılığını ve yabancı otlarla rekabeti belirlemek amacıyla sekiz ALS inhibitörü herbisit Hyola 571 CL çeşidi üzerinde kullanmışlardır. Imazethapyr, imazamox, imazapic + imazethapyr, imazapic + imazapyr, pyroxsulam ve nicosulfuron uygulamalarından sonra kolzanın fotosentez oranının azaldığı ancak sonra arttığı belirlenmiştir. Metsulfuron-methyl uygulamasının kolzada fitotoksisiteye neden olduğu ve incelenen morfolojik özelliklerde belirgin bir azalmaya neden olduğu bildirilmiştir. Imazamox uygulamasından sonra ve çavdar otu ve/veya şalgam varlığında

kolzanın morfofizyolojik özelliklerinde değişiklikler olduğu belirlenmiştir. Imazamox uygulamasından yedi gün sonra gaz değişim değerlerinin azaldığı ancak, 21 gün sonra bu farklılıkların önemsiz olduğu bulunmuştur. Metsulfuron-methyl uygulamasından 28 gün sonra bitki boyu (%58) önemli ölçüde azalmış ve imazethapyr (%23) ile artmıştır. Kolzanın yaprak alanı kontrol bitkilerine kıyasla iodosulfuron (%40) ve pyroxsulam (%21) uygulamaları ile önemli ölçüde azalmış ve imazamox (%42) ve imazapic + imazethapyr (%24) ile artmıştır. Kuru madde, imazethapyr uygulanan bitkilerde ise sırasıyla %23 ve %42 artmıştır. Imazethapyr, imazamox, imazapic + imazethapyr, imazapic + imazapyr, pyroxsulam ve nicosulfuron'un kolzada yabancı ot kontrolünde kullanılabileceği belirlenmiştir. Çavdar otu ve şalgam ile rekabetin, imazamox herbisitinin neden olduğu fitotoksisiteden daha zararlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Haliloğlu vd. (2022) Kırik ekmeklik buğday çeşidinde imazamox herbisitinin çimlenme ve fide özellikleri ile ıslah amaçlı çalışmalarda kullanılabilecek optimum dozu belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada, 4 farklı imazamox konsantrasyonu [0 (kontrol), 40, 50 ve 60 ppm], 3 farklı tampon solüsyonu (pH= 7.0) [MES hydrate, Fosfat buffer ve saf su] ve 2 farklı ön uygulama (1. uygulama 24 saat herbisit solüsyonunda bekletme ve daha sonra saf su içeren çimlenme kaplarında çimlendirme ve 2. uygulama çimlendirme ortamında sürekli bulundurma) yapılmıştır. Araştırmada, çimlenme oranı (ÇO), ortalama çimlenme zamanı (OÇZ), çimlenme hızı indeksi ve çimlenme gücü indeksi (ÇGİ), kök ve sürgün uzunluğu ve ağırlıkları incelenmiştir. Sonuçlar, tüm çözeltilerdeki kontrol uygulamalarında 24 saat bekletme işleminde OÇZ zamanında artışa, diğer incelenen özelliklerin tamamında ise bir azalmaya neden olduğu gözlenmiştir. Çimlenme ortamında herbisitin devamlı olarak bekletildiği uygulamada tampon solüsyonların kontrol uygulamaları karşılaştırıldığında aralarında bir fark olmadığı gözlenmiştir. Tampon çözeltilerin ortalamasına göre herbisit dozları karşılaştırıldığında, herbisit dozundaki artışa bağlı olarak OÇZ'de artış, bu özellik dışındaki diğer özelliklerde ise genelde önemli bir azalma kaydedilmiştir. Herbisitin etkisi tohumun çimlenmesinden ziyade bitki gelişimiyle yakından ilgili olan fide özelliklerinde (kök ve sürgün uzunluğu ve ağırlıkları) daha fazla olmuştur. Yapılan incelemeler sonunda en fazla büyüme ve gelişim engellenmesi fosfat tampon çözeltisinde hazırlanmış ve 60 ppm imazamox içeren ortamda meydana gelmiştir.

Balabanova (2022) yaptığı çalışmada, imidazolinone herbisitlerinin toprakta kalıcılığına karşılık ürün rotasyonlarında bir sonraki ürün için durumunu belirlemek amacıyla yapılmıştır. Denemede, buğday tohumlarının imazamox içeren çözeltilerde (10, 25 ve 50 µM) ıslatılmasının fide büyümesi, protein içeriği ve GSTs (glutathione S-transferazlar) aktivitesi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Buğday fidelerinin büyümesi, tohumların imazamox içeren çözeltilerde ıslatılmasından sonra önemli ölçüde engellenmiştir. Bitki taze ağırlığındaki azalma, sırasıyla 10, 25 ve 50 µM imazamox için %34, %47 ve %59 belirlenmiştir. Hem yaprak hem de kök uzunluğu için benzer azalmalar tespit edilmiştir. Köklerin ve sürgünlerin protein içeriğinde de kontrollere göre daha düşük bulunmuştur. Bunun kısmen, protein döngüsünün yavaşlamasına yol açan daha düşük asetohidroksi asit sentaz (AHAS) aktivitesinden kaynaklandığı belirlenmiştir. 1-cloro-2,4-dinitrobenzene (CDNB) ve p-nitrophenyl acetate (pNPA) olmak üzere iki farklı substrat kullanılarak belirlenen GSTs aktivitesi artmıştır.

Grozi (2023) 2018 - 2020 yıllarında Clearfield® kolza çeşidi Phoenix CL ile yaptıkları tarla çalışmasında, Kontrol (uygulama yapılmamış) ile 2 herbisitin, metazachlor + imazamox ve quinmerac + imazamox, karışımı ve 6 herbisit tank karışımı; metazachlor + quinmerac + imazamox, metazachlor + dimethenamid-P + imazamox, dimethenamid-P + quinmerac + imazamox, metazachlor + quinmerac + dimethenamid-P + imazamox, clopyralid + imazamox, clopyralid + picloram + aminopyralid + imazamox, 6 herbisit kombinasyonu; clomazone + imazamox, clomazone + metazachlor + imazamox, clomazone + pendimethalin + imazamox, clomazone + petoxamide + imazamox, clomazone + dimethachlor + imazamox, clomazone + dimethachlor + napropamide + imazamox içermektedir. Yapraktan uygulanan herbisitler 2-4 yapraklı dönemde uygulanmıştır. Toprakta uygulanan kombine herbisitler, kolzanın çıkış döneminden önce ekimden sonra uygulanmıştır. En düşük kolza verimi, yabancı ot istilasının bir sonucu olarak işlenmemiş kontrolden elde edilmiştir. En yüksek tohum verimi, kombine herbisit metazachlor + imazamox, ardından herbisit tank karışımı metazachlor + quinmerac + imazamox, metazachlor + dimethenamid-P + imazamox ve kombine herbisit quinmerac + imazamox kullanılarak elde edilmiştir. Yüksek kolza verimi, herbisit tankı karışımları metazachlor + quinmerac + dimethenamid-P + imazamox, metazachlor + dimethenamid-P + imazamox, dimethenamid-P + quinmerac + imazamox herbisit kombinasyonlarının yanı sıra clomazone + metazachlor + imazamox, clomazone + dimethachlor + imazamox, clomazone + pendimethalin + imazamox ile de elde edilmiştir.

Bitki boyu, kombine herbisit Cleranda, ardından herbisit tank karışımı Electron + Maza ve kombine herbisit Cleravo uygulamalarından elde edilmiştir.

Yücel (2023) farklı mercimek çeşitlerinin (Fırat 87, Çağıl ve Altıntoprak) imazamox herbisitine doğal toleransının belirlenmesi ve EMS (etil metan sülfanat) ile imazamox herbisitine toleranslı mercimek genotiplerinin elde edilmesi amacıyla yürüttükleri çalışmada, Fırat 87 çeşidinin imazamox'a en toleranslı, Çağıl çeşidinin ise en duyarlı olduğunu belirlemişlerdir. Çağıl, Altıntoprak ve Fırat 87 çeşitlerinin I_{50} değerleri sırasıyla 14,05 mL/ha, 23,00 mL/ha ve 38,47 mL/ha olarak belirlenmiştir. Fırat 87 tohumlarına 5 µM ve 10 µM EMS solüsyonları uygulanmıştır. EMS uygulamalarından sonra Fırat 87 M_2 generasyonuna tarla koşullarında imazamox (100mL/da) uygulanmıştır. M_3 generosyonuna ise sera koşullarında kontrol ve önerilen dozun ¼, ½, 1, 2 ve 4 katı imazamox kullanılmıştır. 4-6 yapraklı dönemde yapılan uygulamadan 28 gün hasat edilmiştir. Sonuçlar, Fırat 87 çeşidinin M_5 jenerasyonundaki bazı bitkilerin imazamox herbisitine toleranslı olduğunu ortaya koyulmuştur. Kırmızı mercimek için %50 ALS aktivitesinin inhibisyonu 8,18 iken, kontrol için 7,23 belirlenmiştir.

Xiang vd. (2023) yaptıkları çalışmada, anatomik ve fizyolojik özellikleri bakımından çeltiğe benzeyen *Oryza* spp. yabancı otu geleneksel çeltik yetiştiriciliğinde kontrol altına almayı amaçlamışlardır. *Oryza* spp.'i kontrol etmek için imidazolinone (IMI) dayanıklı JD372 ve JJ818 çeltik hatları ekilmiş ve imazamox uygulanmıştır. Tüm bitki doz-tepki analizi, imazamox'un üç *Oryza* spp. popülasyonuna karşı yüksek etkinlik gösterdiği belirlenmiştir. *Oryza* spp. popülasyonları FN-5, GY-8 ve HY-3'ün ED90 değerleri sırasıyla 46,87, 61,43 ve 52,17 g e.m./ha olup, imazamox'un önerilen tarla dozuna (50 g e.m./ha) yakın olduğu belirlenmiştir. Bunun tersine, JD372 ve JJ818'in ED10 değerleri 50 g aktif madde/ha'dan biraz daha düşük bulunmuştur. Bu bulgular imazamox'un JD372 ve JJ818 çeşitlerin bulunduğu tarlalarda *Oryza* spp. üretimini kontrol edebileceğini göstermiştir. JD372'nin in vitro koşullarda asetolaktat sentaz (ALS) duyarlılığı, FN-5'e kıyasla imazamox'a 1714 kat daha düşük olduğu belirlenmiştir. ALS gen dizilimi, JD372'de IMI herbisitlerine dayanıklılık kazandıran yaygın bir mutasyon olan Ser653Asn nokta mutasyonunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca, imazamox uygulamasında 24 ve 72 saat sonra JD372'de daha yüksek ALS ekspresyon seviyeleri bulunmuştur.

Juhasz vd. (2023) adi fiğ bitkisinde kumlu toprakta yaptıkları araştırmada dört farklı herbisit (pendimethalin, metolachlor, flumioxazin, bentazon) sırasıyla 5 L/ha, 1,4 L/ha, 0,06 kg/ha ve 2 L/ha dozlarında ve dört farklı dozda (0,6, 0,8, 1,0 ve 1,2 L/ha) imazamox uygulanmıştır. Sonuçlar, diğer uygulamalara kıyasla flumioxazin ile en yüksek (Normalleştirilmiş Farklı Bitki Örtüsü İndeksi) NDVI değerlerinin elde edildiğini göstermiştir. Kontrol grubuna (132,5 kg/ha) göre flumioxazin uygulamasıyla en yüksek verimi (194,1 kg/ha) elde edilmiştir. Flumioxazin ayrıca, parsel başına en az yabancı ot ve en düşük fitotoksisite değerine sahip olması nedeniyle de en iyi seçenek olarak belirlenmiştir. Pendimethalin, 121,3 kg/ha ile kontrol parsellerinin ortalama tohum verimine yaklaşsa da diğer göstergelerde belirgin bir şekilde öne çıkmamıştır. Pendimethalin, tohum verimi/ha ve bitki artıkları/ha arasındaki en yüksek yüzde oranına (%61,8) sahipken, onu flumioxazin (%60,7) izlemiştir. Sonuçlar ayrıca, NDVI değerleri ile tohum verimi arasında pozitif bir korelasyon ve NDVI değerleri ile bitki artıkları arasında pozitif bir korelasyon olduğunu, buna karşılık NDVI değerleri ile fitotoksisite arasında 0,01 düzeyinde negatif bir korelasyon olduğunu göstermiştir.

Harmancı vd. (2024) ayçiçeğinde imazamox'a dayanıklı bitkilerin seçiminde çimlenme testini kullanma potansiyelini araştırmışlardır. Çalışmada imidazolinone herbisitine dayanıklı (IMI-R) ve duyarlı (IMI-S) iki ayçiçeği çeşidini farklı dozlarda imazamox (kontrol, 0,1, 0,2, 0,4, 0,8 ve 1,6 mM) solüsyonları ile standart çimlenme testine tabi tutmuşlardır. Çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi, çimlenme indeksi, sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, fide yaş ve kuru ağırlığı ve fide büyüme parametreleri incelenmiş ve fitotoksisite yüzdeleri belirlenmiştir. Sonuçlar, imazamox konsantrasyonlarının sadece 1,6 mM'de iki ayçiçeği çeşidinin çimlenme yüzdesini asgari düzeyde etkilediğini göstermiştir. Artan imazamox dozlarının ortalama çimlenme süresinde bir artışa ve her iki ayçiçeği çeşidinde de çimlenme indeksinde bir azalmaya yol açtığı belirlenmiştir. Sürgün uzunluğu, kök uzunluğu ve fide yaş ağırlığı gibi fide büyüme parametrelerinin ise imazamox dozlarındaki artışa bağlı olarak önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Ayrıca, IMI-R ve IMI-S ayçiçeği çeşitleri arasındaki farklar bu parametrelerde çok belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır. IMI-S ayçiçeği çeşidi imazamox varlığına hassasiyet gösterirken, IMI-R çeşidinde 0,4 mM'ye kadar herhangi bir değişiklik tespit edilmemiştir. İnhibisyon yüzdesi IMI-S çeşidinde IMI-R'ye göre daha yüksek bulunmuştur. Erken büyüme aşamasında dayanıklı bitkilerin seçimi için en uygun imazamox dozunun 0,2 mM olduğu bildirilmiştir. Çimlenme

parametrelerinin imazamox'a dayanıklılık için iyi kriterler olmadığını ancak, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu ve fide yaş ağırlığının ayçiçeğinde imazamox'a dayanıklılıkta kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

De Moura-Silva vd. (2025) imazapyr (525 g/kg) + imazapic (175 g/kg) içeren herbisitin Su sümbülü üzerindeki toksik etkilerini belirlemeyi amaçladıkları çalışmada, uygulama yapılmamış kontrollerin yanı sıra 0,2 mg/L, 0,5 mg/L ve 1,0 mg/L arasında değişen herbisit konsantrasyonları kullanılarak iki çalışma yapmışlardır. Uygulamadan 7 ve 14 gün sonra yapraklarda ve köklerde görsel semptomlar, klorofil indeksi, büyüme parametreleri, klorofil *a* flüoresansı, gaz değişimi, epidermal anatomi, reaktif oksijen türleri, lipit peroksidasyonu, elektrolit sızıntısı, antioksidan enzim aktivitesi, glikolat oksidaz, glutatyon S-transferaz ve asetolaktat sentaz aktivitesinin yanı sıra karbonhidrat, aminoasit ve protein içeriği dahil olmak üzere birçok parametre incelenmiştir. Deneme sonucunda, herbisit uygulanan olgun yapraklarda fotokimyasal bozulma olduğunu, karbon asimilasyonu ve fotorespirasyonu tehlikeye atmış ve karbonhidrat birikimine yol açtığını belirlemişlerdir. Oksidatif stres tepkileri ve antioksidan enzim aktivitesi hem yapraklarda hem de köklerde değişmiştir. Herbisit uygulaması yapılan bitkilerde asetolaktat sentaz aktivitesi artarken, protein ve aminoasit içerikleri değişmemiştir. Genel olarak, herbisit uygulaması özellikle üreme ve yayılma için gerekli olan yapraklar ve fideler gibi yeni dokuların gelişimini engellemiştir. Su sümbülü bitkisinin yapısını önemli ölçüde bozarken, aynı zamanda olgun dokularda fizyolojik ve biyokimyasal bozuklukları tetiklemiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Imidazolinone herbisitine dayanıklı ve hassas kışlık kolza çeşitlerine uygulanan imazamox ve clopyralid etken maddeli herbisitlerin çimlenme ve erken fide gelişimi ile bitki büyümesi üzerine etkilerinin morfolojik ve fizyolojik karakterler yardımıyla belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmada kullanılan materyal ve uygulanan yöntemler aşağıda özetlenmiştir.

3.1. Materyal

Bu çalışma, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tohum Bilimi ve Teknolojisi Laboratuvarında 2024 yılında yürütülmüştür. Çalışmada, iki ticari kolza çeşidi, imidazolinone dayanıklı (IMI-R) KWS Cyrill CL ve hassas (IMI-S) Riccardo KWS çeşitleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan kolza çeşitlerine ait bazı özellikler aşağıda verilmiştir.

KWS Cyrill CL çeşidi KWS Türk Tarım Tic. A.Ş. firmasına ait olup, 08.04.2025 tarihinde tescil edilmiştir. Dallanma yeteneği yüksek, kuvvetli kök ve gövde yapısına sahip, verim kaybı düşük ve Clearfield® ilaç uygulamasına dayanıklı olup, bitkilerin 4 ve 6 yapraklı döneminde uygulanması tavsiye edilmektedir (Anonim, 2025c).

Riccardo KWS çeşidi, KWS Türk Tarım Tic. A.Ş. firması tarafından geliştirilmiş verim potansiyeli yüksek, kuru maddede yüksek protein içeriği, sonbaharda hızlı büyüme ve gelişime sahip olan ve geç ekimi iyi tolere etme yeteneğine sahip bir çeşit olduğu bildirilmektedir (Anonim, 2025d).

Çalışmada imazamox ve clopyralid etken maddelerine sahip herbisitlerin özellikleri ve kontrol ettiği yabancı otlar Çizelge 3.1'de özetlenmiştir. Imazamox, (2-[4.5-dihydro -4 -methyl- 4- (1- methylethyl)5-oxo-1 H- imidazol -2 -yl]-5-(methoxymethl)-3pyridinecarboxylic acid) 305.33 molekül ağırlığına sahip olan bir herbisittir. Clopyralid ise (3, 6-dichloro-2-pyridinecarboxylic acid) 192.00 molekül ağırlığına sahip olan ve herbisit olarak kullanılan bitki koruma ürünüdür.

Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan herbisitlerin etken maddeleri, formülasyonu, etkili olduğu yabancı otlar ve önerilen dozları

Herbisit	Ticari adı	Formülasyon konsantrasyonu	Etki spektrumu	Önerilen doz	Üretici firma
Imazamox	Intervix® Pro	SL 40 g/L	Canavar otu (*Orabanche cernua*), domuz pıtrağı (*Xanthium strumarium*), horoz ibiği (*Amaranthus albus*), sirken (*Chenopodium album*), şeytan elması (*Datura stramonium*), kırmızı köklü tilki kuyruğu (*Amaranthus retroflexus*), köpek üzüm (*Solanum nigrum*), darıcan (*Echinochloa crus-galli*), çoban değneği (*Polygonum aviculare*)	125 mL/da (5 g e.m./da)	BASF Türk Kimya San. ve Tic. Ltd. Şti.
Clopyralid	Phaeton®	SL 100 g/L	Köpek papatyası (*Anthemis arvensis*), çoban çantası (*Capsella bursa-pastoris*), köygöçüren (*Cirsium arvense*), yabani krizantem (*Chrysanthemum segetum*), ballıbaba (*Lamium amplexicaule*), hakiki papatya (*Matricaria chamomilla*), gelincik (*Papaver rhoeas*)	100 mL/da (10 g e.m./da)	Hektaş Ticaret A.Ş.

3.2. Yöntem

3.2.1. Çimlenme dönemi herbisit uygulaması

Çalışmada kullanılan iki kışlık kolza çeşidine ait tohumlar dört imazamox konsantrasyonunda çimlendirilmiştir. Imazamox dozları 0,25, 0,50, 1,00 ve 2,00 mM olacak şekilde ayarlanmıştır. Kontrol olarak saf su kullanılmıştır. Bu seviyeler, 5 g e.m./da imazamox içeren herbisit kullanılarak hazırlanmıştır. Ayrıca, tohumlar yine kolzaya ruhsatlı olan clopyralid etken maddeye sahip herbisit kullanılarak hazırlanan 0,21, 0,43, 0,85 ve 1,72 mM'lik solüsyonlarda çimlenme testine tabi tutulmuştur. Imidazolinone herbisitine

dayanıklı ve hassas kolza çeşitlerinin çimlenme ve erken fide büyüme performansını karşılaştırarak imazamox dayanıklı kolza bitkilerini çimlenme testiyle tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Çimlenme testi, kolza çeşitlerinden dört tekerrürlü olarak hazırlanan 50'şer tohum, 20 × 20 cm boyutunda üç adet filtre kâğıdı arasına yerleştirilmiştir. Her tekerrüre ilgili herbisit çözeltisinden toplam 21 mL uygulanmıştır. Daha sonra, filtre kağıtları rulo haline getirilerek nemin buharlaşmasını önlemek için ağzı kilitli plastik torbaya yerleştirilmiştir. ISTA (2003) kurallarına göre, karanlıkta 7 gün boyunca 20°C'ye ayarlı inkübatör içerisinde bekletilmiştir. İki milimetrelik kökçük çıkışı tohumların çimlenme kriteri olarak değerlendirilmiştir.

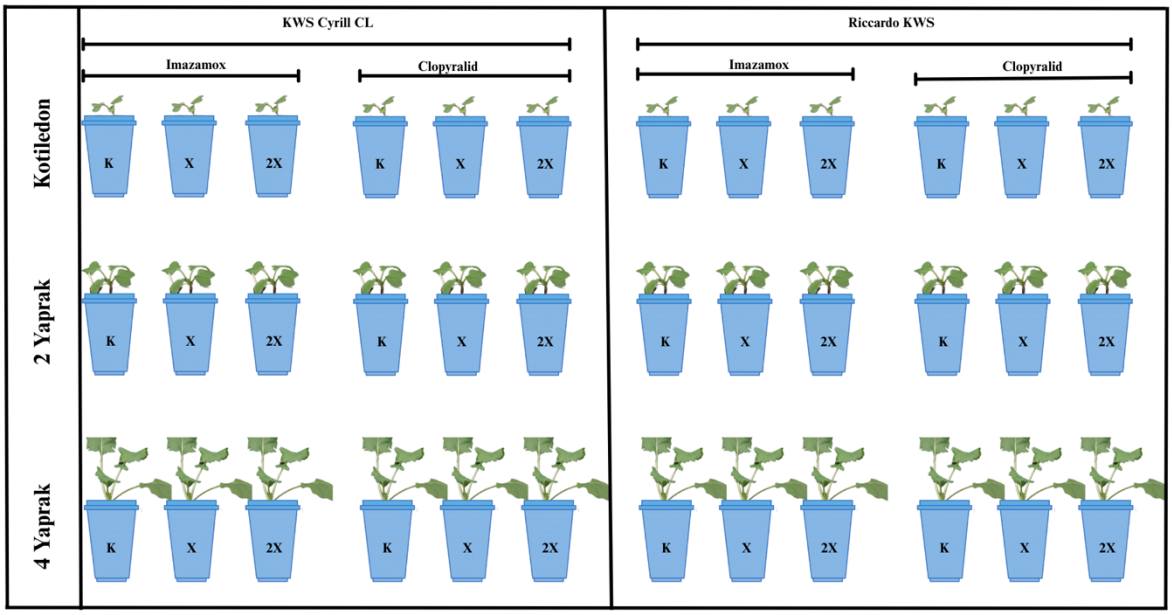
3.2.2. Bitki büyüme döneminde herbisit uygulaması

Kolza çeşitlerinin farklı büyüme dönemlerinde herbisit konsantrasyonlarına tepkilerini morfolojik ve fizyolojik özellikler yardımıyla değişimleri belirlemek amacıyla saksı denemesi kurulmuştur. Denemede 10 cm derinliğinde ve 7,5 cm çapındaki plastik saksılara 3:1:1 oranındaki torf, perlit ve vermikülit karışımından 70 g doldurulmuştur. Dört tekerrürlü olacak şekilde düzenlenen çalışma 30.10.2024 tarihinde kurulmuştur. Tohumlar 1 cm derinliğe ekildikten sonra her saksıya 100 mL olacak şekilde distile su ile sulanmıştır.

Saksılar, gece 18°C sıcaklıkta 8 saat karanlık ve gündüz 23°C sıcaklıkta 16 saat aydınlık fotoperiyotunda ve %70 nem koşullarına ayarlanan bitki büyütme odasına aktarılmıştır. Kotiledon yaprakların toprak yüzeyine çıkması ile denemenin 1. uygulama dönemi 04.11.2024 tarihinde Çizelge 3.2'deki herbisit dozlarıyla gerçekleştirilmiştir. İkinci uygulama dönemi bitkiler 2 gerçek yapraklı olduğunda ve 3. Uygulama dönemi ise bitkiler 4 gerçek yaprak olduğun dönemde yapılmıştır. Deneme süresince saksılar iki günde bir, tarla kapasitesine gelecek şekilde distile su ve ½ oranında Hoagland solüsyonu ile sulanmıştır. Uygulamanın başlamasından 25 gün sonra (29.11.2024) denemeye son verilerek hasat edilen bitkilerde morfolojik, fizyolojik ve stoma özellikler incelenmiştir. Deneme planına uygun olarak hazırlanmış Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Araştırmada kullanılan herbisitlere ait dozlar ve miktarları

	Imazamox		**Clopyralid**	
	125 mL/da	**30 L su**	**100 mL/da**	**30 L su**
Önerilen doz (X)	4,16 mL (0,166 e.m.)	1 L	3,33 mL (0,333 e.m.)	1 L
Fitotoksisite (2X)	8,32 mL (0,332 e.m.)	1 L	6,66 mL (0,666 e.m.)	1 L



Şekil 3.1. Deneme planına göre hazırlanmış şematik gösterim

3.3. Verilerin Elde Edilmesi

Araştırmada çimlenme ve saksı denemelerinde incelenen özelliklerin ölçüm ve analiz yöntemleri sırasıyla aşağıda verilmiştir.

3.3.1. Çimlenme yüzdesi (%)

İki milimetre kökçük uzunluğuna sahip tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilerek, çimlenen tohumlar 7 gün sonunda sayılmış ve toplam tohum sayısına oranlanarak çimlenme yüzdesi (%) belirlenmiştir (ISTA, 2003).

3.3.2. Ortalama çimlenme süresi (gün)

Deneme süresince çimlenen tohumlar her gün sayılmış ve elde edilen sonuçlar Ellis ve Roberts (1981)'e göre aşağıdaki formülden yararlanılarak gün olarak belirlenmiştir.

$$Ortalama\ Çimlenme\ Süresi = \frac{(\sum Dn)}{(\sum n)} \qquad (3.1)$$

Formülde, D sayım günündeki çimlenen tohum sayısını, n sayım yapılan gün sayısını göstermektedir.

3.3.3. Çimlenme indeksi

Aşağıda gösterilen formül yardımıyla hesaplanmıştır (Mares ve Mrva, 2001).

$$Çimlenme\ İndeksi = \frac{7\times N_1+6\times N_2+\cdots+1\times N_7}{Toplam\ çimlenme\ gün\ sayısı\times Çimlenmede\ kullanılan\ tohum\ sayısı} \times 100 \qquad (3.2)$$

N_1, N_2, …, N_7: 1. günde, 2. günde, …, 7. günde çimlenen tohum sayısı (3.3)

3.3.4. Sürgün uzunluğu (cm)

Her tekerrürden yedinci gün sonunda tesadüfen seçilen on adet fidenin sürgün uzunluğu cetvel ile ölçülerek santimetre olarak belirlenmiştir.

3.3.5. Kök uzunluğu (cm)

Her tekerrürden yedinci gün sonunda tesadüfen seçilen on adet fidenin kök uzunluğu cetvel ile ölçülerek santimetre olarak belirlenmiştir.

3.3.6. Fide yaş ağırlığı (mg/bitki)

Sürgün uzunluğu belirlenen on adet fidenin ağırlığı, hassas terazide tartılmış ve oranlanarak mg/bitki olarak hesaplanmıştır.

3.3.7. Fide kuru ağırlığı (mg/bitki)

Yaş ağırlıkları belirlenen on adet fide 70°C'de 24 saat etüvde kurutulmuş ve hassas terazide tekrar tartıldıktan sonra 10'a bölünerek kuru ağırlıkları mg/bitki olarak belirlenmiştir.

3.3.8. Kuru madde oranı (%)

Kuru madde oranı aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$Kuru\ madde\ oranı\ (\%) = \frac{Fide\ kuru\ ağırlığı\ (\frac{mg}{bitki})}{Fide\ yaş\ ağırlığı\ (\frac{mg}{bitki})} \times 100 \qquad (3.4)$$

3.3.9. Bitki yaş ağırlığı (g)

Saksı denemelerinde hasat zamanında bitkiler toprak yüzeyinden kesilerek yaş ağırlıkları hassas terazide tartılarak gram (g) olarak belirlenmiştir.

3.3.10. Bitki kuru ağırlığı (g)

Yaş ağırlıkları belirlenen bitkiler sonra 70°C'de 24 saat etüvde kurutulmuş ve hassas terazide tekrar tartılarak gram (g) olarak belirlenmiştir.

3.3.11. Yaprak sıcaklığı (°C)

Hasat zamanında her tekerrürde bitkilerin üstten 3. ve 4. yaprağında kızılötesi termometre (Trotec TP7 Pirometre) ile fidelerin yaprak yüzey sıcaklıkları ölçülmüş ve santigrat derece (°C) olarak verilmiştir.

3.3.12. Klorofil oranı (SPAD)

Çalışmada, hasat döneminde yaprakların klorofil içeriği "Konica Minolta SPAD-502" portatif klorofil metre kullanılarak SPAD biriminde ölçülmüştür. Ölçümler üstten 3. ve 4. yaprağın ana damara yakın iki bölgesinden elde edilen verilerin ortalaması alınarak belirlenmiştir.

3.3.13. Elektrolit sızıntısı (%)

Farklı dönemlerde herbisit uygulaması yapılan kolza çeşitlerinden elde edilen bitkilerin yapraklarından alınan 0,6 mm çapındaki toplam 8 adet disk 0,001 hassasiyetindeki terazide tartılarak içerisinde 30 mL saf su bulunan 50 mL hacme sahip cam deney tüplerine konulmuştur. Daha sonra tüplerin içindeki disklerin su ile tam temasının sağlanması amacıyla 30 rpm hızda çalışan vorteks yardımıyla 10'ar saniye süreyle çalkalanmıştır. Buharlaşmanın önlenmesi amacıyla uç kısımları alüminyum folyo yardımıyla kapatılmıştır. Her biri eşit aralığa sahip tüp standına yerleştirilen deney tüpleri 20°C sıcaklıkta karanlık ortamda çalışan inkübatöre yerleştirilmiş ve 24 saat bekletildikten sonra elektrolit sızıntısının (EC_1) ölçülebilmesi için WTW 3.15 model elektriksel iletkenlik ölçer (EC metre) kullanılmıştır. Daha sonra tüpler 95°C sıcaklıkta 1 saat su banyosunda yaprak dokuları ölene kadar bekletildikten sonra oda sıcaklığında soğuması beklenmiştir. Örnekler 25°C sıcaklıkta EC değerleri ölçülmüştür (EC_2). Elde edilen değerlerden aşağıdaki formül yardımıyla elektrolit sızıntısı belirlenmiştir (Lutts vd., 1996).

$$Elektrolit\ sızıntısı\ (\%) = (\frac{EC_1}{EC_2}) \times 100 \qquad (3.5)$$

EC_1: İlk EC değeri
EC_2: Son EC değeri

3.3.14. Yaprak oransal su içeriği (%)

Her tekerrürden alınan yaprak örneklerinin oransal su içeriklerinin belirlenmesi amacıyla alınan yaprakların yaş ağırlıkları 0,001 g duyarlı hassas terazide tartılmış ve 24 saat saf su içerisinde bekletildikten sonra turgor ağırlığı belirlenmiştir. Daha sonra bu yaprak örnekleri 80 °C sıcaklıkta 24 saat etüvde kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları tartılmıştır. Aşağıdaki formül yardımıyla yaprak oransal su içeriği yüzde (%) olarak hesaplanmıştır (Turner, 1986).

$$Yaprak\ oransal\ su\ içeriği\ (\%) = \frac{Yaş\ ağırlık - Kuru\ ağırlık}{Turgor\ ağırlığı - Kuru\ ağırlık} \times 100 \qquad (3.6)$$

3.3.15. Yaprak alanı (cm^2)

Hasat döneminde elde edilen bitkilerden alınan gerçek yapraklar çeşit, dönem, ilaç ve dozlarına göre ayrı ayrı sıralanarak tarayıcıda taranmış ve ImageJ programı yardımıyla görüntü işleme metodu kullanılarak piksel (pix) cinsinden yaprak alanları hesaplanmıştır (Şekil 3.2). Hesaplanan değerler santimetrekare (cm^2) cinsine dönüştürülmüştür.

3.3.16. Stoma özellikleri

Kolza bitkilerinin iki gerçek yaprakların alt epidermisi orta damar ile yaprak kenarı arasındaki alana dikkatlice şeffaf oje ile kaplanmış ve 2-3 dakika kurumaya bırakılmıştır. Kuruduktan sonra yavaşça laminadan çıkarılmıştır. Zeiss Axio Scope A.1 marka mikroskopta 10× büyütme oranına sahip okülere yerleştirilen mikrometre kullanılarak 40× büyütme oranında objektif ile incelenen preparat üzerinde 0,083 mm^2'deki stoma sayıları kaydedilmiştir. Mikroskoba entegre Canon EOS 2000 Model fotoğraf makinesi yardımıyla stomalar fotoğraflanmıştır. Elde edilen görüntülerdeki stomaların AxioVision programında eni ve boyu ölçülmüştür. Ölçümler her bitkiye ait 2'şer yaprakta farklı yerlerde 8-10 adet okuma şeklinde belirlenmiştir. Bitkilerin herbisit uygulamasından dolayı gelişim farklılıkları gösterme ihtimaline karşı, stoma gözlem ve ölçümleri kotiledon yaprakların üzerindeki ilk iki gerçek yapraktan yapılmıştır.

Stoma sayısı, yaprakların alt epidermisinden alınan örnekler 40× objektifte 0,083 mm^2'ye denk gelen stomalar sayılmış ve ortalaması alınarak adet/mm^2 olarak belirlenmiştir.

Stoma eni, alt epidermis örneklerinde sayılan stomaların eni oküler mikrometre ile ölçülüp ortalaması alınarak µm olarak belirlenmiştir.

Stoma boyu, aynı örneklerde stomaların boyu oküler mikrometre ile ölçülüp ortalaması alınarak µm olarak belirlenmiştir.

Stoma büyüklüğü, stoma boyunun yarısı ile stoma eninin yarısı çarpıldıktan sonra pi (π) sayısıyla çarpılarak μm^2 olarak elde edilmiştir.

3.4. Verilerin Analizi ve Değerlendirilmesi

Araştırmadan sonucunda her tekerrürden ölçüm yapılan verilerin ortalaması alınmış ve dört tekerrürlü olarak deneme planına uygun olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizi yapılmıştır (Steel ve Torrie, 1980). İstatistiksel analizler bilgisayarda MSTAT-C paket programı kullanılarak yapılmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıkların önem seviyesi Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile tespit edilmiştir (Düzgüneş vd., 1987).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, iki farklı etki mekanizmasına sahip etken maddeli herbisit ve bunların uygulama dozlarının kolza çeşitlerinin çimlenme özellikleri, kök ve sürgün gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırmada imidazolinone grubu herbisite dayanıklı (KWS Cyrill CL) ve hassas (Riccardo KWS) olan iki kolza çeşidi kullanılmıştır. Ayrıca, kolza bitkilerinin farklı büyüme dönemlerinde uygulanan herbisit ve dozlarının bitki gelişimi ve bazı fizyolojik parametreleri üzerine etkileri de incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, çimlenme dönemi ve erken bitki büyüme dönemi olarak iki kısım halinde verilmiştir.

4.1. Çimlenme Dönemi

Imidazolinone herbisitine dayanıklı (IMI-R) ve hassas (IMI-S) iki kolza çeşidine artan dozlarda uygulanan imazamox'un çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi ve çimlenme indeksi verileri ile varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı imazamox dozlarında kolza çeşitlerinin çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi ve çimlenme indeksine ait varyans analizi

V.K.	S.D.	Kareler Ortalaması		
		Çimlenme Yüzdesi	Ortalama Çimlenme Süresi	Çimlenme İndeksi
Genel	39	-	-	-
Çeşit (A)	1	221,0**	0,25**	26,2**
Doz (B)	4	6,6	0,42**	25,0**
A×B	4	7,9	0,15**	6,7**
Hata	30	10,7	0,01	0,6

**: %1 düzeyinde önemli

İki kolza çeşidine artan imazamox dozlarının uygulanması sonucunda, çimlenme yüzdesi bakımından çeşitler arasındaki farklılıklar %1 düzeyinde, ortalama çimlenme süresi ve çimlenme indeksi bakımından da çeşit, doz ve çeşit × doz interaksiyonu %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1). Belirlenen farklılıkların önem düzeyi Duncan çoklu karşılaştırma testi ile saptanmış ve Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Farklı imazamox dozlarında kolza çeşitlerinin çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi ve çimlenme indeksi ortalamaları

Çeşit	Imazamox Dozları (mM)					*Ortalama*
	Kontrol	**0,25**	**0,50**	**1,00**	**2,00**	
	Çimlenme Yüzdesi (%)					
KWS Cyrill CL	91	96	93	93	92	***93^{B}***
Riccardo KWS	99	98	97	98	98	***98^{A}***
Ortalama	***95***	***97***	***95***	***96***	***95***	
	Ortalama Çimlenme Süresi (gün)					
KWS Cyrill CL	2,71^{b}	2,69^{b}	2,57^{c}	2,34^{d}	2,24^{e}*	***2,51^{A}***
Riccardo KWS	2,91^{a}	2,14^{f}	2,28^{de}	2,29^{de}	2,15^{f}	***2,35^{B}***
Ortalama	***2,81^{A}***	***2,41^{B}***	***2,42^{B}***	***2,31^{C}***	***2,20^{D}***	
	Çimlenme İndeksi					
KWS Cyrill CL	18,7^{e}	20,3^{d}	20,1^{d}	21,2^{cd}	21,7^{bc}	***20,4^{B}***
Riccardo KWS	17,4^{f}	23,4^{a}	23,4^{a}	22,7^{ab}	23,1^{a}	***22,0^{A}***
Ortalama	***18,1^{B}***	***21,8^{A}***	***21,8^{A}***	***21,9^{A}***	***22,4^{A}***	

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi, her iki kolza çeşidinde çimlenme yüzdesi artan imazamox dozlarında etkilenmemiştir. Riccardo KWS (IMI-S) çeşidinin çimlenme yüzdesi (%98) KWS Cyrill CL (IMI-R) çeşidinden (%93) daha yüksek bulunmuştur. Ortalama çimlenme süresi bakımından da kolza çeşitleri arasında önemli istatistiksel farklılık belirlenmiştir. Riccardo KWS çeşidi daha kısa sürede çimlenmiş ve artan imazamox konsantrasyonu çimlenme süresini kısaltmıştır. Ayrıca, imazamox konsantrasyonlarındaki artış çimlenme indeksinde önemli artışa neden olmuştur. Kontrolde ortalama 18,1 olan çimlenme indeksi 2,00 mM imazamox dozunda KWS Cyrill CL çeşidinde 21,7'e, Riccardo KWS çeşidinde ise 23,1'e yükselmiştir. Çimlenme indeksi, imazamox'un tüm seviyelerinde Riccardo KWS çeşidinde daha yüksek bulunmuştur. Benzer sonuçlar Haliloğlu vd. (2022) tarafından buğday tohumlarına yaptıkları ön uygulamadan 24 saatte bekletmenin tüm çözeltilerdeki kontrol uygulamalarının ortalama çimlenme süresinde bir artış gözlenmiştir. Bu özellik dışındaki diğer özelliklerde ise genelde önemli bir azalma kaydedilmiştir. Harmancı vd. (2024) imazamox konsantrasyonlarının dayanıklı ve hassas iki ayçiçeği çeşidinin çimlenme yüzdesini çok az etkilediğini, ortalama çimlenme süresinde artışa ve çimlenme indeksinde azalmaya yol açtığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı clopyralid dozları uygulanan iki kolza çeşidinin çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi ve çimlenme indeksine ait varyans analizi

V.K.	S.D.	Kareler Ortalaması		
		Çimlenme Yüzdesi	Ortalama Çimlenme Süresi	Çimlenme İndeksi
Genel	39	-	-	-
Çeşit (A)	1	372,0**	0,02	2,65*
Doz (B)	4	35,3**	0,07**	12,50**
A×B	4	21,9*	0,01	4,59**
Hata	30	6,8	0,01	0,63

*: %5, **: %1 düzeyinde önemli

Farklı clopyralid dozları uygulanan iki kolza çeşidinin çimlenme yüzdesi bakımından yapılan varyans analiz sonucunda, çeşitler ve dozlar arasındaki farklılık %1, çeşit × doz interaksiyonu ise %5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.3). Ortalama çimlenme süresinde dozlar arasındaki farklılık %1 düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır. Çimlenme indeksinde ise çeşitler %5, dozlar ve çeşit × doz interaksiyonu %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. İncelenen özelliklere ait ortalama değerler ve farklılık gruplandırmaları Çizelge 4.4'te özetlenmiştir.

Çizelge 4.4. Farklı clopyralid dozlarında kolza çeşitlerinin çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi ve çimlenme indeksi ortalamaları

Çeşit	Clopyralid Dozları (mM)					*Ortalama*
	Kontrol	**0,21**	**0,43**	**0,85**	**1,72**	
	Çimlenme Yüzdesi (%)					
KWS Cyrill CL	88^{c}	92^{b}	93^{b}	94^{ab}	86^{c}*	***90^{B}***
Riccardo KWS	98^{a}	98^{a}	95^{ab}	97^{a}	94^{ab}	***96^{A}***
Ortalama	***93^{AB}***	***95^{A}***	***94^{A}***	***95^{A}***	***90^{C}***	
	Ortalama Çimlenme Süresi (gün)					
KWS Cyrill CL	2,35	2,27	2,15	2,46	2,31	***2,31***
Riccardo KWS	2,31	2,22	2,13	2,28	2,33	***2,26***
Ortalama	***2,33^{A}***	***2,24^{B}***	***2,14^{C}***	***2,37^{A}***	***2,32^{AB}***	
	Çimlenme İndeksi					
KWS Cyrill CL	$20,8^{d}$	$25,1^{a}$	$24,4^{a}$	$22,0^{b-d}$	$21,1^{cd}$	***22,7^{A}***
Riccardo KWS	$22,2^{bc}$	$22,7^{b}$	$22,8^{b}$	$22,1^{bc}$	$21,0^{cd}$	***22,2^{B}***
Ortalama	***21,5^{BC}***	***23,9^{A}***	***23,6^{A}***	***22,1^{B}***	***21,1^{C}***	

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Kolza çeşitlerinin çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme yüzdesi ve çimlenme indeksi üzerine clopyralid konsantrasyonlarının etkisi Çizelge 4.4'te gösterilmiştir. En yüksek

çimlenme yüzdesi (%98) 0,21 mM clopyralid dozunda elde edilirken, minimum çimlenme indeksi (21,1) en yüksek clopyralid dozunda belirlenmiştir. Clopyralid dozuna bağlı olarak her iki kolza çeşidinin de çimlenme yüzdesinde belirgin bir artış veya azalış tespit edilememiştir. Ortalama çimlenme süresinde en yüksek ve en düşük clopyralid dozları arasında önemli bir fark belirlenmemesine rağmen, 0,43 mM dozunda 2,14 gün ile en kısa çimlenme süresi elde edilmiştir. İki kolza çeşidinin çimlenme indeksi clopyralid dozlarına göre farklılık göstermiştir. KWS Cyrill CL çeşidinin çimlenme indeksi 0,21 mM'da artış gösterirken, Riccardo KWS çeşidinde 0,85 mM dozuna kadar artmış ancak 1,72 mM dozunda azalmıştır.

Çizelge 4.5. Farklı imazamox dozları uygulanan iki kolza çeşidinin fide özelliklerine ait varyans analizi

V.K.	S.D.	Kareler Ortalaması				
		Sürgün Uzunluğu	Kök Uzunluğu	Fide Yaş Ağırlığı	Fide Kuru Ağırlığı	Kuru Madde
Genel	39	-	-	-	-	-
Çeşit (A)	1	22,1**	182,0**	25756**	126,0**	0,98*
Doz (B)	4	5,8**	36,3**	7125**	4,4**	14,10**
A×B	4	1,0**	6,5**	529**	2,3*	0,77**
Hata	30	0,016	0,04	61	0,7	0,14

*: %5, **: %1 düzeyinde önemli

Farklı imazamox dozları uygulanan iki kolza çeşidinin kök uzunluğu, sürgün uzunluğu ve fide yaş ağırlığı bakımından çeşitler ve dozlar arasındaki farklılıklar ile çeşit × doz interaksiyonu %1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.5). Fide kuru ağırlığı bakımından çeşitler ve dozlar arasında %1, çeşit × doz interaksiyonu %5 seviyesinde önemli farklılık belirlenmiştir. Kuru madde oranında ise çeşitler arasındaki istatistiksel farklılıklar %5 düzeyinde önemli iken, dozlar ve çeşit × doz interaksiyonu %1 seviyesinde önemli bulunmuştur. İncelenen özelliklere ait ortalama değerler ve farklılık gruplandırmaları Çizelge 4.6'te verilmiştir.

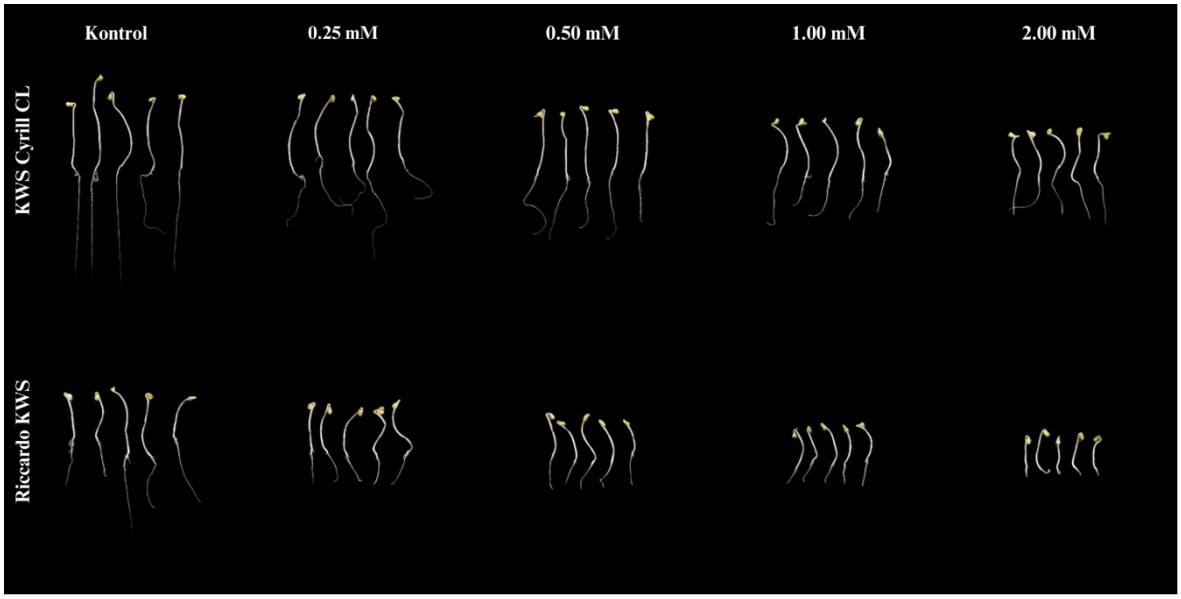
Çizelge 4.6. Farklı imazamox dozları uygulanan iki kolza çeşidinin fide özelliklerine ait ortalamaları

Çeşit	Imazamox Dozları (mM)					*Ortalama*
	Kontrol	**0,25**	**0,50**	**1,00**	**2,00**	
	Sürgün Uzunluğu (cm)					
KWS Cyrill CL	6,31^{a}	5,96^{b}	5,42^{c}	4,33^{d}	3,45^{f}*	***5,09^{A}***
Riccardo KWS	4,20^{de}	4,06^{e}	3,45^{f}	3,45^{f}	2,88^{g}	***3,61^{B}***
Ortalama	***5,26^{A}***	***5,01^{B}***	***4,44^{C}***	***3,89^{D}***	***3,16^{E}***	
	Kök Uzunluğu (cm)					
KWS Cyrill CL	10,34^{a}	7,93^{b}	6,97^{c}	4,24^{d}	2,95^{e}	***6,48^{A}***
Riccardo KWS	4,54^{d}	2,08^{f}	1,93^{f}	1,87^{f}	0,65^{g}	***2,21^{B}***
Ortalama	***7,44^{A}***	***5,00^{B}***	***4,45^{C}***	***3,06^{D}***	***1,80^{E}***	
	Fide Yaş Ağırlığı (mg/bitki)					
KWS Cyrill CL	327^{a}	313^{b}	275^{c}	286^{c}	238^{fg}	***288^{A}***
Riccardo KWS	252^{e}	263^{d}	244^{ef}	231^{g}	195^{h}	***237^{B}***
Ortalama	***290^{A}***	***288^{A}***	***260^{B}***	***258^{B}***	***216^{C}***	
	Fide Kuru Ağırlığı (mg/bitki)					
KWS Cyrill CL	24,3^{a-c}	23,3^{cd}	23,5^{b-d}	25,0^{a}	24,8^{ab}	***24,2^{A}***
Riccardo KWS	20,5^{e}	20,8^{e}	19,5^{e}	20,0^{e}	22,3^{d}	***20,6^{B}***
Ortalama	***22,4^{BC}***	***22,0^{BC}***	***21,5^{C}***	***22,5^{B}***	***23,5^{A}***	
	Kuru Madde (%)					
KWS Cyrill CL	7,41^{h}	7,45^{gh}	8,55^{c-e}	8,74^{c}	10,43^{b}	***8,51^{B}***
Riccardo KWS	8,15^{d-f}	7,88^{f-h}	8,00^{e-g}	8,68^{cd}	11,43^{a}	***8,83^{A}***
Ortalama	***7,78^{D}***	***7,66^{D}***	***8,27^{C}***	***8,71^{B}***	***10,93^{A}***	

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Kök ve sürgün uzunluğundaki azalmaya bağlı olarak fide yaş ağırlığı da azalmıştır. KWS Cyrill CL çeşidi Riccardo KWS çeşidinden daha yüksek fide yaş ağırlığına sahip olurken, 0,50 mM imazamox dozunun üzerindeki seviyelerde olumsuz etkilenmiştir. Imazamox dozlarının IMI-S çeşidinde fide yaş ağırlığını azaltması beklenen bir sonuçtur. Ancak, IMI-R çeşidinde olumsuz etkinin az da olsa belirlenmiş olması, bu herbisitlerin doz aşımında dayanıklı çeşitlerin etkileneceğini göstermiştir. Ayrıca, çeşitlerin 4 yapraklı dönemde herbisitlere dayanıklılık gösterebildiği söylenebilir. Zira, bu herbisitler kolza bitkilerinin 4 yapraklı döneminden sonra uygulanması tavsiye edilmektedir.

Kolza çeşitleri arasında fide kuru ağırlığı açısından anlamlı bir fark tespit edilmiştir. Imazamox, KWS Cyrill CL kolza çeşidinin kuru ağırlığını artırmış ve daha yüksek imazamox konsantrasyonlarında daha yüksek kuru ağırlık belirlenmiştir. Imazamox'un 2,00 mM dozunda, en yüksek kuru madde Riccardo KWS çeşidinden elde edilmiştir. KWS Cyrill CL çeşidinin kuru maddesi de 0,5 mM imazamox dozunda önemli ölçüde artmıştır. İki kolza çeşidinin farklı imazamox konsantrasyonlarındaki fidelerin durumu etkileri Şekil 4.1'de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Farklı imazamox konsantrasyonları uygulanan IMI-R ve IMI-S kolza çeşitlerinin fide büyümesine ait genel görünümleri

Riccardo KWS çeşidinin sürgün uzunluğu artan imazamox dozları ile azalırken, KWS Cyrill CL çeşidinde sadece 1,00 mM imazamox dozunda azalmıştır. Imazamox dozları her iki kolza çeşidinin kök uzunluğunda da azalmaya neden olmuştur. En kısa kök uzunluğu 2,00 mM imazamox dozundan elde edilmiştir. KWS Cyrill CL çeşidinde artan dozlar kök uzunluğunun azalmasına neden olurken, Riccardo KWS çeşidinde imazamox varlığı durumunda en kısa kökler elde edilmiş, 2,00 mM dozunda 0,7 cm ile istatistiksel olarak en kısa kök uzunluğu ölçülmüştür. Sürgün ve kök uzunluğu bakımından kolza çeşitleri arasındaki farklar oldukça belirgin olduğu için bu özelliklerin imazamox uygulamalarına duyarlı olduğunu göstermektedir ve bu beklenen bir sonuçtur. Ayrıca, bu durum imazamox'un kolzanın kökleri tarafından da alındığının göstermektedir. Benzer bulgular Haliloğlu vd. (2022) tarafından belirlenmiş ve buğdayda herbisitin etkisi tohumun çimlenmesinden ziyade fide özelliklerinde (kök ve sürgün uzunluğu ve ağırlıkları) daha fazla

ortaya çıktığını bildirmişlerdir. Breccia vd. (2018) IMI-R ve IMI-S çeşitleri arasındaki sürgün ve kök uzunluğundaki en büyük fark 100 µM imazamox dozunda bulunmuştur. Bu nedenle, bu konsantrasyon çimlenme testlerinde ayırt edici bir doz olarak kullanılmak üzere seçilmiştir. IMI-S fidelerinin, tüm dozlarında 1 cm'den daha kısa kök ve sürgün belirlenmiştir. Harmancı vd. (2024) sürgün uzunluğu, kök uzunluğu ve fide yaş ağırlığı gibi fide büyüme parametrelerinin ise imazamox dozlarındaki artışa bağlı olarak önemli ölçüde azaldığını tespit etmiştir. Ayrıca, IMI-R ve IMI-S ayçiçeği çeşitleri arasındaki farklar bu parametrelerde çok belirgin bir şekilde ortaya çıktığını bildirmiştir.

Clopyralid dozlarının kolza çeşitlerinin fide özellikleri üzerine etkileri Çizelge 4.7'de verilen varyans analiz sonuçlarıyla belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı clopyralid dozlarında kolza çeşitlerinin sürgün ve kök uzunluğu, yaş ve kuru ağırlığı ve kuru maddesine ait varyans analizi

V.K.	S.D.	Kareler Ortalaması				
		Sürgün Uzunluğu	Kök Uzunluğu	Fide Yaş Ağırlığı	Fide Kuru Ağırlığı	Kuru Madde
Genel	39	-	-	-	-	-
Çeşit (A)	1	3,11**	113,0**	7924**	260**	14,30**
Doz (B)	4	5,03**	25,6**	7392**	0,45	7,08**
A×B	4	0,75**	3,5**	755**	2,04	0,79**
Hata	30	0,01	0,09	83	1,05	0,18

**: %1 düzeyinde önemli

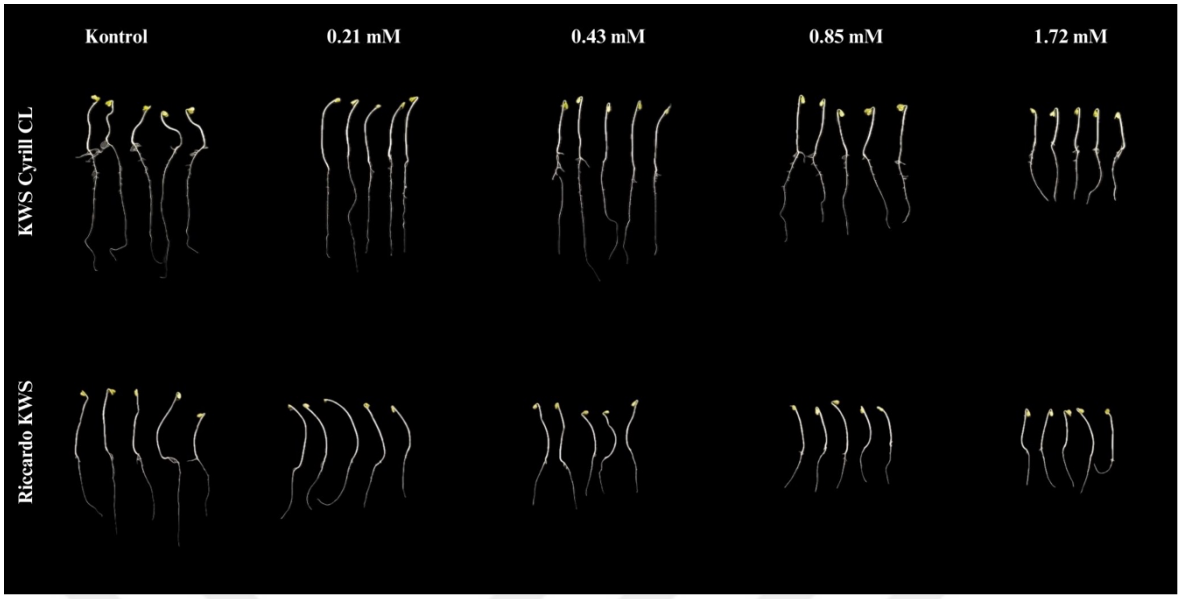
Farklı clopyralid dozları uygulanan iki kolza çeşidinin sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, yaş ağırlık ve kuru madde bakımından yapılan varyans analiz sonucunda, çeşitler ve dozlar arasındaki farklılık ve çeşit × doz interaksiyonu %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kuru ağırlıkta çeşitler arasındaki farklılıkların %1 düzeyinde önemli olduğu saptanırken, çeşit ve çeşit × doz interaksiyonu önemli bulunmamıştır. İncelenen özelliklere ait ortalama değerler ve farklılık gruplandırmaları Çizelge 4.8'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.8. Farklı clopyralid dozlarında kolza çeşitlerinin sürgün ve kök uzunluğu, yaş ve kuru ağırlığı ve kuru madde oranı ortalamaları

Çeşit	Clopyralid Dozları (mM)					Ortalama
	Kontrol	0,21	0,43	0,85	1,72	
	Sürgün Uzunluğu (cm)					
KWS Cyrill CL	4,15^{e}	4,59^{d}	4,66^{d}	3,92^{f}	3,07^{h}*	***4,08^{B}***
Riccardo KWS	5,66^{a}	5,40^{b}	5,97^{c}	3,85^{f}	3,30^{g}	***4,83^{A}***
Ortalama	***4,91^{AB}***	***5,00^{A}***	***4,81^{B}***	***3,88^{C}***	***3,18^{D}***	
	Kök Uzunluğu (cm)					
KWS Cyrill CL	10,84^{a}	8,62^{b}	8,27^{b}	6,55^{c}	4,36^{f}	***7,73^{A}***
Riccardo KWS	5,83^{d}	5,18^{e}	4,13^{fg}	3,89^{g}	2,78^{h}	***4,36^{B}***
Ortalama	***8,33^{A}***	***6,90^{B}***	***6,20^{C}***	***5,22^{D}***	***3,57^{E}***	
	Fide Yaş Ağırlığı (mg/bitki)					
KWS Cyrill CL	303^{a}	299^{a}	299^{a}	263^{bc}	211^{e}	***275^{A}***
Riccardo KWS	271^{b}	254^{c}	261^{bc}	232^{d}	216^{e}	***247^{B}***
Ortalama	***288^{A}***	***276^{B}***	***280^{AB}***	***247^{C}***	***213^{D}***	
	Fide Kuru Ağırlığı (mg/bitki)					
KWS Cyrill CL	24,0	23,0	23,0	23,0	22,0	***23,0^{A}***
Riccardo KWS	17,3	18,0	18,0	18,0	18,0	***17,9^{B}***
Ortalama	***20,6***	***20,5***	***20,5***	***20,4***	***20,0***	
	Kuru Madde (%)					
KWS Cyrill CL	7,93^{c}	7,71^{cd}	7,70^{cd}	8,65^{b}	10,47^{a}	***8,50^{A}***
Riccardo KWS	6,37^{f}	7,10^{de}	6,91^{ef}	7,77^{c}	8,35^{bc}	***7,30^{B}***
Ortalama	***7,15^{C}***	***7,40^{C}***	***7,31^{C}***	***8,21^{B}***	***9,41^{A}***	

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Clopyralid konsantrasyonunun etkisi sürgün ve kök uzunluğunda istatistiksel olarak önemli farklılıklar oluşturmuştur (Çizelge 4.8). KWS Cyrill CL çeşidi, tüm clopyralid konsantrasyonlarında daha uzun sürgün uzunluğu göstermiştir. Bununla birlikte, clopyralid dozları arttığında sürgün ve kök uzunlukları özellikle 0,85 mM'da önemli ölçüde azalmıştır. Benzer bir eğilim, daha yüksek clopyralid konsantrasyonları ile birlikte azalan fide yaş ağırlığında da gözlenmiştir. Bu bulgu, kolza için şaşırtıcıdır, çünkü clopyralid kolzada kullanılmak üzere ruhsatlandırılmıştır. Clopyralid seviyelerinin fide kuru ağırlığı üzerinde önemli bir etkisi bulunamamıştır. KWS Cyrill CL ve Riccardo KWS çeşitlerinin fide yaş ağırlığının clopyralid tepkisi farklı olmuş ve clopyralid seviyeleri arttıkça hafif bir azalma görülmüştür. Buna karşılık, kuru madde miktarı daha yüksek clopyralid konsantrasyonlarında artmıştır. Kolza çeşitleri ve clopyralid konsantrasyonları arasındaki etkileşim Şekil 4.2'de gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Clopyralid konsantrasyonlarına maruz bırakılan IMI-R ve IMI-S kolza çeşitlerinin fide büyümesine ait genel görünümleri

4.2. Bitki Büyüme Dönemi

Imidazolinone grubu herbisite dayanıklı (IMI-R) ve hassas (IMI-S) iki kolza çeşidine farklı büyüme dönemlerinde (kotiledon, 2 yaprak ve 4 yaprak) önerilen ve fitotoksik dozda imazamox ve clopyralid etken maddelerinin morfolojik, fizyolojik ve stoma özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan Riccardo KWS çeşidi imazamox herbisitine hassas olduğu için tüm gelişme dönemlerinde yapılan uygulamalardan sonra bitkiler ölmüş ve bu nedenle değerlendirmeye alınmamıştır (Şekil 4.3). Dolayısıyla Riccardo KWS çeşidinde imazamox herbisiti çıkartılarak sadece clopyralid uygulaması faktör olarak ele alınmıştır. İncelenen özelliklere ait veriler ayrı başlıklar halinde açıklanmıştır.

4.2.1. Bitki Yaş Ağırlığı

Farklı büyüme dönemlerinde imazamox ve clopyralid dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinin bitki yaş ağırlığı verileriyle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9'da; clopyralid dozları uygulanan Riccardo KWS çeşidinin sonuçları ise Çizelge 4.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde bitki yaş ağırlığı verilerinin varyans analizi

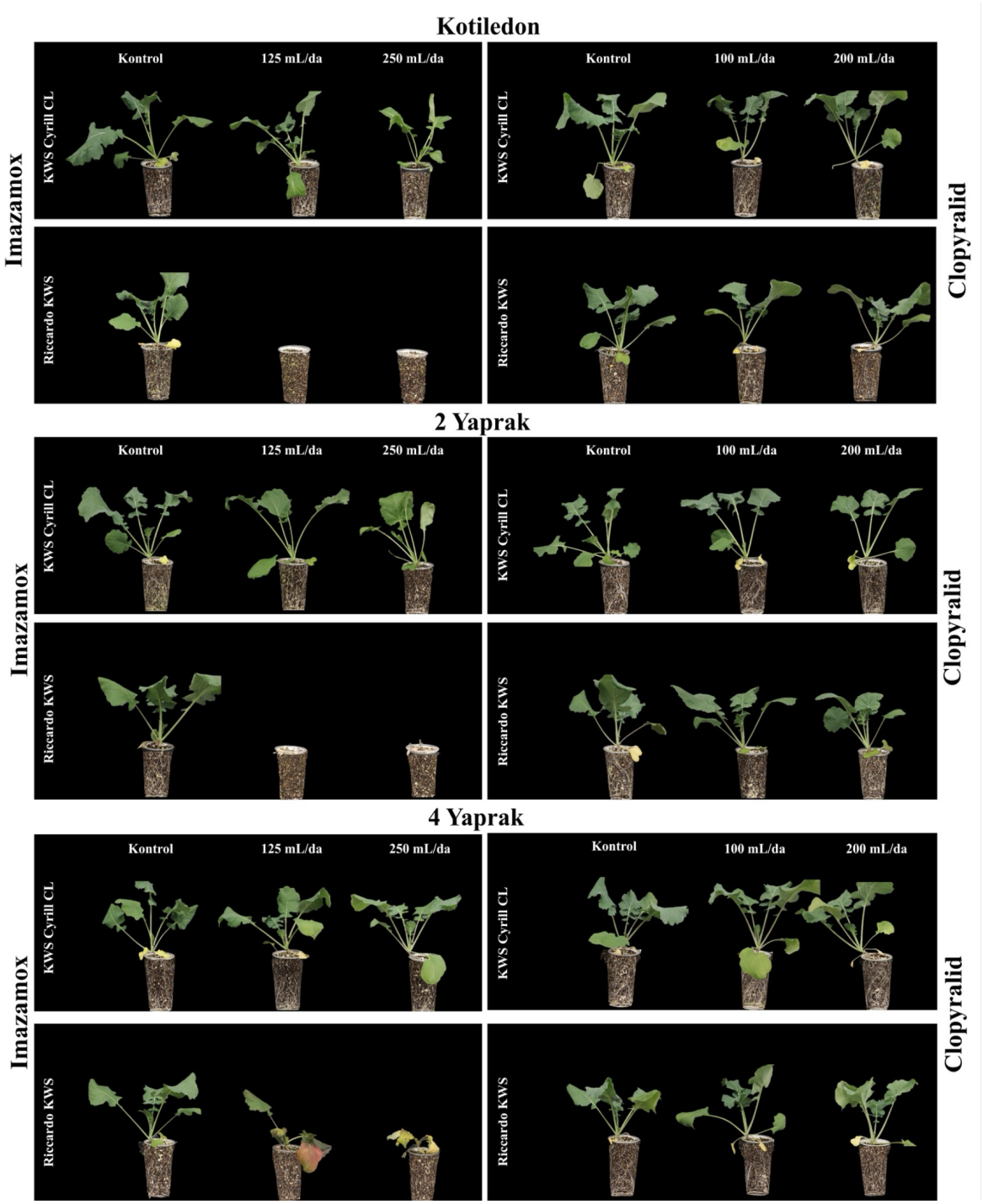
V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	71	-	-
Dönem (A)	2	5,54	19,90**
Herbisit (B)	1	6,46	23,20**
A×B	2	1,44	5,16**
Doz (C)	2	0,95	3,40*
A×C	4	0,95	3,42*
B×C	2	3,27	11,70**
A×B×C	4	0,85	3,04*
Hata	54	0,28	-

*, **: %5 ve %1 düzeyinde önemli

Çizelge 4.10. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde bitki yaş ağırlığı verilerinin varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	35	-	-
Dönem (A)	2	0,46	2,86
Doz (B)	2	0,01	0,06
A×B	4	0,43	2,68
Hata	27	0,16	-

KWS Cyrill CL çeşidinin bitki yaş ağırlığı varyans analiz sonuçlarına göre, uygulama dönemleri, herbisit, dönem × herbisit ve herbisit × doz interaksiyonu istatistiksel olarak %1 ve dönem × herbisit × doz interaksiyonunun ise %5 düzeyinde önemli olduğu Çizelge 4.9'da görülmektedir. Ricardo KWS çeşidinde bitki yaş ağırlığı bakımından yapılan varyans analizi sonuçları ise büyüme dönemleri ve herbisit dozları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.10).



Şekil 4.3. Farklı büyüme dönemlerinde imazamox ve clopyralid dozları uygulanan kolza çeşitlerinin görünümü

Herbisit dozlarına göre KWS Cryill CL çeşidinden elde edilen bitki yaş ağırlığı ortalamaları Çizelge 4.11'de, Riccardo KWS çeşidine ait ortalamalar ise Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin bitki yaş ağırlığı (g) ortalamaları

Herbisit	Dönem	Herbisit Dozları			*Ortalama*
		Kontrol	X	2X	
Imazamox	**Kotiledon**	9,12^{c-e}	8,64^{e}	7,37^{f}*	***8,37^{C}***
	2 Yaprak	10,2^{a}	10,0^{ab}	9,02^{de}	***9,72^{AB}***
	4 Yaprak	9,15^{b-e}	9,53^{a-d}	9,47^{a-e}	***9,38^{B}***
	Ortalama	***9,47^{B}***	***9,39^{B}***	***8,62^{B}***	***9,16^{B}***
Clopyralid	**Kotiledon**	8,85^{de}	9,89^{a-c}	9,89^{a-c}	***9,53^{B}***
	2 Yaprak	10,2^{a}	10,0^{a-c}	10,1^{a}	***10,1^{A}***
	4 Yaprak	8,97^{de}	10,1^{a}	9,90^{a-c}	***9,65^{AB}***
	Ortalama	***9,34^{B}***	***9,97^{A}***	***9,97^{A}***	***9,76^{A}***

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

KWS Cyrill CL çeşidinde imazamox herbisitinin önerilen dozunda yapılan uygulamaların bitkilerin kotiledon ve iki yapraklı dönemde bitki yaş ağırlığının azalmasına neden olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.11). Kotiledon döneminde 9,12 g olan bitki yaş ağırlığı, önerilen dozda imazamox uygulanan bitkilerde 8,64 g'a, iki kat dozda uygulama yapılan bitkilerde ise 7,37 g'a düşmüştür. Bitkilerin iki yapraklı döneminde ise 10,2 g olan bitki yaş ağırlığı önce 10,0 g'a sonra 9,02 g'a azalmıştır. Dört yapraklı dönemde yapılan uygulamada bitki yaş ağırlığı 9,15 g tartılırken, önerilen dozda 9,53 g'a yükselmiş, fitotoksik dozda ise 9,47 g'a azalmıştır. Bu azalış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Benzer sonuçlar, Yücel (2023) yaptığı çalışmada Fırat 87, Çağıl ve Altıntoprak çeşitlerinde imazamox dozları arttıkça yaş ağırlık verilerinde azalma görülmüştür.

Clopyralid kotiledon döneminde 8,85 g olan bitki yaş ağırlığı hem önerilen dozda hemde fitotoksik dozda 9,89 g olarak belirlenmiştir. İki yapraklı dönemde önemli bir azalış belirlenmez iken, dört yapraklı dönemde 8,97 g olarak tartılan bitki yaş ağırlığı, önerilen dozda 10,1 g'a yükselmiş, fitotoksik dozda ise 9,90 g'a düşmüştür. De Moura-Silva vd. (2025) Su sümbüllü bitkisindeki imazapyr ve imazapic karışımı kontrol bitkilerine göre toplam bitki biyokütlesini yaklaşık iki kat artırmıştır. Imazamox uygulaması yapılan bitkilerde deney süresi boyunca önemli bir biyokütle kazancı göstermemiştir. Yaprak, kök ve sürgünler ayrı ayrı incelendiğinde uygulama yapılmış bitkiler kontrollere kıyasla kademeli bir azalma olduğunu bulunmuştur.

Çizelge 4.12. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde bitki yaş ağırlığı (g) ortalamaları

Dönem	Clopyralid Dozları			*Ortalama*
	Kontrol	X	2X	
Kotiledon	8,87	9,33	8,90	***9,03***
2 Yaprak	9,33	8,63	9,20	***9,05***
4 Yaprak	9,26	9,43	9,46	***9,38***
Ortalama	***9,15***	***9,13***	***9,19***	

Riccardo KWS çeşidinde clopyralid uygulamalarının, hangi dozda veya hangi dönemde uygulandığına bakılmaksızın, bitki yaş ağırlığının değiştirmediği görülmüştür (Çizelge 4.12). En düşük bitki yaş ağırlığı 8,63 g ile iki yapraklı dönemde önerilen dozda elde edilirken, en yüksek 9,46 g ile dört yapraklı dönem fitotoksik doz clopyralid uygulanmış bitkilerde ölçülmüştür.

4.2.2. Bitki Kuru Ağırlığı

Farklı büyüme dönemlerinde imazamox ve clopyralid dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinin bitki kuru ağırlığı verileriyle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13'te ve clopyralid dozları uygulanan Riccardo KWS çeşidinin sonuçları ise Çizelge 4.14'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde bitki kuru ağırlığına ait varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	71	-	-
Dönem (A)	2	0,22	48,0**
Herbisit (B)	1	0,29	64,7**
A×B	2	0,02	3,3*
Doz (C)	2	0,06	13,6**
A×C	4	0,04	9,4**
B×C	2	0,06	13,2**
A×B×C	4	0,04	9,5**
Hata	54	0,01	-

*, **: %5 ve %1 düzeyinde önemli

Çizelge 4.14. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde kuru ağırlığına ait varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	35	-	-
Dönem (A)	2	0,018	5,93**
Doz (B)	2	0,006	2,02
A×B	4	0,042	14,20**
Hata	27	0,003	-

**: %1 düzeyinde önemli

KWS Cyrill CL çeşidinin bitki kuru ağırlığına ait varyans analiz sonuçlarına göre, dönem, herbisit, doz, dönem × doz, herbisit × doz ve dönem × herbisit × doz interaksiyonu istatistiksel olarak %1 ve dönem × herbisit interaksiyonu %5 düzeyinde önemli olduğu Çizelge 4.13'te görülmektedir. Çizelge 4.14 incelendiğinde, Ricardo KWS çeşidinde bitki kuru ağırlığı bakımından dönem ve dönem × doz interaksiyonları istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Uygulamalara göre elde edilen ortalama bitki kuru ağırlığı değerleri ve istatistik grupları Çizelge 4.15 ve 4.16'da özetlenmiştir.

Çizelge 4.15. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin bitki kuru ağırlığı (g) ortalamaları

Herbisit	**Dönem**	**Herbisit Dozları**			***Ortalama***
		Kontrol	**X**	**2X**	
Imazamox	**Kotiledon**	$0,51^{e}$	$0,52^{e}$	$0,34^{f}$*	***0,46^{D}***
	2 Yaprak	$0,75^{ab}$	$0,62^{cd}$	$0,36^{f}$	***0,58^{C}***
	4 Yaprak	$0,56^{de}$	$0,81^{a}$	$0,71^{a-c}$	***0,69^{B}***
	Ortalama	***0,60^{C}***	***0,65^{BC}***	***0,47^{D}***	***0,58^{B}***
Clopyralid	**Kotiledon**	$0,53^{de}$	$0,67^{bc}$	$0,66^{bc}$	***0,62^{C}***
	2 Yaprak	$0,71^{a-c}$	$0,72^{a-c}$	$0,73^{ab}$	***0,72^{AB}***
	4 Yaprak	$0,73^{ab}$	$0,81^{a}$	$0,75^{ab}$	***0,76^{A}***
	Ortalama	***0,66^{B}***	***0,74^{A}***	***0,71^{A}***	***0,70^{A}***

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

KWS Cyrill CL çeşidinin bitki kuru ağırlığı, bitki yaş ağırlığındaki azalmaya bağlı olarak kotiledon ve iki yapraklı dönemde azalmıştır (Çizelge 4.15). Kotiledon döneminde 0,51 g olan bitki kuru ağırlığı, fitotoksik dozda 0,34 g'a düşmüştür. İki yapraklı dönemde ise 0,75 g olan bitki kuru ağırlığı önerilen doz imazamox ile 0,62 g'a, fitotoksik doz ile 0,36 g'a azalmıştır. Dört yapraklı dönemde yapılan uygulamada 0,56 g olan bitki kuru ağırlığı, önerilen dozda 0,81 g'a yükselmiş, fitotoksik dozda ise 0,71 g'a geri düşerek 0,10 g'lık azalış göstermiştir. Ancak her iki herbisit dozunda da kontrolden daha yüksek bitki kuru ağırlığı elde edilmiştir. Bu durum KWS Cyrill CL çeşidinin kotiledon ve iki yapraklı dönemde imazamox etken maddesine hassasiyet gösterdiğini ancak, 4 yapraklı dönemde bitkilerin olumsuz etkilenmediğini göstermiştir (Şekil 4.3). Herbisit uygulamalarının farklı dönemlerde yapılmasına rağmen hepsi aynı zamanda hasat edilmiştir. Bu nedenle, 4 yapraklı dönemde herbisit uygulanan bitkiler daha az süre geçirmiştir. Yücel (2023) Fırat 87, Çağıl ve Altıntoprak çeşitlerinde bulunduğu sonuçlar çalışmamızla benzer bulunmuştur ve imazamox dozları arttıkça kuru ağırlık verilerinde azaldığı görülmüştür.

Clopyralid etken maddesinde ise imazamox'un tersine, kotiledon ve iki yapraklı dönemde yapılan uygulamaları bitki kuru ağırlığının artmasına neden olmuştur. Kotiledon döneminde 0,53 g olan bitki kuru ağırlığı, önerilen dozda 0,67 g'a, fitotoksik dozda ise 0,66 g'a yükselmiştir. İki yapraklı dönemdeki kontrol bitkilerinin kuru ağırlığı 0,71 g iken, önerilen dozda clopyralid uygulaması ile 0,72 g'a çıkmış ve iki kat dozda da 0,73 g olarak elde edilmiştir. Dört yapraklı dönemde bitki kuru ağırlığı önerilen dozda 0,81 g'a yükselmiş, fitotoksik dozda ise 0,75 g'a düşmüştür.

Çizelge 4.16. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde bitki kuru ağırlığı (g) ortalamaları

Dönem	**Clopyralid Dozları**			***Ortalama***
	Kontrol	**X**	**2X**	
Kotiledon	$0,58^{d}$	$0,71^{bc}$	$0,73^{b}$*	***0,67^{B}***
2 Yaprak	$0,87^{a}$	$0,65^{b-d}$	$0,71^{bc}$	***0,74^{A}***
4 Yaprak	$0,62^{cd}$	$0,69^{bc}$	$0,74^{b}$	***0,68^{B}***
Ortalama	***0,69***	***0,68***	***0,72***	

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Riccardo KWS çeşidinde clopyralid etken maddesinin önerilen ve fitotoksik doz uygulamalarında kotiledon ve dört yaprak dönemlerde bitki kuru ağırlığı artmıştır (Çizelge 4.16). Bitki kuru ağırlığı kotiledon döneminde yapılan uygulamalarda 0,58 g'dan, önerilen dozda 0,71 g'a ve fitotoksik dozda 0,73 g'a yükselmiştir. Dört yapraklı dönemde de benzer etki tespit edilmiş olup, 0,62 g olan kuru ağırlık önerilen dozda 0,69 g'a ve fitotoksik dozda 0,74 g'a artmıştır. İki yapraklı dönemde ise bu eğilim farklı bulunarak, 0,87 g olan bitki kuru ağırlık tavsiye edilen dozda 0,65 g'a azalmış ve fitotoksik dozda 0,71 g'a yükselmiştir. Önerilen ve fitotoksik doz arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Namiki vd. (2019) domates çeşitlerindeki yaptıkları çalışmada bizim sonuçlarımızdan farklı olarak, 25 µg/kg clopyralid içeren *S. lycopersicum* çeşidinin bitki kuru ağırlığı, kontrole göre yarıya düşmüştür. Bu nedenle, toprakta 25 µg/kg clopyralid varlığının *S. lycopersicum* çeşidinde ilk büyümesini önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir. *S. melongena* çeşidinde yapraklarda çukurlaşma gözlenmiş ve bitki kuru ağırlığı da 25 µg/kg clopyralid içeren toprakta azalma eğilimi göstermiştir.

4.2.3. Kuru Madde Oranı

Farklı büyüme dönemlerinde imazamox ve clopyralid dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinin kuru madde oranı verileriyle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17'da; clopyralid dozları uygulanan Riccardo KWS çeşidinin sonuçları ise Çizelge 4.18'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.17. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde kuru madde oranına ait varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	71	-	-
Dönem (A)	2	17,80	39,30**
Herbisit (B)	1	17,40	38,50**
A×B	2	0,86	1,89
Doz (C)	2	4,50	9,93**
A×C	4	2,28	5,03**
B×C	2	2,88	6,36**
A×B×C	4	4,32	9,55**
Hata	54	0,45	-

**: %1 düzeyinde önemli

Çizelge 4.18. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde kuru madde oranına ait varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	35	-	-
Dönem (A)	2	2,90	8,55**
Doz (B)	2	0,58	1,74
A×B	4	3,63	10,70**
Hata	27	0,34	-

**: %1 düzeyinde önemli

Kuru madde oranına ilişkin yapılan varyans analizi sonucunda, KWS Cyrill CL çeşidinin dönem, herbisit, doz, dönem × doz, herbisit × doz ve dönem × herbisit × doz interaksiyonu istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli; dönem × herbisit interaksiyonu ise önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.17). Ricardo KWS çeşidinin kuru madde oranı dönem ve dönem × doz interaksiyonları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.18). Uygulamalara göre elde edilen ortalama kuru madde oranları ve farklılık gruplandırmaları Çizelge 4.19 ve 4.20'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.19. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin kuru madde oranı (%) ortalamaları

Herbisit	Dönem	Herbisit Dozları			*Ortalama*
		Kontrol	X	2X	
Imazamox	Kotiledon	5,53^{gh}	6,06^{fg}	4,63^{hı}*	***5,40***
	2 Yaprak	7,34^{b-e}	6,27^{e-g}	4,05^{ı}	***5,89***
	4 Yaprak	6,09^{fg}	8,49^{a}	7,56^{a-d}	***7,38***
	Ortalama	***6,32^{B}***	***6,94^{A}***	***5,41^{C}***	***6,22^{B}***
Clopyralid	Kotiledon	6,01^{fg}	6,81^{d-f}	6,76^{d-f}	***6,53***
	2 Yaprak	7,01^{c-f}	7,24^{b-e}	7,24^{b-e}	***7,16***
	4 Yaprak	8,18^{ab}	8,09^{a-c}	7,54^{a-d}	***7,93***
	Ortalama	***7,07^{A}***	***7,38^{A}***	***7,18^{A}***	***7,21^{A}***

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

KWS Cyrill CL çeşidinin kotiledon döneminde kuru madde oranı %5,53 iken, önerilen imazamox dozu ile yapılan uygulama sonrası %6,06 yükselmiş, fitotoksik dozda ise %4,63 olmuştur. Benzer şekilde 4 yapraklı dönemde kuru madde oranı %6,09'dan önerilen dozda %8,49'a artmış, fitotoksik dozda ise %7,56 oranına azalmıştır. Diğer dönemlerden farklı olarak 2 yapraklı dönemde %7,34 olan kuru madde önerilen dozda %6,27 ve iki kat dozda %4,05 oranına azalmıştır.

Clopyralid'in kotiledon, 2 ve 4 yapraklı dönemdeki bitkilerin üzerine etkisi farklı olmuştur. Kotiledon döneminde kuru madde oranı %6,01, önerilen dozda %6,81 ve fitotoksik dozda %6,76 olarak belirlenmiştir. İki yapraklı dönemde %7,01 olan kuru madde önerilen ve fitotoksik doz clopyralid uygulamasıyla %7,24 oranına yükselmiştir. Dört yapraklı dönemde ise %8,18 olan kuru madde oranı önerilen dozda %8,09 ve fitotoksik dozda %7,54 olmuştur.

Farklı gelişim aşamalarında bitki kuru madde oranı doğrudan fotosentez ve solunum süreçleri ile ilgilidir (Cruz, 2013). Fotosentez sırasında bitkiler suyu oksitlemek için güneş enerjisini kullanmakta, karbondioksiti azaltmak ve karbon bileşikleri ve şekerler oluşturmak için oksijen ve elektronları serbest bırakmaktadır (Taiz ve Zeiger, 2017). Enerji ve substratlar, mevcut yapıların bakımını içeren biyokimyasal süreçler ve ayrıca yeni yapıların ve hücre bileşenlerinin oluşumu için solunum sırasında üretilir (Majerowicz, 2013). Durigon vd. (2020) kanola bitkisinde yaptıkları çalışmada gövde kuru madde oranı IMI'ye dayanıklı çeşitte çıkıştan 42 ile 70 gün arasında yüksek değerler göstermiştir. Bununla birlikte, çeşitler

çıkıştan 119 gün sonra da gövde kuru madde oranı birikiminde önemli farklılıklar göstermiştir. Triazinlere dayanıklı çeşit, çıkıştan 28 ile 56 gün arasında en düşük kök kuru maddeyi göstermiştir; ancak çıkıştan 119 gün sonraya kadar, her iki etken maddeye de hassas olan çeşide kıyasla %66 daha fazla kök kuru madde değerlerine ulaşmıştır. Sürgün kuru madde değerleri, çıkıştan 42 ve 84 gün arasında daha çok ve 119. gün de ise yaklaşık 27 g/bitki seviyesine ulaşmıştır böylece sürgün kuru madde değerlerinde çıkış sürelerinin az bir etkisi olduğu gözlenmiştir. Triazinlere dayanıklı çeşitte yaprak kuru madde oranı için çıkıştan 14 ila 42 gün sonra en düşük değerleri göstermiştir. Ayrıca hem imazamox'a hem de triazinlere dayanıklı çeşitlerde, ALS ve fotosistem II (PSII) inhibe eden herbisitlere dayanıklı çeşitlere kıyasla çıkıştan 70 gün sonra da %30'a kadar daha yüksek yaprak kuru madde oranı (≈ 11 g) bulunmuştur. Galon vd. (2022) kuru maddenin, metsulfuron-metil (%32) uygulanan yağlı tohum kolzasında azaldığını ve imazethapir uygulanan bitkilerinde ise %23 ve %42 oranında arttığını bulmuşlardır.

Çizelge 4.20. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde kuru madde oranı (%) ortalamaları

Dönem	**Clopyralid Dozları**			***Ortalama***
	Kontrol	**X**	**2X**	
Kotiledon	6,53^{d}	7,56^{bc}	8,19^{b}*	***7,43^{B}***
2 Yaprak	9,32^{a}	7,55^{bc}	7,68^{b}	***8,18^{A}***
4 Yaprak	6,71^{cd}	7,31^{b-d}	7,77^{b}	***7,26^{B}***
Ortalama	***7,52***	***7,47***	***7,89***	

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Riccardo KWS çeşidinde clopyralid etken maddesinin önerilen ve fitotoksik doz uygulamalarında kotiledon ve dört yaprak dönemlerde kuru madde oranı artmıştır. Kotiledon dönemindeki bitkilerde %6,53 olan kuru madde, önerilen dozda %7,56 ve fitotoksik dozda %8,19 olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde dört yapraklı dönemde %6,71 olan kuru madde önerilen dozda %7,31 ve fitotoksik dozda %7,77 oranına artmıştır. Farklı olarak iki yapraklı dönemde uygulanan dozların oranı arttıkça kuru madde oranında azalma belirlenmiştir. Kontrol bitkilerinde %9,32 olan kuru madde oranı tavsiye edilen dozda %7,55 ve fitotoksik dozda %7,68 olarak belirlenmiştir.

4.2.4. Yaprak Alanı

Farklı büyüme dönemlerinde imazamox ve clopyralid dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinin yaprak alanı verileriyle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.21'de ve clopyralid dozları uygulanan Riccardo KWS çeşidinin sonuçları ise Çizelge 4.22'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.21. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde yaprak alanına ait varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	71	-	-
Dönem (A)	2	1384	17,2**
Herbisit (B)	1	8428	104,5**
A×B	2	923	11,4**
Doz (C)	2	4635	57,5**
A×C	4	1475	18,3**
B×C	2	2728	33,8**
A×B×C	4	565	7,0**
Hata	54	81	-

**: %1 düzeyinde önemli

Çizelge 4.22. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde yaprak alanına ait varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	35	-	-
Dönem (A)	2	13,0	0,17
Doz (B)	2	133,8	1,79
A×B	4	7,8	0,10
Hata	27	74,9	-

Kışlık kolza çeşitlerinin yaprak alanına ait varyans analiz sonuçları incelendiğinde, KWS Cyrill CL çeşidinin dönem, herbisit ve dozları arasındaki farklılık ile dönem × herbisit, dönem × doz, herbisit × doz ve dönem × herbisit × doz interaksiyonu %1 düzeyinde istatiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.21). Ricardo KWS çeşidinde yaprak alanı bakımından dönem, doz ve dönem × doz interaksiyonu istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.22). Uygulamalara göre elde edilen ortalama yaprak alanı değerleri ve farklılık gruplandırmaları Çizelge 4.23 ve 4.24'te özetlenmiştir.

Çizelge 4.23. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin yaprak alanı (cm^2) ortalamaları

Herbisit	Dönem	Herbisit Dozları			*Ortalama*
		Kontrol	X	2X	
Imazamox	Kotiledon	231^{a-c}	209^{de}	162^{g}*	***200**^{C}*
	2 Yaprak	232^{ab}	183^{f}	160^{g}	***192**^{D}*
	4 Yaprak	223^{a-d}	216^{c-e}	217^{c-e}	***218**^{B}*
	Ortalama	***228**^{A}*	***203**^{B}*	***179**^{C}*	***203**^{B}*
Clopyralid	Kotiledon	227^{a-c}	226^{a-c}	229^{a-c}	***227**^{A}*
	2 Yaprak	237^{a}	223^{a-d}	207^{e}	***222**^{AB}*
	4 Yaprak	221^{b-e}	228^{a-c}	229^{a-c}	***226**^{AB}*
	Ortalama	***228**^{A}*	***226**^{A}*	***222**^{A}*	***225**^{A}*

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

KWS Cyrill CL çeşidi imazamox herbisitine dayanıklı bir çeşittir. Ancak, bu çeşite önerilen dozda yapılan uygulamalar özellikle kotiledon ve 2 yapraklı dönemde yaprak alanının azalmasına neden olmuştur. Kotiledon döneminde 231 cm^2 olan yaprak alanı, önerilen doz uygulandığında 209 cm^2'ye ve iki kat doz uygulamada ise 162 cm^2'ye düştüğü belirlenmiştir (Çizelge 4.23). İki yapraklı dönemde ise 232 cm^2 olan yaprak alanı önerilen dozda uygulanan imazamox ile 183 cm^2'ye ve fitotoksik dozda ise 160 cm^2'ye düşmüştür. Dört yapraklı dönemde yapılan uygulamada yaprak alanı azalmasına rağmen, bu azalış belirgin bulunmamıştır. Clopyralid etken maddesinde ise önemli bir azalış belirlenmezken, sadece 2 yapraklı dönemde fitotoksik dozda yapılan uygulama bitkilerde yaprak alanı azalmasına neden olmuştur. Durigon vd. (2020) kanolada triazinlere dayanıklı çeşit, yaprak alanı için çıkıştan 28 ve 42 gün sonra da en düşük değerleri göstermiştir. Bununla birlikte hem imazamox'a hem de triazinlere dayanıklı çeşit ise, ALS ve fotosistem II (PSII) inhibe eden herbisitlere dayanıklı çeşitlere kıyasla çıkıştan 70 gün sonra da %30'a kadar daha yüksek yaprak alanı (≈ 2878 cm^2) değerleri bulunmuştur. Galon vd. (2022) yaprak alanının, kolzada iodosülfür (%40) ve piroksulam (%21) uygulamaları ile önemli ölçüde azaldığını ve imazamox (%42) ve imazapic + imazethapyr (%24) ile arttığını bulmuşlardır. De Moura-Silva vd. (2025)'nin yaptıkları çalışmada imazamox uygulamasının *Pontederia crassipes* bitkisinin gelişiminde sınırlama ve toplam yaprak alanında azalmaya yol açtığını belirlemişlerdir.

Çizelge 4.24. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde yaprak alanı (cm^2) ortalamaları

Dönem	Clopyralid Dozları			*Ortalama*
	Kontrol	X	2X	
Kotiledon	210	207	206	***208***
2 Yaprak	210	202	206	***206***
4 Yaprak	211	204	204	***206***
Ortalama	***210***	***204***	***205***	

Riccardo KWS çeşidinde clopyralid uygulamalarının hangi dozda veya hangi dönemde uygulandığına bakılmaksızın yaprak alanını değiştirmediği görülmüştür (Çizelge 4.24). Yaprak alanı 204 cm ile en düşük 4 yapraklı dönemde fitotoksik doz uygulamasından elde edilirken, en yüksek 211 cm ile yine 4 yapraklı dönemde clopyralid uygulanmayan bitkilerde ölçülmüştür.

4.2.5. Yaprak Sıcaklığı

Farklı büyüme dönemlerinde imazamox ve clopyralid dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinin yaprak sıcaklığı verileriyle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25'te; clopyralid dozları uygulanan Riccardo KWS çeşidinin sonuçları ise Çizelge 4.26'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.25. Farklı dönemlerde uygulanan iki herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde yaprak sıcaklığına ait varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	71	-	-
Dönem (A)	2	49,50	46,50**
Herbisit (B)	1	1,84	1,73
A×B	2	9,50	8,93**
Doz (C)	2	0,32	0,30
A×C	4	1,64	1,54
B×C	2	0,56	0,53
A×B×C	4	0,41	0,38
Hata	54	1,06	-

**: %1 düzeyinde önemli

Çizelge 4.26. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde yaprak sıcaklığına ait varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	35	-	-
Dönem (A)	2	5,75	4,14*
Doz (B)	2	1,94	1,40
A×B	4	1,12	0,81
Hata	27	1,39	-

*: %5 düzeyinde önemli

Çizelge 4.25'te görüldüğü gibi, KWS Cyrill CL çeşidinin yaprak sıcaklığı bakımından büyüme dönemi ve dönem × herbisit interaksiyonu istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ricardo KWS çeşidinde ise yaprak sıcaklığı bakımından büyüme dönemleri arasında %5 düzeyinde önemli farklılık olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.26). Uygulamalara göre elde edilen ortalama yaprak sıcaklığı değerleri ve farklılık gruplandırmaları Çizelge 4.27 ve 4.28'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.27. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin yaprak sıcaklığı (°C) ortalamaları

Herbisit	**Dönem**	**Herbisit Dozları**			***Ortalama***
		Kontrol	**X**	**2X**	
Imazamox	**Kotiledon**	22,8	22,8	21,5	***22,4^{A}****
	2 Yaprak	18,9	17,8	18,6	***18,4^{D}***
	4 Yaprak	19,1	19,6	19,5	***19,4^{C}***
	Ortalama	***20,3***	***20,1***	***19,9***	***20,1***
Clopyralid	**Kotiledon**	21,5	21,7	20,9	***21,4^{B}***
	2 Yaprak	19,6	20,0	20,3	***20,0^{C}***
	4 Yaprak	19,5	20,1	19,9	***19,8^{C}***
	Ortalama	***20,2***	***20,6***	***20,3***	***20,4***

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

KWS Cyrill CL çeşidinde hem imazamox ve hem de clopyralid herbisitlerinin hangi dozda uygulandığına bakılmaksızın yaprak sıcaklığını değiştirmediği görülmüştür. Ancak bitkilerin büyüme dönemlerine göre yaprak sıcaklığı değişmiştir. Imazamox herbisitinde en yüksek yaprak sıcaklığı 22,4°C ile kotiledon döneminin, en düşük değer ise 19,4°C ile 4 yapraklı dönemde ölçülmüştür. Clopyralid herbisitinde ise en yüksek yaprak sıcaklığı 21,4°C ile kotiledon dönemindeki bitkilerde, en düşük değerde 19,8°C ile 4 yapraklı dönemdeki bitkilerde ölçülmüştür. Bizim sonuçlarımızın tersine yaprak sıcaklığının artması bir bitkinin strese girdiği ilk aşamada gösterdiği tepkidir. Bu durumun sonucunda radyasyon emilimi başlar ve transpirasyon engellenir (Furkan, 2019). Halbuki transpirasyon, bitkilerin serinlemesini sağlar ve yapraktan başlayıp tüm bitkinin zincirleme emme kuvvetini oluşturarak topraktan su emilimini kolaylaştırmaktadır (Anonim, 2025e). Bitkilerde büyüme dönemi ilerledikçe yaprak sıcaklığı azaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.28. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde yaprak sıcaklığı (°C) ortalamaları

Dönem	Clopyralid Dozları			*Ortalama*
	Kontrol	X	2X	
Kotiledon	20,3	20,4	20,1	***20,3^{A}****
2 Yaprak	19,8	19,6	20,7	***20,0^{A}***
4 Yaprak	18,1	19,0	19,7	***19,0^{B}***
Ortalama	***19,4***	***19,7***	***20,2***	

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Riccardo KWS çeşidinin kotiledon, 2 ve 4 yapraklı dönemlerdeki bitkilere önerilen ve fitotoksik doz clopyralid etken maddesinin uygulamasında yaprak sıcaklığı istatistiksel olarak önemli farklılık göstermemiştir. En yüksek yaprak sıcaklığı 20,3°C ile kotiledon döneminde, en düşük 19,0°C ile 4 yapraklı dönemdeki bitkilerde ölçülmüştür. Bitki gelişimi ilerledikçe yaprak sıcaklığı azalmıştır.

4.2.6. Klorofil Oranı

Farklı büyüme dönemlerinde imazamox ve clopyralid dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinin klorofil oranı verileriyle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.29'da ve clopyralid dozları uygulanan Riccardo KWS çeşidinin sonuçları ise Çizelge 4.30'da özetlenmiştir.

Çizelge 4.29. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde klorofil oranına ait varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	71	-	-
Dönem (A)	2	27,7	9,1**
Herbisit (B)	1	122,0	40,3**
A×B	2	13,4	4,4*
Doz (C)	2	100,0	33,1**
A×C	4	15,3	5,1**
B×C	2	104,0	34,5**
A×B×C	4	18,9	6,2**
Hata	54	3,1	-

*, **: %5, %1 düzeyinde önemli

Çizelge 4.30. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde klorofil oranına ait varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	35	-	-
Dönem (A)	2	22,7	7,18**
Doz (B)	2	13,2	4,18*
A×B	4	12,9	4,07*
Hata	27	3,2	-

*, **: %5, %1 düzeyinde önemli

KWS Cyrill CL çeşidinin klorofil oranı bakımından dönem, herbisit, doz, dönem × doz, herbisit × doz ve dönem × herbisit × doz interaksiyonu istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli iken, dönem × herbisit interaksiyonunun %5 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.29). Ricardo KWS çeşidinde klorofil oranı bakımından büyüme dönemleri %1 düzeyinde önemli iken, doz ve dönem × doz interaksiyonu %5 düzeyinde önemli farklılık olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.30). Uygulamalara göre elde edilen ortalama klorofil oranı değerleri ve farklılık gruplandırmaları Çizelge 4.31 ve 4.32'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.31. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin klorofil oranı (SPAD) ortalamaları

Herbisit	**Dönem**	**Herbisit Dozları**			***Ortalama***
		Kontrol	**X**	**2X**	
Imazamox	**Kotiledon**	42,6^{a-d}	42,9^{a-d}	36,3^{f}*	***40,6^{B}***
	2 Yaprak	41,9^{c-e}	43,5^{a-d}	31,7^{g}	***39,0^{C}***
	4 Yaprak	42,2^{b-e}	43,6^{a-d}	41,6^{c-e}	***42,5^{A}***
	Ortalama	***42,2^{BC}***	***43,3^{B}***	***36,5^{D}***	***40,7^{B}***
Clopyralid	**Kotiledon**	42,5^{a-e}	44,9^{ab}	44,5^{a-c}	***44,0^{A}***
	2 Yaprak	39,7^{e}	44,8^{ab}	43,2^{a-d}	***42,6^{A}***
	4 Yaprak	41,2^{de}	45,4^{a}	43,4^{a-d}	***43,4^{A}***
	Ortalama	***41,2^{C}***	***45,1^{A}***	***43,7^{AB}***	***43,3^{A}***

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

KWS Cyrill CL çeşidinde en düşük klorofil oranı kotiledon (36,3 SPAD), 2 yaprak (31,7 SPAD) ve 4 yaprak (41,6 SPAD) dönemlerinin tamamında fitotoksik doz imazamox uygulamasından ölçülmüştür. Önerilen doz imazamox kontrol bitkilerine göre daha yüksek klorofil oranına sebep olmuştur. Bu oranlar kotiledon döneminde 42,9 SPAD, 2 yapraklı dönemde 43,5 SPAD ve 4 yapraklı dönemde 43,6 SPAD olarak belirlenmiştir. De Moura-Silva vd. (2025) Su sümbülü bitkisindeki imazapyr ve imazapic karışımının etkisi 7 ve 14 günlük uygulamadan sonra, herbisitin üç dozunda da bitkilerin yapraklarında belirgin görsel kloroz ve nekrozlara sebep olduğunu bildirmiştir. Bitkilerdeki toplam kloroz 14. günde en düşük dozdan en fitotoksik doza kadar kademeli bir artış göstermiştir. Klorofil indeksi ise 7 ile 14. gün arasında kademeli olarak azalmıştır.

Clopyralid etken maddesinde, en düşük klorofil oranı kontrol bitkilerinde ölçülmüştür. Kontrol bitkilerinin kotiledon döneminde 42,5 SPAD, iki yapraklı dönemde 39,7 SPAD ve dört yapraklı dönemde 41,2 SPAD olarak belirlenmiştir. Imazamox herbisitine benzer şekilde, önerilen dozda yapılan clopyralid uygulamanın, klorofil oranını artırdığı tespit edilmiştir. Kotiledon döneminde 44,9 SPAD, iki yapraklı dönemde 44,8 SPAD ve dört yapraklı dönemde 45,4 SPAD olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.32. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde klorofil oranı (SPAD) ortalamaları

Dönem	**Clopyralid Dozları**			***Ortalama***
	Kontrol	**X**	**2X**	
Kotiledon	45,0^{cd}	43,8^{d}	45,6^{cd}*	***44,8^{B}***
2 Yaprak	44,3^{cd}	49,8^{a}	48,4^{ab}	***47,5^{A}***
4 Yaprak	45,4^{cd}	45,4^{cd}	46,9^{cd}	***45,9^{B}***
Ortalama	***44,9^{B}***	***46,3^{AB}***	***47,0^{A}***	

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Riccardo KWS çeşidinde en yüksek clopyralid 49,8 SPAD ile 2 yapraklı dönemde önerilen dozda yapılan uygulamada yine aynı dozun kotiledon döneminde 43,8 SPAD ile en düşük oran belirlenmiştir. Kotiledon döneminde 45,0 SPAD olan klorofil, önerilen dozda 43,8 SPAD'a azalmış, fitotoksik dozda ise 45,6 SPAD'a artmıştır. İki yapraklı dönemde 44,3 SPAD olan klorofil oranı önerilen doz clopyralid'de 49,8 SPAD'a artmıştır. Dört yapraklı dönemde ise kontrol ve önerilen doz clopyralid uygulanan bitkiler aynı klorofil oranına (45,5 SPAD) sahipken, fitotoksik doz uygulamasında 46,9 SPAD'a yükselmiştir.

4.2.7. Yaprak Oransal Su İçeriği

Farklı büyüme dönemlerinde imazamox ve clopyralid dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinin yaprak oransal su içeriği verileriyle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33'te; clopyralid dozları uygulanan Riccardo KWS çeşidinin sonuçları ise Çizelge 4.33'te özetlenmiştir.

Çizelge 4.33. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde yaprak oransal su içeriğinin varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	71	-	-
Dönem (A)	2	193,6	55,5**
Herbisit (B)	1	20,3	5,83*
A×B	2	55,5	15,9**
Doz (C)	2	321,4	92,2**
A×C	4	50,5	14,5**
B×C	2	78,1	22,4**
A×B×C	4	247,5	71,0**
Hata	54	3,5	-

*, **: %5 ve %1 düzeyinde önemli

Çizelge 4.34. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde yaprak oransal su içeriğinin varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	35	-	-
Dönem (A)	2	1,97	0,86
Doz (B)	2	141,9	62,3**
A×B	4	0,49	0,21
Hata	27	2,28	-

*: %1 düzeyinde önemli

Yaprak oransal su içeriği bakımından yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, KWS Cyrill CL çeşidinin dönem, dönem × herbisit, doz, dönem × doz, herbisit × doz ve dönem × herbisit × doz interaksiyonu istatistiksel olarak %1 düzeyinde, herbisitler arasındaki farklılık ise %5 düzeyinde önemli olduğu Çizelge 4.33'te görülmektedir. Ricardo KWS çeşidinde yaprak oransal su içeriği bakımından clopyralid dozları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.34). Uygulamalara göre elde edilen ortalama yaprak oransal su içeriği değerleri ve farklılık gruplandırmaları Çizelge 4.35 ve 4.36'da özetlenmiştir.

Çizelge 4.35. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin yaprak oransal su içeriği (%) ortalamaları

Herbisit	**Dönem**	**Herbisit Dozları**			***Ortalama***
		Kontrol	**X**	**2X**	
Imazamox	**Kotiledon**	$80,2^{gh}$	$82,9^{fg}$	$83,4^{f}$*	***82,2^{E}***
	2 Yaprak	$82,1^{f-h}$	$83,4^{f}$	$91,6^{ab}$	***90,4^{A}***
	4 Yaprak	$84,4^{ef}$	$90,7^{bc}$	$88,1^{cd}$	***87,7^{B}***
	Ortalama	***82,2^{D}***	***85,7^{C}***	***92,4^{A}***	***86,8^{A}***
Clopyralid	**Kotiledon**	$82,1^{f-h}$	$82,6^{f-h}$	$86,7^{de}$	***83,8^{D}***
	2 Yaprak	$84,9^{ef}$	$88,0^{cd}$	$85,0^{ef}$	***86,0^{C}***
	4 Yaprak	$88,6^{cd}$	$79,6^{h}$	$93,6^{a}$	***87,3^{BC}***
	Ortalama	***85,2^{C}***	***83,4^{D}***	***88,5^{B}***	***85,7^{B}***

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Çizelge 4.35 incelendiğinde, artan imazamox dozlarının etkisiyle KWS Cyrill CL çeşidinin yaprak oransal su içeriği artmıştır. Kotiledon döneminde %80,2 olan değer, önerilen dozda imazamox uygulaması ile %82,9'a ve fitotoksisite dozunda %83,4'e yükselmiştir. Bitkilerin 2 ve 4 yapraklı dönemlerinde de benzer artış gözlenmiştir. En yüksek yaprak oransal su içeriği ortalaması %91,6 ile 2 yapraklı dönemde fitotoksisite dozu imazamox uygulamasından elde edilmiştir.

Artan clopyralid dozlarının etkisi KWS Cyrill CL çeşidinin yaprak oransal su içeriğini arttırmıştır. Kotiledon döneminde %82,1 olan yaprak oransal su içeriği, önerilen dozda clopyralid ile %82,6 ve fitotoksisite dozunda %86,7'e artmıştır. Bitkilerin 2 yapraklı döneminde %84,9 olan yaprak oransal su içeriği önerilen herbisit dozunda önce %88,0'a yükselmiş ancak, fitotoksik dozda %85,0 düşmüştür. Dört yapraklı dönemde yaprak oransal su içeriği %88,6'dan önerilen dozda %79,6'ya azalmış, fitotoksik dozda ise %93,6'ya yükselmiştir.

Çizelge 4.36. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde yaprak oransal su içeriği (%) ortalamaları

Dönem	**Clopyralid Dozları**			***Ortalama***
	Kontrol	**X**	**2X**	
Kotiledon	84,2	88,7	90,6	***87,8***
2 Yaprak	84,9	88,7	91,8	***88,5***
4 Yaprak	83,9	88,3	91,0	***87,7***
Ortalama	***84,3^{C}***	***88,6^{B}***	***91,1^{A}****	

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Çizelge 4.36 incelendiğinde, artan clopyralid dozlarının etkisiyle Riccardo KWS çeşidinin yaprak oransal su içeriği ortalamaları %83,9-91,8 arasında değişmiştir. Clopyralid dozundaki artışlar birlikte yaprak oransal su içeriği %88,6'ya ve fitotoksik dozda %91,1'e yükselmiştir.

4.2.8. Elektrolit Sızıntısı

Farklı büyüme dönemlerinde imazamox ve clopyralid dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinin elektrolit sızıntısı verileriyle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.37'de; clopyralid dozları uygulanan Riccardo KWS çeşidinin sonuçları ise Çizelge 4.38'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.37. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde elektrolit sızıntısına ait varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	71	-	-
Dönem (A)	2	40,8	43,10**
Herbisit (B)	1	13,50	14,30**
A×B	2	7,67	8,10**
Doz (C)	2	18,10	19,10**
A×C	4	6,28	6,63**
B×C	2	7,38	7,89**
A×B×C	4	3,90	4,11**
Hata	54	0,95	-

**: %1 düzeyinde önemli

Çizelge 4.38. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde elektrolit sızıntısına ait varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	35	-	-
Dönem (A)	2	8,63	6,05**
Doz (B)	2	13,30	9,33**
A×B	4	0,78	0,54
Hata	27	1,43	-

**: %1 düzeyinde önemli

KWS Cyrill CL çeşidinin elektrolit sızıntısına ait varyans analiz sonuçlarına göre, dönem, herbisit ve dozlar arasındaki farklılıklar ile dönem × herbisit, dönem × doz, herbisit × doz ve dönem × herbisit × doz interaksiyonu istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu Çizelge 4.37'de görülmektedir. Ricardo KWS çeşidinde elektrolit sızıntısı bakımından dönem ve doz uygulamaları arasında %1 düzeyinde önemli farklılık olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.38). Uygulamalara göre elde edilen ortalama elektrolit sızıntısı değerleri ve farklılık gruplandırmaları Çizelge 4.39 ve Çizelge 4.40'ta özetlenmiştir.

Çizelge 4.39. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin elektrolit sızıntısı (%) ortalamaları

Herbisit	Dönem	Herbisit Dozları			Ortalama
		Kontrol	X	2X	
Imazamox	Kotiledon	17,9^{bc}	18,5^{ab}	19,5^{a}*	***18,6^{A}***
	2 Yaprak	14,9^{e-g}	13,6^{gh}	17,6^{bc}	***15,3^{C}***
	4 Yaprak	15,6^{d-f}	16,0^{de}	14,9^{e-g}	***15,5^{C}***
	Ortalama	***16,1^{B}***	***16,0^{B}***	***17,3^{A}***	***16,5^{A}***
Clopyralid	Kotiledon	15,7^{d-f}	16,8^{cd}	17,0^{cd}	***16,5^{B}***
	2 Yaprak	12,7^{h}	16,4^{e-e}	16,9^{cd}	***15,3^{C}***
	4 Yaprak	14,1^{f-h}	15,6^{d-f}	15,4^{d-f}	***15,0^{C}***
	Ortalama	***14,2^{C}***	***16,3^{B}***	***16,4^{B}***	***15,6^{B}***

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Elektrolit sızıntısı incelendiğinde, KWS Cyrill CL çeşidinin imazamox etken maddesine dayanıklı olmasına rağmen önerilen ve fitotoksik doz uygulamalarından etkilendiği görülmüştür. Kotiledon döneminde %17,9 olan elektrolit sızıntısı, önerilen dozda %18,5'e fitotoksik dozda %19,5'e artmıştır. İki yapraklı dönemdeki kontrol bitkilerinde %14,9 olan elektrolit sızıntısı fitotoksik doz imazamox uygulamaları bitkilerde %17,6'ya yükselmiştir. Ancak, 4 yapraklı dönemde %15,6 olan elektrolit sızıntısı önerilen dozda %16,0'a artmış sonra fitotoksik dozda %14,9'a düşmüştür. Bu durum KWS Cyrill CL çeşidinin imazamox'a dayanıklı olsa da kotiledon ve 2 yapraklı dönemde yapılan uygulamalardan olumsuz etkilendiğini göstermektedir. De Moura-Silva vd. (2025) Su sümbülü bitkisindeki imazapyr ve imazapic karışımı herbisit uygulamasının elektrolit sızıntısı yaprak ve köklerde farklılık göstermiştir. Yapraklardaki elektrolit sızıntısı 0,5 mg/L dozunda kontrollere göre önemsizken aynı dozun köklerdeki etkisi önemli bulunmuş ve kontrole göre artmıştır.

Benzer şekilde clopyralid etken maddesinden de etkilenen KWS Cyrill CL çeşidinin elektrolit sızıntısı kotiledon, 2 ve 4 yapraklı dönemlerde artan dozlara bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Elektrolit sızıntısı hücre zarı dayanıklılığı ve bütünlüğünün bir göstergesi olup bitkilerde stres toleransını belirlemek amacıyla kullanılan önemli bir parametredir (Kocheva vd., 2004). Elektrolit sızıntısı büyüme, gelişme ve genotipik değişimler ile çevresel faktörlerinin oluşturduğu streslerin zar bütünlüğü arasındaki ilişkiyi tespit etmek için gereklidir. Stres uygulamaları sonucunda sızıntı miktarlarının belirlenmesi ile doku zararlanmaları da belirlenmektedir. Oksidatif enzimlerin hücre zarında hasara sebep olması

zar geçirgenliğinde anormallikler ve hücre bütünlüğünün bozulmasına sebep olduğu bildirilmiştir (Yolci vd., 2021).

Çizelge 4.40. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinin elektrolit sızıntısı (%) ortalamaları

Dönem	**Clopyralid Dozları**			***Ortalama***
	Kontrol	**X**	**2X**	
Kotiledon	15,6	17,9	16,8	*16,8^{A}****
2 Yaprak	13,8	16,0	16,0	*15,2^{B}*
4 Yaprak	14,3	15,7	16,0	*15,3^{B}*
Ortalama	*14,6^{A}*	*16,5^{A}*	*16,2^{A}*	

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Çizelge 4.40 incelendiğinde, Riccardo KWS çeşidi için artan clopyralid dozlarının farklı dönemlerdeki uygulamaları elektrolit sızıntısı ortalamaları arasındaki fark belirgin bulunmamıştır. Artan clopyralid dozu ile elektrolit sızıntısı artarken bitkiler büyüdükçe ve yaprak sayısı arttıkça elektrolit sızıntısının azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.9. Stoma Sayısı

Farklı büyüme dönemlerinde imazamox ve clopyralid dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinin stoma sayısı verileriyle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.41'da; clopyralid dozları uygulanan Riccardo KWS çeşidinin sonuçları ise Çizelge 4.42'da verilmiştir.

Çizelge 4.41. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinin stoma sayısına ait varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	71	-	-
Dönem (A)	2	3672	71**
Herbisit (B)	1	15635	302**
A×B	2	30726	593**
Doz (C)	2	1996	39**
A×C	4	17707	340**
B×C	2	8796	170**
A×B×C	4	7916	153**
Hata	54	52	-

**: %1 düzeyinde önemli

Çizelge 4.42. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinin stoma sayısına ait varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	35	-	-
Dönem (A)	2	862	27**
Doz (B)	2	3088	98**
A×B	4	8854	281**
Hata	27	32	-

**: %1 düzeyinde önemli

İncelenen kışlık kolza çeşitlerinin stoma sayısına ait varyans analiz sonuçlarına göre KWS Cyrill CL çeşidinde büyüme dönemi, herbisit, dönem × herbisit, doz, dönem × doz, herbisit × doz ve dönem × herbisit × doz interaksiyonu istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu Çizelge 4.41'de görülmektedir. Ricardo KWS çeşidinde stoma sayısı bakımından dönem, doz ve dönem × doz interaksiyonu istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.42). Uygulamalara göre elde edilen ortalama stoma sayısı değerleri ve farklılık gruplandırmaları Çizelge 4.43 ve 4.44'te özetlenmiştir.

Çizelge 4.43. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin stoma sayısı (adet/mm^2) ortalamaları

Herbisit	Dönem	Herbisit Dozları			*Ortalama*
		Kontrol	X	2X	
Imazamox	Kotiledon	279^{g}	179^{l}	330^{c}*	***263^{E}***
	2 Yaprak	313de	318de	245^{j}	***292^{C}***
	4 Yaprak	262^{ı}	354^{b}	420^{a}	***346^{A}***
	Ortalama	***285^{B}***	***284^{B}***	***332^{A}***	***300^{A}***
Clopyralid	Kotiledon	276^{gh}	297^{f}	268^{hı}	***280^{D}***
	2 Yaprak	322^{cd}	311^{e}	261^{ı}	***298^{B}***
	4 Yaprak	213^{k}	241^{j}	247^{j}	***234^{F}***
	Ortalama	***270^{C}***	***283^{B}***	***259^{D}***	***271^{B}***

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Bitkilerin farklı büyüme dönemlerinde iki herbisitin tam ve katlanmış dozlarının uygulandığı KWS Cyrill CL çeşidinin stoma sayısı Çizelge 4.43'te verilmiştir. Imazamox etken maddesinde, kotiledon döneminde 279 adet/mm^2 olan stoma sayısı, önerilen dozda 179 adet/mm^2 ve fitotoksik dozda 330 adet/mm^2 olarak sayılmıştır. İki yapraklı dönemde stoma sayısı katlanmış dozda azalmıştır. Ancak, 4 yapraklı dönemde imazamox dozlarına bağlı olarak stoma sayısının da 262 adet/mm^2'den 420 adet/mm^2'ye arttığı tespit edilmiştir.

Clopyralid dozları da KWS Cyrill CL kolza çeşidinin stoma sayısını büyüme dönemlerine bağlı olarak önemli ölçüde etkilemiştir. Kotiledon döneminde 276 adet/mm^2 olan stoma sayısı önerilen dozda 297 adet/mm^2 yükselmiştir. İki yapraklı dönemde 322 adet/mm^2 olan stoma sayısı, önerilen dozda 311 adet/mm^2'ye ve fitotoksik dozda ise 261 adet/mm^2 kadar azalmıştır. Dört yapraklı dönemde yapılan uygulamada clopyralid dozu arttıkça stoma sayısında artış tespit edilmiştir. Clopyralid uygulanmamış kontrol bitkilerinde 213 adet/mm^2 olan stoma sayısı, önerilen dozda 241 adet/mm^2'ye ve iki kat dozda 247 adet/mm^2'ye yükselmiştir. Bu durum gelişme dönemlerine göre uygulanan herbisitlerin bitkinin fizyolojik faaliyetlerini farklı şekillerde etkilediğinin bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.44. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde stoma sayısı (adet/mm^2) ortalamaları

Dönem	**Clopyralid Dozları**			***Ortalama***
	Kontrol	**X**	**2X**	
Kotiledon	306^{f}	386^{a}	304^{f}*	***332^{A}***
2 Yaprak	340^{d}	301^{f}	351^{c}	***331^{A}***
4 Yaprak	366^{b}	315^{e}	270^{g}	***317^{B}***
Ortalama	***337^{A}***	***334^{A}***	***308^{B}***	

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Çizelge 4.36 incelendiğinde, artan clopyralid dozlarının stoma sayısı üzerine etkisi bitki büyüme döneminde göre farklılık gösterdiği görülmektedir (Çizelge 44). Kotiledon döneminin kontrol bitkilerinde 306 adet/mm^2 olan stoma sayısı, önerilen dozda 386 adet/mm^2'ye yükselmiştir. Fitotoksik dozda ise stoma sayısı 304 adet/mm^2'ye azalmıştır. Kotiledon dönemin tersine iki yapraklı dönemde 340 adet/mm^2 olan stoma sayısı, önerilen dozda 301 adet/mm^2'ye azalmış, fitotoksik dozda 351 adet/mm^2'ye tekrar artmıştır. Dört yapraklı dönemde kontrol bitkileri 366 adet/mm^2 olan stoma sayısı clopyralid uygulamasıyla 315 adet/mm^2'ye ve fitotoksik dozda ise 270 adet/mm^2'ye azalmıştır. Doza bağlı olarak stoma sayısında belirgin değişim 4 yapraklı dönemde gerçekleşmiş ve artan dozlar stoma sayısını azaltmıştır.

4.2.10. Stoma Eni

Farklı büyüme dönemlerinde imazamox ve clopyralid dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinin stoma eni verileriyle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.45'te ve clopyralid dozları uygulanan Riccardo KWS çeşidinin sonuçları ise Çizelge 4.46'da özetlenmiştir.

Çizelge 4.45. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde stoma enine ait varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	71	-	-
Dönem (A)	2	9,1	1581**
Herbisit (B)	1	2,8	488**
A×B	2	3,3	568**
Doz (C)	2	8,2	1430**
A×C	4	14,6	2541**
B×C	2	0,1	8**
A×B×C	4	13,0	2275**
Hata	54	0,01	-

**: %1 düzeyinde önemli

Çizelge 4.46. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde stoma enine ait varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	35	-	-
Dönem (A)	2	1,51	285**
Doz (B)	2	9,37	1769**
A×B	4	2,50	473**
Hata	27	0,01	-

**: %1 düzeyinde önemli

Stoma eni değerleriyle yapılan varyans analiz sonuçları incelendiğinde, KWS Cyrill CL çeşidinde dönem, herbisit ve dozlar arasındaki farklılıklar ile dönem × herbisit, dönem × doz, herbisit × doz ve dönem × herbisit × doz interaksiyonunun istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu Çizelge 4.45'te görülmektedir. Ricardo KWS çeşidinin stoma eni ise büyüme dönemi ve clopyralid dozları ile dönem × doz interaksiyonu %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.46). Uygulamalara göre elde edilen ortalama stoma eni değerleri ve farklılık gruplandırmaları Çizelge 4.47 ve 4.48'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.47. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin stoma eni (µm) ortalamaları

Herbisit	**Dönem**	**Herbisit Dozları**			***Ortalama***
		Kontrol	**X**	**2X**	
Imazamox	**Kotiledon**	$16,3^{i}$	$17,0^{f}$	$14,8^{m}$*	***16,0^{F}***
	2 Yaprak	$15,5^{k}$	$15,2^{l}$	$20,8^{a}$	***17,2^{B}***
	4 Yaprak	$17,3^{e}$	$16,4^{h}$	$16,1^{j}$	***16,6^{D}***
	Ortalama	***16,3^{E}***	***16,2^{F}***	***17,2^{B}***	***16,6^{B}***
Clopyralid	**Kotiledon**	$14,6^{n}$	$16,1^{j}$	$17,8^{c}$	***16,1^{E}***
	2 Yaprak	$16,5^{h}$	$16,7^{g}$	$17,7^{c}$	***17,0^{C}***
	4 Yaprak	$19,1^{b}$	$16,8^{g}$	$17,6^{d}$	***17,8^{A}***
	Ortalama	***16,7^{C}***	***16,5^{D}***	***17,7^{A}***	***17,0^{A}***

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

KWS Cyrill CL çeşidinin stoma eni üzerine imazamox ve clopyralid herbisitlerinin artan dozlarındaki etkileri Çizelge 4.47'de verilmiştir. Stoma eni 14,8-20,8 µm arasında değişmiştir. Kotiledon döneminde 16,3 µm olan stoma eni imazamox herbisitinin önerilen dozunda 17,0 µm'ye artmış, fitotoksisite dozunda ise 14,8 µm'ye azalmıştır. İki yapraklı dönemde 15,5 µm olan stoma eni, fitotoksisite dozunda 20,8 µm'ye artmıştır. Dört yapraklı dönemde ise stoma eni 17,3 µm'den önerilen dozda uygulanan imazamox ile 16,4 µm'ye ve fitotoksik dozda 16,1 µm'ye azalmıştır.

Clopyralid etken maddesinin uygulanması ile stoma eni 14,6-19,1 µm arasında değişmiştir. Kotiledon ve iki yapraklı dönemde artan clopyralid dozlarıyla stoma eni artmıştır. Ancak, 4 yapraklı dönemde 19,1 µm olan stoma eni önerilen dozda 16,8 µm'a azalmış fakat, iki kat dozda bir miktar artarak 17,6 µm olmuştur.

Çizelge 4.48. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde stoma eni (µm) ortalamaları

Dönem	**Herbisit Dozları**			***Ortalama***
	Kontrol	**X**	**2X**	
Kotiledon	15,2^{g}	15,7^{f}	17,1^{b}*	***16,0^{B}***
2 Yaprak	15,1^{g}	17,8^{a}	16,2^{d}	***16,3^{A}***
4 Yaprak	14,7^{h}	16,3^{c}	16,0^{e}	***15,6^{C}***
Ortalama	***15,0^{C}***	***16,6^{A}***	***16,4^{B}***	

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Riccardo KWS kolza çeşidinin artan clopyralid dozlarındaki stoma eni değerleri Çizelge 4.48'de verilmiştir. Kotiledon döneminde 15,2 µm olan stoma eni, önerilen dozda 15,7 µm'a ve fitotoksik dozda ise 17,1 µm'a artmıştır. İki yapraklı dönemde 15,1 µm olan stoma eni önerilen dozda 17,8 µm'a arttığı ve fitotoksik dozda ise 16,2 µm'a azaldığı tespit edilmiştir. Dört yapraklı dönemde 14,7 µm olan kontrol bitkileri, önerilen dozda 16,3 µm'a artmış fitotoksik dozda ise 16,0 µm'a azaldığı belirlenmiştir. Genel olarak artan clopyralid dozları stoma enini arttırmıştır.

4.2.11. Stoma Boyu

Farklı büyüme dönemlerinde imazamox ve clopyralid dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinin stoma boyu verileriyle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.49'da; clopyralid dozları uygulanan Riccardo KWS çeşidinin sonuçları ise Çizelge 4.50'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.49. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde stoma boyuna ait varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	71	-	-
Dönem (A)	2	9,4	1541**
Herbisit (B)	1	0,3	56**
A×B	2	37,6	6199**
Doz (C)	2	19,8	3259**
A×C	4	41,4	6819**
B×C	2	1,8	302**
A×B×C	4	35,3	5836**
Hata	54	0,01	-

**: %1 düzeyinde önemli

Çizelge 4.50. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde stoma boyuna ait varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	35	-	-
Dönem (A)	2	2,05	374**
Doz (B)	2	4,74	864**
A×B	4	1,14	208**
Hata	27	0,01	-

**: %1 düzeyinde önemli

Stoma boyuna ait varyans analiz sonuçları incelendiğinde, KWS Cyrill CL çeşidinin dönem, herbisit, dönem × herbisit, doz, dönem × doz, herbisit × doz ve dönem × herbisit × doz interaksiyonu istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu (Çizelge 4.49) belirlenmiştir. Ricardo KWS çeşidinde stoma boyu bakımından dönem, doz ve dönem × doz interaksiyonu %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.50). Uygulamalara göre elde edilen ortalama stoma boyu değerleri ve farklılık gruplandırmaları Çizelge 4.51 ve 4.52'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.51. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin stoma boyu (µm) ortalamaları

Herbisit	Dönem	Herbisit Dozları			*Ortalama*
		Kontrol	X	2X	
Imazamox	**Kotiledon**	23,8^{j}	25,7^{d}	21,1^{p}*	***23,5^{E}***
	2 Yaprak	22,5^{m}	22,9^{l}	32,7^{a}	***26,1^{A}***
	4 Yaprak	24,7^{g}	22,1^{o}	22,8^{l}	***23,2^{F}***
	Ortalama	***23,7^{D}***	***23,6^{E}***	***25,5^{A}***	***24,3^{B}***
Clopyralid	**Kotiledon**	22,3^{n}	24,1^{i}	24,9^{f}	***23,8^{C}***
	2 Yaprak	22,8^{l}	23,6^{k}	24,5^{h}	***23,6^{D}***
	4 Yaprak	26,0^{c}	25,2^{e}	26,2^{b}	***25,8^{B}***
	Ortalama	***23,7^{D}***	***24,3^{B}***	***25,2^{C}***	***24,4^{A}***

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

KWS Cyrill CL çeşidinin stoma boyu üzerine imazamox ve clopyralid herbisitlerinin artan dozlarındaki etkileri Çizelge 4.51'de verilmiştir. Stoma boyu 21,1-32,7 µm arasında değişmiştir. Kotiledon döneminde 23,8 µm olan stoma boyu imazamox herbisitinin önerilen dozunda 25,7 µm'ye artmış, fitotoksik dozda ise 21,1 µm'ye azalmıştır. İki yapraklı dönemde 22,5 µm olan stoma boyu, önerilen dozda 22,9 µm'a ve fitotoksik dozda ise 32,7 µm'ye artmıştır. Dört yapraklı dönemde stoma boyu 24,7 µm'den önerilen dozda uygulanan imazamox ile 22,1 µm'a azalmış ve fitotoksik dozda 22,8 µm'a artmıştır.

Clopyralid etken maddesinin uygulanması ile KWS Cyrill CL çeşidinin stoma boyu 22,3-26,2 µm arasında değişmiştir. Kotiledon ve iki yapraklı dönemde artan clopyralid dozlarıyla stoma boyu artmıştır. Ancak, 4 yapraklı dönemde 26,0 µm olan stoma boyu önerilen dozda 25,2 µm'a azalmış fakat, iki kat dozda 26,2 µm'a artmıştır.

Çizelge 4.52. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde stoma boyu (µm) ortalamaları

Dönem	Clopyralid Dozları			*Ortalama*
	Kontrol	X	2X	
Kotiledon	23,5^{f}	24,0^{e}	24,3^{d}*	***23,9^{C}***
2 Yaprak	24,1^{e}	25,1^{b}	24,4^{c}	***24,5^{B}***
4 Yaprak	23,5^{f}	25,0^{b}	25,7^{a}	***24,7^{A}***
Ortalama	***23,7^{C}***	***24,7^{B}***	***24,8^{A}***	

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Riccardo KWS çeşidi artan clopyralid dozlarının stoma boyuna olan etkileri Çizelge 4.52'de verilmiştir. Kotiledon döneminde 23,5 µm, iken önerilen doz clopyralid uygulaması stoma boyunu 24,0 µm'a fitotoksik dozda ise 24,3 µm'a artmıştır. İki yapraklı dönemde 24,1 µm'dan 25,1 µm'a artmış, fitotoksik dozda 24,4 µm'a azaldığı tespit edilmiştir. Dört yapraklı dönemde 23,5 µm olan kontrol bitkileri, önerilen dozda 25,0 µm'a fitotoksik dozda 25,7 µm'a arttığı belirtilmiştir.

4.2.12. Stoma Büyüklüğü

Farklı büyüme dönemlerinde imazamox ve clopyralid dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinin stoma büyüklüğü verileriyle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.53'te; clopyralid dozları uygulanan Riccardo KWS çeşidinin sonuçları ise Çizelge 4.54'te özetlenmiştir.

Çizelge 4.53. Farklı dönemlerde uygulanan herbisit ve dozlarının KWS Cyrill CL çeşidinde stoma büyüklüğüne ait varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	71	-	-
Dönem (A)	2	10166	3812**
Herbisit (B)	1	685	257**
A×B	2	15945	5979**
Doz (C)	2	15682	5881**
A×C	4	27181	10193**
B×C	2	653	245**
A×B×C	4	23385	8770**
Hata	54	3	-

**: %1 düzeyinde önemli

Çizelge 4.54. Farklı dönemlerde uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinin stoma büyüklüğüne ait varyans analizi

V.K.	S.D.	K.O.	F
Genel	35	-	-
Dönem (A)	2	680	222**
Doz (B)	2	7234	2360**
A×B	4	1443	471**
Hata	27	3	-

**: %1 düzeyinde önemli

Stoma büyüklüğü bakımından varyans analiz sonuçları incelendiğinde, KWS Cyrill CL çeşidinde dönem, herbisit ve dozlar arasındaki farklılık ile dönem × herbisit, dönem × doz, herbisit × doz ve dönem × herbisit × doz interaksiyonu istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.53). Ricardo KWS çeşidinde de stoma büyüklüğü bakımından dönem, doz ve dönem × doz interaksiyonu %1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.54). Uygulamalara göre elde edilen ortalama stoma büyüklüğü değerleri ve farklılık gruplandırmaları Çizelge 4.55 ve Çizelge 4.56'da özetlenmiştir.

Çizelge 4.55. Farklı dönemlerde ve dozlarda herbisit uygulanan KWS Cyrill CL kolza çeşidinin stoma büyüklüğü (µm^2) ortalamaları

Herbisit	Dönem	Herbisit Dozları			*Ortalama*
		Kontrol	X	2X	
Imazamox	Kotiledon	303^{ı}	343^{e}	245^{o}*	***297^{D}***
	2 Yaprak	274^{m}	274^{m}	534^{a}	***360^{A}***
	4 Yaprak	335^{f}	285^{l}	287^{k}	***302^{C}***
	Ortalama	***304^{E}***	***300^{F}***	***355^{A}***	***320^{B}***
Clopyralid	Kotiledon	255^{n}	304^{ı}	347^{d}	***302^{C}***
	2 Yaprak	295^{j}	310^{h}	342^{e}	***315^{B}***
	4 Yaprak	390^{b}	332^{g}	361^{c}	***361^{A}***
	Ortalama	***313^{D}***	***315^{C}***	***350^{B}***	***326^{A}***

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

KWS Cyrill CL çeşidinin stoma büyüklüğü üzerine imazamox ve clopyralid herbisitlerinin artan dozlarındaki etkileri Çizelge 4.55'te verilmiştir. Stoma büyüklüğü 534 µm^2 ile 245 µm^2 arasında değişmiştir. Kotiledon döneminde 303 µm^2 olan stoma boyu imazamox herbisitinin önerilen dozunda 343 µm^2'ye artmışsa da fitotoksisite dozunda 245 µm^2'ye azalmıştır. İki yapraklı dönemde 274 µm^2 olan stoma büyüklüğü, fitotoksik dozda 534 µm^2'ye artmıştır. Dört yapraklı dönemde stoma büyüklüğü 335 µm^2'den önerilen dozda uygulanan imazamox ile 285 µm^2'ye azalmış ve fitotoksisite dozunda 287 µm^2'ye artmıştır. Ancak her iki uygulamada da kontrolden daha düşük stoma büyüklüğü elde edilmiştir.

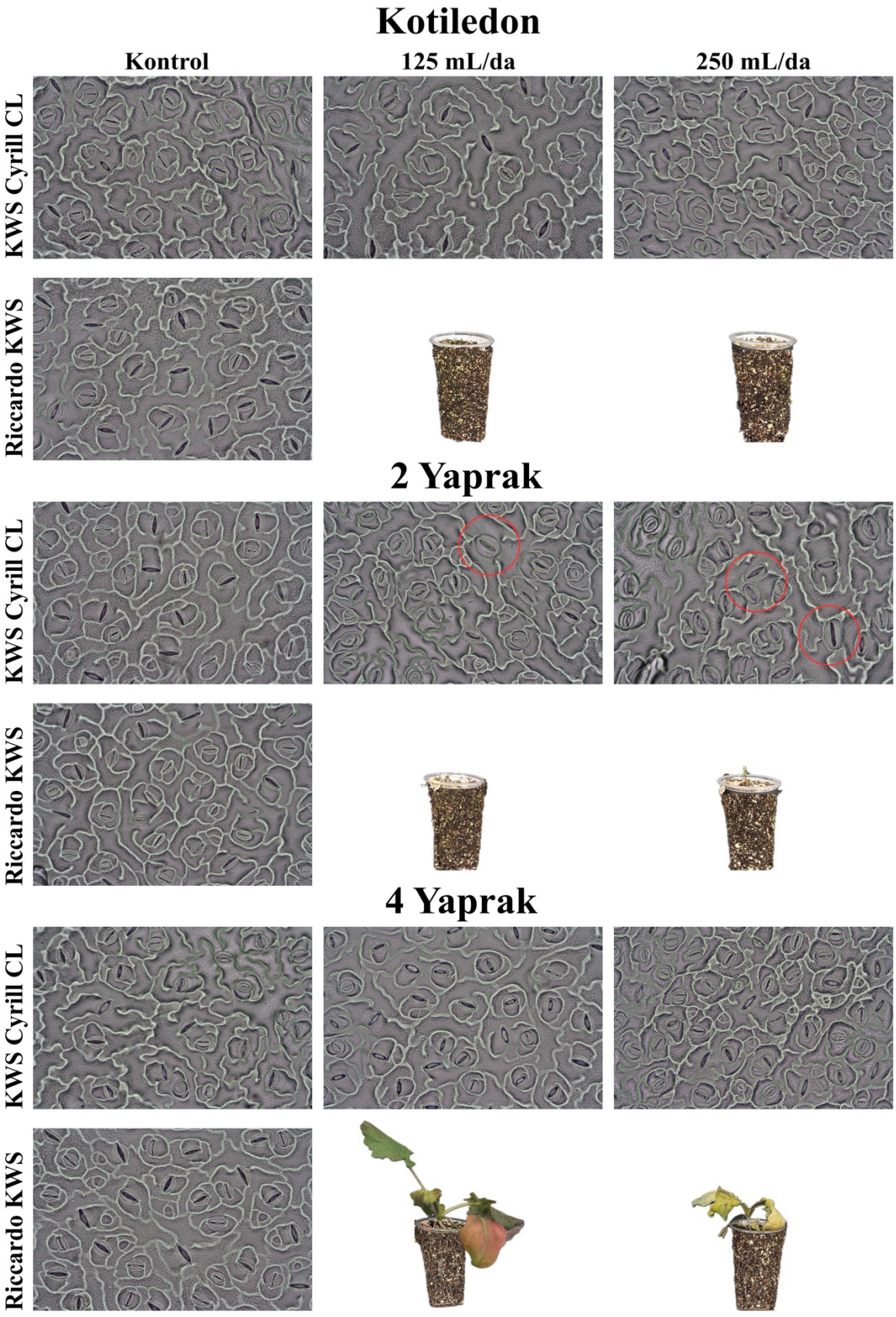
Clopyralid etken maddesi ile farklı büyüme dönemlerinde stoma büyüklüğü 255-390 µm^2 arasında değişmiştir. Kotiledon ve iki yapraklı dönemde artan clopyralid dozlarıyla stoma büyüklüğü artmıştır. Ancak, dört yapraklı dönemde 390 µm^2 olan stoma büyüklüğü önerilen dozda 332 µm^2'a azalmış fakat, iki kat dozda ise 361 µm^2'ye artmışsa da kontrolde daha küçük stomalar elde edilmiştir.

Çizelge 4.56. Farklı dönemlerde ve dozlarda uygulanan clopyralid dozlarının Riccardo KWS çeşidinde stoma eni (µm^2) ortalamaları

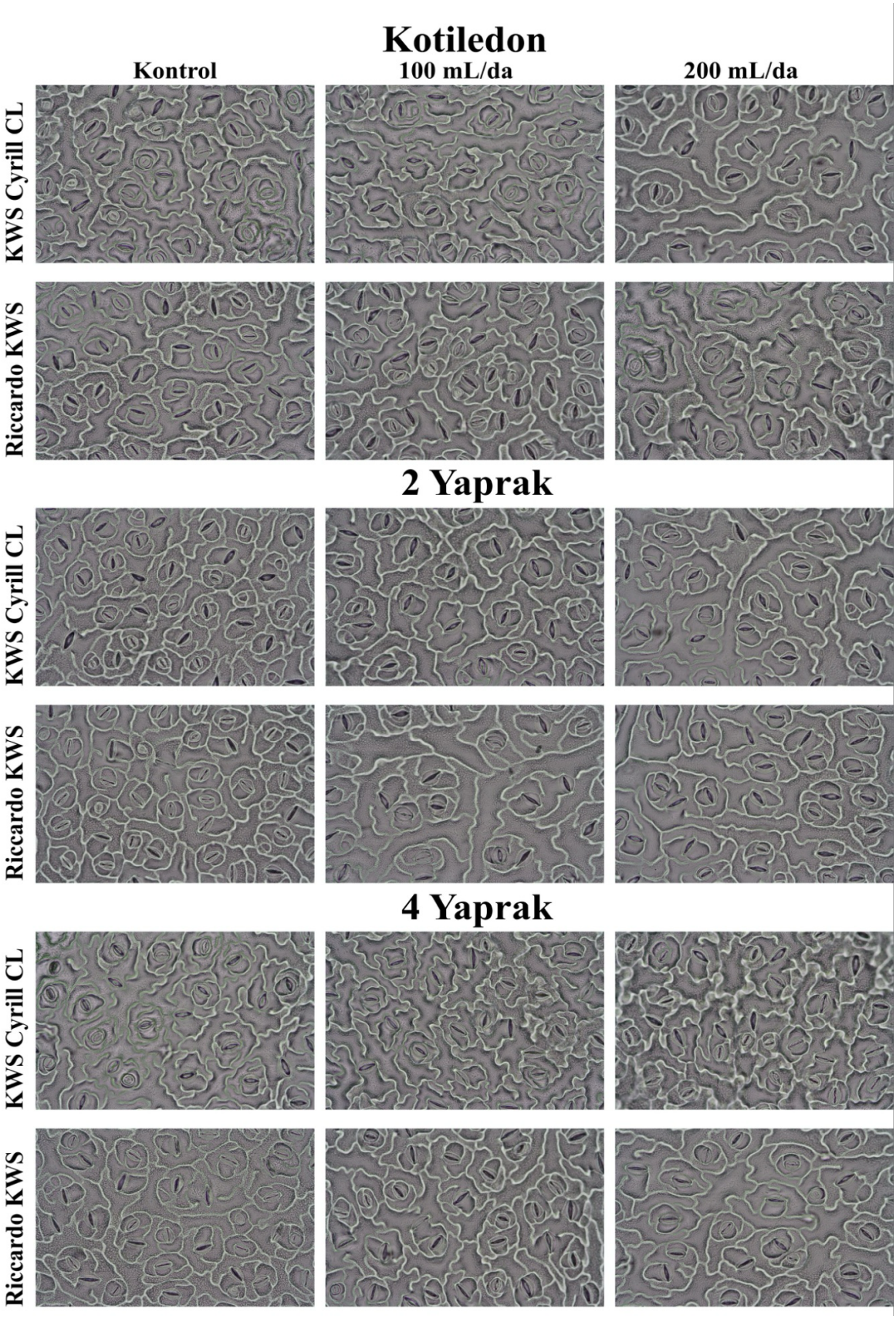
Dönem	Clopyralid Dozları			*Ortalama*
	Kontrol	X	2X	
Kotiledon	280^{g}	296^{e}	327^{b}*	***301^{C}***
2 Yaprak	285^{f}	351^{a}	310^{d}	***315^{B}***
4 Yaprak	270^{h}	320^{c}	322^{c}	***304^{A}***
Ortalama	***278^{C}***	***322^{A}***	***319^{B}***	

*: Harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

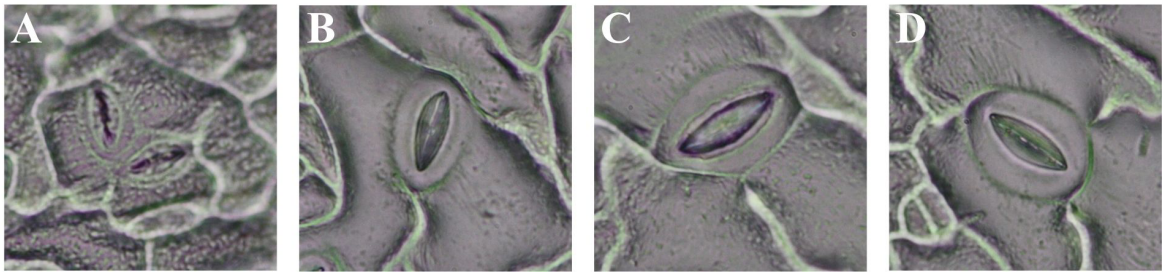
Riccardo KWS çeşidinde büyüme dönemlerine göre artan clopyralid dozlarının stoma büyüklüğüne olan etkileri farklı olmuştur (Çizelge 4.56). Ancak genel olarak clopyralid uygulanan bitkilerde daha büyük stomalar elde edilmiştir. Kotiledon döneminde stoma büyüklüğü 280 μm^2 olarak ölçülürken, önerilen dozda 296 μm^2'ye ve fitotoksik dozda 327 μm^2'ye artmıştır. İki yapraklı dönemde stoma büyüklüğü 285 μm^2'den 351 μm^2'ye artmış, fitotoksik dozda 310 μm^2'ye geri azaldığı tespit edilmiştir. Dört yapraklı dönemde 270 μm^2 olan kontrol bitkileri, önerilen dozda clopyralid uygulaması ile 320 μm^2'ye ve fitotoksik doz uygulaması ile 322 μm^2'ye artış göstermiştir.



Şekil 4.4. Kolza çeşitlerine kotiledon, iki ve dört yapraklı dönemde uygulanan imazamox herbisitinin önerilen ve fitotoksik dozlardaki stoma görüntüleri



Şekil 4.5. Kolza çeşitlerine kotiledon, iki ve dört yapraklı dönemde uygulanan clopyralid herbisitinin önerilen ve fitotoksik dozlardaki stoma görüntüleri

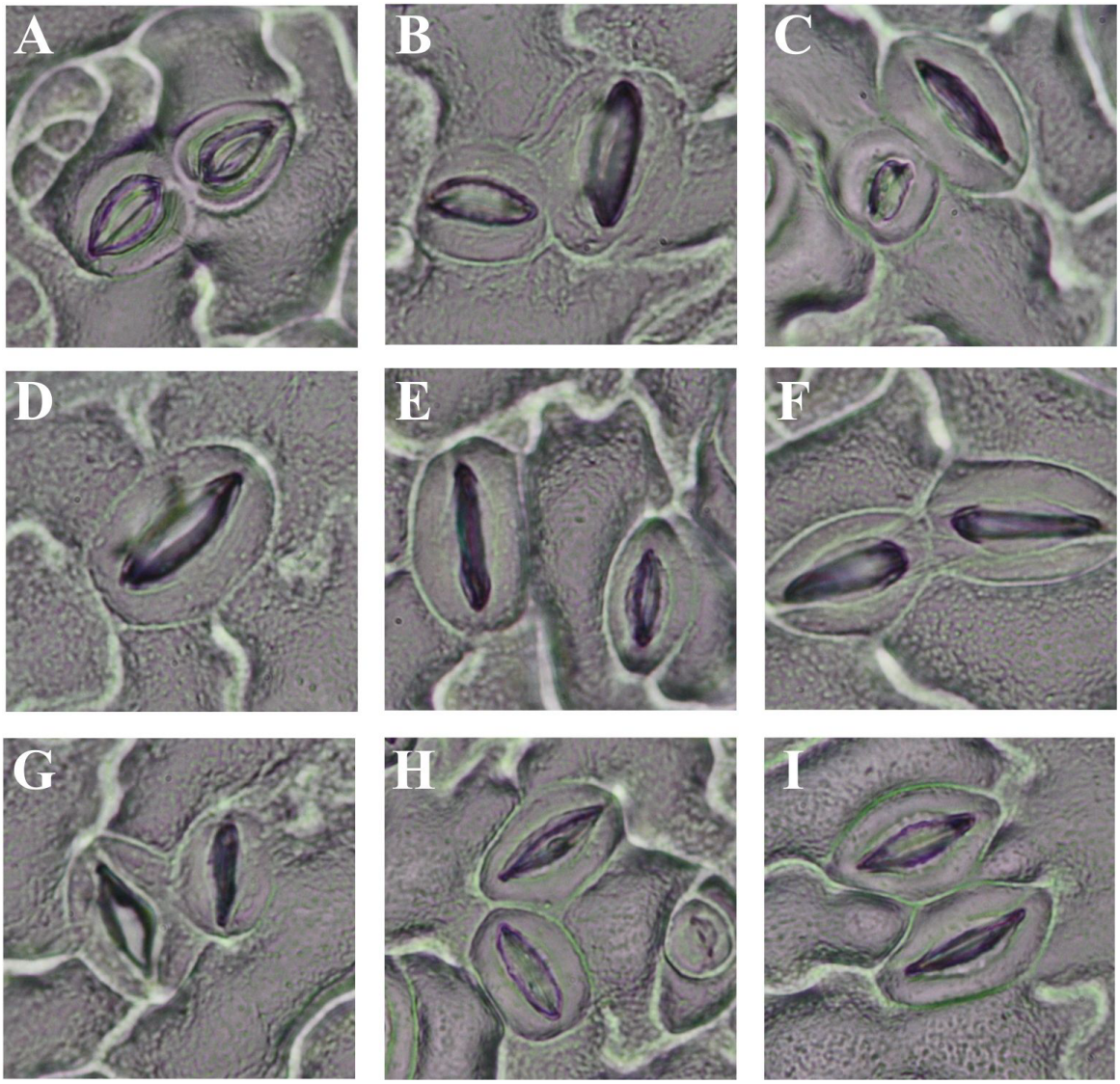


Şekil 4.6. KWS Cyrill CL çeşidinin iki yapraklı dönemde önerilen dozda imazamox uygulanan bitkilerdeki anormal stoma görüntüleri

Balabanova ve Vassilev (2015) imazamox uygulamasının IMI-R Clearfield ayçiçeği çeşitlerinde büyüme ve fotosentez performansını engellediğini bildirmişlerdir. Önerilen dozda (120 mL/da) imazamox uygulanan bitkilerde inhibisyon daha az gerçekleşirken, doz aşımında bitkilerde önemli büyüme durgunluğu görülmüştür.

Çalışmada, iki yapraklı dönemdeki KWS Cyrill CL kolza çeşidine imazamox uygulaması, stomalarda anormal oluşumlara neden olduğu görülmüştür. Bu durum fitotoksisite dozunda elde ettiğimiz bulgulardaki stoma eni, boyu ve büyüklüğündeki artışı desteklemektedir. Anormal stomalara ait görüntüler Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Şekil 4.6A'da yapışık stomalar görülmektedir. Bununla birlikte, Şekil 4B, C ve D'de normalden çok daha büyük stomalar görüntülenmiştir. Benzer bulgular fitotoksisite dozunda imazamox uygulanan bitkilerde de belirlenmiştir. Şekil 4.7A, B ve C'de normalden büyük ve yapışık stomalar görülürken, Şekil 4.7D ve E'de iri stomalar görülmektedir. Yine, Şekil 4F, H ve I'da hem çok büyük hem de yapışık stomalar görülmektedir. Stoma büyümesi özellikle poliploid bitkilerde gözlenmektedir. Arda vd. (2020) yüksek konsantrasyonlu imazamox uygulamasının sadece IMI hassas ayçiçeğinde değil, aynı zamanda dayanıklı çeşitte de fitotoksik etkilerin olduğu ve bazı fizyolojik ve genetik değişikliklere neden olduğunu belirtmiştir. DNA artışını tahmin etmek için kromozomların iki katına çıkması gerekmekte ve bu da stomalarda bazı değişikliklere yol açmaktadır. Moghbel vd. (2015) yaptıkları çalışmada poliploid bitkiler elde etmek için meyan kökü ve aspir bitkilerinde kolşisin uygulamışlar ve morfolojik olarak poliploid bitkilerdeki stomaların uzunluğunu ölçülmüşlerdir. Sonuçlar hem meyan kökü hem de aspirde kolşisin uygulanmış poliploid bitkilerin daha büyük stomaya sahip olduğunu bildirmişlerdir. Meyan kökünde, 24 saat boyunca %0,05 ve %0,1 kolşisin uygulanan bitkilerde stomaların uzunluğu, kontrol bitkilerinde 84,7 nm'ye kıyasla ortalama daha uzun olduğu bulunmuş ve sırasıyla 128,01 ve

181,86 nm ölçülmüştür. Aspirde %0,03, %0,05 ve %0,1 kolşisin uygulanan bitkilerdeki stomaların ortalama uzunluğu sırasıyla 127,17, 132,67 ve 123,83 nm ölçülmüş ve bunların hepsi ortalama uzunluğu 99,44 nm olan kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde daha büyük bulunmuştur. Stoma boyutunun bir ölçüsü olarak stoma uzunluğu ploidi seviyelerinin bir göstergesi olarak ploidi seviyelerini belirlemek için farklı bitki türlerinde kullanılmıştır.



Şekil 4.7. KWS Cyrill CL çeşidinin iki yapraklı dönemde fitotoksisite dozunda imazamox uygulanan bitkilerde anormal stoma görüntüleri

Mandal vd. (2012) yaptıkları çalışmada stomaları farklılıklarına göre gruplandırılmış ve bu gruplandırmada çalışmamızın stoma görüntüleri ile benzer bulunmuştur. Buna göre birbirine bitişik iki stoma ve ortak bir yan hücreyi paylaşmış ise bu stoma türü çoğunlukla holoparasitiktir (Şekil 4.7-H). Bir diğeri dev stomadır ve bu stomalar normal büyüklükteki

stomadan %15-20 oranında daha büyüktür. Dev stomalar genellikle yan hücrelerde ışınsal çizgilere sahiptir (Şekil 4.7-D, E).

İkiz stomalar, iki bitişik meristemoidden oluşmaktadır. İkiz bir stomadaki iki stomanın yönelimi önemli ölçüde değişkenlik gösterir ve yönelime bağlı olarak dört tip ikiz stoma görülebilmektedir. Bunlardan ilki, yan yana ve paralel ikiz stoma: İki stoma yan yana ve birbirine paralel olabilir ve çalışmamızda bu tip stomalar belirlenmiş Şekil 4.7-I'da olduğu gibi görüntülenmiştir. İkincisi dik açılı: Burada iki stoma birbirine dik açıyla yönlendirmiş ve iki türe ayırmıştır: a) Kutuplarda dik açılı, Şekil 4.7-H'de olduğu gibi ve b) Ortada dik açılı Şekil 4.7-C'de görüntülendiği gibi. Üçüncüsü eğik yönelimli: İki stoma yaklaşık 45° veya daha fazla bir açıyla eğik olarak yerleştirilmiştir ki bu tip stomalar çalışmamızda Şekil 4.7-G'de görüntülenmiştir. Son olarak, Üst üste: Bu tipte, iki stoma yalnızca bir kutupta birbirine değecek şekilde tek bir çizgi üzerinde uzanmaktadır. Bu tip stomalarda kolzada tespit edilmiş ve Şekil 4.7-A, F'de gösterilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde yıllardır süre gelen bitkisel yağ açığımız gün geçtikçe daha da artmaktadır. Bu duruma başta artan nüfusumuz ve sağlıklı beslenme bilincinin oluşması neden olmaktadır. Ancak, artan ithalat miktarı ve ödenen döviz miktarı ülkemiz ekonomisini olumsuz etkilemektedir. Ülkemizde bitkisel yağ üretimi büyük ölçüde ayçiçeğine bağlıdır. Ayçiçeği üretiminde yıldan yıla yaşanan dalgalanmalar stabil bir bitkisel yağ üretememize neden olmaktadır. Bu nedenle ayçiçeği yanında farklı yağ bitkilerinin de üretiminin sağlanması gerekmektedir.

Kolza, yağ bitkileri arasında kışlık olarak yetiştirilebilen, adaptasyon kabiliyeti, tane verimi ve yağ oranı yüksek olan ve yağ kalitesi bakımından üstün özelliklere sahip bir bitkidir. Gıda olarak kullanımının yanında biyodizel üretimine de uygun olan kolza yağı önemli bir enerji kaynağıdır. Yağı alındıktan sonra arta kalan küspesi yüksek protein içeriğine sahip olduğu için hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Tarımının tamamen mekanize olarak yapılabilmesi ve diğer yağ bitkilerinden 2-3 ay daha önce hasat edilmesi nedeniyle hem çiftçiler hem de yağ fabrikaları açısından büyük avantaj sağlamaktadır.

Ülkemizde kışlık kolza ekiminin yoğun olarak yapıldığı illerde genellikle eylül ayı içerisinde yapılmaktadır. Bu dönemde doğal yağışlar olmadığı için ekimden sonra bitki çıkışını garanti altına almak bakımından sulama yapılması gerekmektedir. Bu durumunda kolza bitkileri ile birlikte yabancı otlar ve bir önceki ürünün dökülen tohumları da çıkmaktadır. Kolza, çıkış ve erken dönemde yavaş büyüme alışkanlıkları ve bazen de istenilen bitki sıklığının sağlanamaması nedeniyle yabani otlarla rekabet edememektedir. Ayrıca, *Brassicaceae* familyasına ait yabancı otlara karşı seçici herbisitlerin yetersiz kalması klasik kolza çeşitleri için sorun oluşturmaktadır. Bu durumu çözmek için Clearfield® teknolojisi adı altında üretilen imidazolinone grubu (imazapyr, imazapic, imazethapyr, imazamox vb.) herbisitlere dayanıklı kolza çeşitleri geliştirilmiştir.

Kolza gerek tohumlarının küçük olması gerekse hava sıcaklığının ekimden sonra giderek azalması ile birlikte topraktan çıkışı ve erken bitki gelişimi yavaş olmaktadır. Dolayısıyla bu dönemde yabancı otlarla rekabeti zayıf olmaktadır. Bu nedenle kışlık kolzada yabancı ot mücadelesi bitkilerin çıkışından sonraki dönemde yani sonbaharda yapılmaktadır.

Herbisitlerin uygulandığı dönemde bitki çıkışları ve buna bağlı olarak da büyüme dönemleri farklı olmaktadır. Bu çalışmada, imidazolinone grubu herbisite dayanıklı (IMI-R) ve hassas (IMI-S) kışlık kolza çeşitlerine uygulanan imazamox ve clopyralid etken maddelerinin çimlenme, fide gelişimi ve bitki büyümesi üzerine etkileri morfolojik ve fizyolojik parametreler yardımıyla belirlenmiştir.

Araştırma bulgularımız, incelenen IMI-R ve IMI-S kışlık kolza çeşitlerinde imazamox herbisiti için çimlenme oranlarının farklılık görülmesine rağmen, her iki kolza çeşidinde çimlenme yüzdesi artan imazamox dozlarından etkilenmemiştir. Benzer şekilde clopyralid dozuna bağlı olarak her iki kolza çeşidinin çimlenme yüzdesinde belirgin bir artış veya azalış tespit edilememiştir. Ortalama çimlenme süresinde en yüksek ve en düşük clopyralid dozları arasında önemli bir fark belirlenmemiştir. Ancak, imazamox konsantrasyonlarındaki artış çimlenme indeksinde önemli artışa neden olmuştur.

Çeşitlerin fide gelişimleri de her iki herbisitten de farklı şekilde etkilenmiştir. Riccardo KWS çeşidinin sürgün uzunluğu artan imazamox dozları ile azalırken, KWS Cyrill CL çeşidinde sadece 1,00 mM imazamox dozunda azalmıştır. Imazamox dozları her iki kolza çeşidinin kök uzunluğunda da azalmaya neden olmuştur. En kısa kök 2,00 mM imazamox dozundan elde edilmiştir. IMI-R çeşidinde de imazamox dozu kök uzunluğunun azalmasına neden olmuştur. Sürgün ve kök uzunluğunun imazamox uygulamalarına duyarlı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, bu durum imazamox'un kolzanın kökleri tarafından da alındığının göstermektedir. Kök ve sürgün uzunluğundaki azalmaya bağlı olarak fide yaş ağırlığı da azalmıştır. Imazamox dozlarının IMI-S çeşidinde fide yaş ağırlığını azaltması beklenen bir sonuçtur. Ancak, IMI-R çeşidinde olumsuz etkinin az da olsa belirlenmiş olması, bu herbisitlerin doz aşımında dayanıklı çeşitlerin etkileneceğini göstermiştir. Bu durum özellikle çeşitlerin herbisite karşı dayanıklılıklarını 4 yapraklı dönemde kazandığının bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Fide kuru ağırlığı en yüksek KWS Cyrill CL çeşidinin 1,00 mM imazamox dozundan elde edilmiştir.

Clopyralid uygulamalarının sürgün ve kök uzunluğuna etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Clopyralid dozları arttığında sürgün ve kök uzunluğu önemli ölçüde azalmıştır. Benzer bir eğilim, daha yüksek clopyralid konsantrasyonları ile birlikte azalan fide yaş ağırlığında da gözlenmiştir. Bu bulgu, herbisit uygulama zamanının bitki büyüme

dönemine göre belirlenmesi gerektiğini göstermiştir. Clopyralid etken maddesi standart kolza çeşitlerinde kullanılmak üzere ruhsatlandırılmış olmasına rağmen, bitkilerin 4 yapraklı döneminden önce uygulanması, kolza bitkilerinin fide büyüme özelliklerini olumsuz etkilemiştir.

Saksı denemelerinde, tarladaki bitkilerin durumu simüle edilerek üç farklı dönemde yapraktan uygulama yapılmıştır. Benzer şekilde, önerilen dozda ve pülverizatörün atım sınırını geçerek üst üste uygulama (katlama) yapılmasını simüle etmek amacıyla fitotoksisite dozunda (iki kat) herbisit konsantrasyonları kullanılmıştır. IMI-R çeşidinde imazamox herbisitinin kotiledon ve iki yapraklı dönemde önerilen dozda yapılan uygulamaları bitki yaş ağırlığının azalmasına neden olmuştur. Kotiledon ve iki yapraklı dönemdeki bitkiler herbisit uygulamalarından daha fazla etkilenmiştir. Dört yapraklı dönemde yapılan uygulamada bitki yaş ağırlığı 9,15 g, fitotoksik dozda ise 9,47 g olarak belirlenmiştir. Clopyralid etken maddesinde ise kotiledon döneminde 8,85 g olan bitki yaş ağırlığı hem önerilen dozda hem de fitotoksik dozda 9,89 g olarak belirlenmiştir. İki yapraklı dönemde önemli bir azalış belirlenmez iken, dört yapraklı dönemde 8,97 g olarak tartılan bitki yaş ağırlığı, fitotoksik dozda ise 9,90 g olarak belirlenmiştir. IMI-S çeşidinde clopyralid uygulamalarının, hangi dozda veya hangi dönemde uygulandığına bakılmaksızın, bitki yaş ağırlığının değiştirmediği görülmüştür. Bitki yaş ve kuru ağırlıklarına bağlı olarak yaprak alanında da benzer durumlar tespit edilmiştir. Clopyralid uygulamaları yaprak alanını azaltmıştır. Özelikle fitotoksik doz uygulamasında yaprak alanı önemli ölçüde azalmıştır. Kotiledon ve iki yapraklı dönemdeki bitkilerde yaprak alanı azalırken, dört yapraklı dönemde yapılan uygulamada yaprak alanında belirgin bir azalış tespit edilememiştir. IMI-R çeşidi, imazamox herbisitine dayanıklı bir çeşit olmasına rağmen tavsiye edilen dozda yapılan uygulamalar, özellikle kotiledon ve 2 yapraklı dönemde, yaprak alanının azalmasına neden olmuştur. Clopyralid etken maddesinde ise önemli bir azalış belirlenmezken, sadece 2 yapraklı dönemde fitotoksik dozda yapılan uygulama bitkilerde yaprak alanı azalmasına neden olmuştur. Elektrolit sızıntısı, bitkilerde stres indikatörü olarak kullanılmakta ve strese maruz kalan bitkilerde daha yüksek ölçülmektedir. KWS Cyrill CL çeşidinin imazamox etken maddesine dayanıklı olmasına rağmen önerilen ve fitotoksik doz uygulamalarından etkilendiği ve daha yüksek elektrolit sızıntısı verdiği görülmüştür.

Sonuç olarak, IMI herbisitine dayanıklı ve dayanıksız kışlık kolza çeşitlerinin imazamox ve clopyralid herbisitlerine en fazla etkilenen özelliklerin bitki yaş ve kuru ağırlığı, yaprak alanı ve elektrolit sızıntısı olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda IMI-R çeşidinde kolza bitkilerinin iki yapraklı döneminde önerilen ve fitotoksik doz imazamox uygulaması ile çok sayıda anormal stoma (iri ve yapışık) görüntüleri tespit edilmiştir. İri stomaların poliploid bitkilerin tespitinde indikatör olarak kullanıldığı göz önüne alındığında, bu dönemde yapılacak uygulamaların genetik bozukluklara neden olabileceği düşünülmektedir. Ancak, bu konuda daha kesin sonuçlara ulaşmak için kromozom analizlerinin yapılması gerekmektedir. Riccardo KWS çeşidi imazamox herbisitinin kotiledon ve iki yapraklı dönemin hem önerilen hem de fitotoksisite dozunda direkt ölürken, dört yapraklı dönemin önerilen dozunda uygulamadan 5 gün sonra bitkide negatif etki göstermeye başlamıştır. Dolayısıyla bitkiler büyüdükçe bitki dokuları ve yaprakları kalınlaştığı ve buna bağlı olarak da bitkilerin herbisitlerden etkilenme hızının yavaşladığı söylenebilir. Ancak, bu durumda sonucu değiştirmemiş ve dayanıksız bitkiler ölmüştür. Sonuçta, clopyralid uygulaması ile kolzada önemli bir risk veya zarar tespit edilmemişken, imazamox uygulamalarında bitki gelişiminde gerilik ve genetik zararlanmalar gibi risklerin oluşabileceği göz ardı edilmemelidir. Ayrıca, bitkilerin 4 yapraklı dönemde imazamox uygulamalarından etkilenmediği de söylenebilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Adámszki, T., Torma, M., Kukorelli, G., & Reisinger, P. (2011). *Experiences in weed control of imidazolinone resistant winter oilseed rape.* Herbologia, 12(2), 23.

Algan, N. (1987). *Kolza tarımı ve Türkiye'de gelişme olanakları*, TYUAP ABAV-Ekim 1987 tebliği, T.C. Tarım, Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Menemen, İzmir.

Anonim. (2025a). Erişim: https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL, Erişim tarihi: 29.09.2025.

Anonim. (2025b). Erişim: https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr, Erişim tarihi: 29.09.2025.

Anonim. (2025c). Erişim: https://www.kws.com/tr/tr/urunler/kolza/kolza-cesitleri/kws-cyrill-cl/, Erişim tarihi: 24.09.2025.

Anonim. (2025d). Erişim: https://www.kws.com/pl/pl/produkty/rzepak/lista-odmian/riccardo-kws-f1/, Erişim tarihi: 24.05.2025.

Anonim. (2025e). Erişim: https://www.agro.basf.com.tr/tr/%C3%9Cr%C3%BCnler/%C3%9Cr%C3%BCn-Bilgileri/Herbisit/Intervix-Pro.html, Erişim tarihi: 06.11.2025.

Anonim. (2025f). Erişim: https://hektas.com.tr/urunlerimiz/phaeton-100/, Erişim tarihi: 06.11.2025.

Anonim. (2025g). Erişim: https://tr.wikipedia.org/wiki/Transpirasyon, Erişim tarihi: 05.12.2025.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

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. https://doi.org/10.1007/s11270-020-4439-8

Balabanova, D., & Vassilev, A. (2015). *Response of sunflower clearfield hybrids to both recommendable and higher doses of the imazamox herbicide.* Agricultural Sciences, 7(18), 41–46.

Balabanova, D. A., Paunov, M., Goltsev, V., Cuypers, A., Vangronsveld, J., & Vasillev, A. (2016). *Photosynthetic performance of the imidazolinone resistant sunflower exposed to single and combined treatment by the herbicide ımazamox and an amino acid extract.* Frontiers in Plant Science, 7, 1559. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01559

Balabanova, D. (2022). *Seed imbibition by imazamox induces activation of glutathione S-transferases (GSTs) in wheat seedlings.* Agricultural Sciences, 14(32), 19-22. https://doi.org/10.22620/agrisci.2022.32.003

Başalma, D., & Uranbey, S. (1998). *Ankara Koşullarında Farklı Yazlık Kolza (Brassica napus ssp. oleifera) Çeşitlerinin Verim ve Verim Öğelerinin Karşılaştırılması*. Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 8, 61-65.

Bayramin, S., & Kaya, M. (2009). *Son Yıllarda Ülkemizde Aspir ve Kolza Üretimindeki Gelişmeler.* Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 18(1-2), 43-47.

Breccia, G., Bisio, M. B., Picardi, L., & Nestares, G. (2018). *A rapid phenotyping method for imazamox resistance in wheat.* Planta Daninha, 36. https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100142

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Breccia, G., Picardi, L., & Nestares, G. (2020). *Cultivar variation for imazamox resistance in wheat (Triticum aestivum L.): Insights into enzymatic assays for early selection.* Plant Physiology and Biochemistry, 151, 438- 442. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.03.045

Concato, A. C., Galon, L., Sutorillo, N. T., Tamagno, W. A., de Paula, M. O., Vanin, A. P., Alves, C., Silva, J. D. G., Concenco, G., Perin, G. F., & Kaizer, R. R. (2022). *Does the applicable of herbicides with distinct mechanisms of action change enzymatic activity and grain yield of Clearfield canola?.* Australian Journal of Crop Science, 16(1), 93-102.

Cruz, S. J. S. (2013). *Características morfofisiológicas de plantas e produtividade de milho* [Doctoral dissertation, State University of São Paulo]. Botucatu, SP, Brazil. http://hdl.handle.net/11449/100022

Çebi, U., Özcan, C., Gürbüz, M. A., & Özer, S. (2019). *Residual levels of imazamox herbicide and derivatives in different parts of sunflower plant and honey samples produced under the effect of sunflower flora.* Derim, 36(1), 99-107. https://doi.org/10.16882/derim.2019.542462

Delchev, G. (2021a). *Efficacy and selectivity of some herbicides in five field crops*. LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, Germany, 225.

Delchev, G. (2021b). *Selectivity and stability of herbicides, herbicide tank mixtures and herbicide combinations on seed yield of Clearfield oilseed canola (Brassica napus L.).* Agricultural Science & Technology, 13(3), 280- 284. https://doi.org/10.15547/ast.2021.03.045

De Moura-Silva, I. A., Rodrigues, B. J. S., Posso, D. A., Bacarin, M. A., & Borella, J. (2025). *Growth inhibition of Pontederia crassipes to imidazolinones herbicides-group exposure.* Ecotoxicology, 34, 958-972. https://doi.org/10.1007/s10646-025-02893-w

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Demirtola, A. (1987). *İkinci Ürün Tarımında Yeni Ufuklar*. Aylık Tarım Dergisi, Hasad, Haziran, (25).

Doğru, A. (2020). *Kolza Bitkisine (Brassica napus L.) Genel Bir Bakış.* Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi, 2(2), 31-37.

Downey, R. K. (1989). *Brassica species.* Oil crops of The World, 339-362.

Durigon, M. R., Cechin, J., Mariani, F., da Silva, G. B. P., Vargas, L., & Chavarria, G. (2020). *Growth of canola hybrids resistant and sensitive to herbicides.* Semina: Ciências Agrárias, 41(6, Suplemento 2), 2911-2922. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6Supl2p2911

Dülger, S. (2019*). İleri Generasyon Kolza Hatlarının Bazı Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi* [Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı]. Bursa.

Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F. (1987). *Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları-II)*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1021(295), 10-13.

Ellis, R. H., & Roberts, E. H. (1981). *The quantification of ageing and survival in orthodox seeds,* Seed Science and Technology, 9(2), 373-409.

Fernández-Martínez, J., Domínguez J., Pérez-Vich, B., & Velasco, L. (2009). *Current research strategies for sunflower broomrape control in Spain.* Helia, 32(51), 47-56. https://doi.org/10.2298/hel0951047f

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Furkan, Z. E. (2019). *Alternatif yeşilliklerde (mibuna, mizuna ve komatsuna) tuz stresinin meydana getirdiği bazı fizyolojik morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi* [Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. 96, Tekirdağ.

Galon, L., Pawelkiewicz, R., Müller, C., Moura, D. D. S., Santin, C. O., Franceschetti, M. B., Rossetto, E. R. D. O., Agazzi, L. R., Aspiazu, I., & Tiago Forte, C. (2022). *Morphophysiological changes in clearfield oilseed rape as a result of the application of ALS-herbicides and weed competition.* Journal of Plant Diseases and Protection, 129(4), 993-1003. https://doi.org/10.1007/s41348-022-00607-6

Grey, T. L., Raymer, P. L., & Bridges, D. C. (2006). *Herbicide-resistant canola (Brassica napus) response and weed control with postemergence herbicides.* Weed technology, 20(3), 551-557. https://doi.org/10.1614/WT-05-061R.1

Grozi, D. (2023). *Productivity of clearfield oilseed canola (Brassica napus L.) by influence of some herbicides, herbicide tank mixtures and herbicide combinations.* Protecţia plantelor-realizări şi perspective, 253-262. https://doi.org/10.53040/ppap2023.37

Haliloğlu, K., Türkoğlu, A., & Aydin, M. (2022). *Determination of imazamox herbicide dose in in vivo selection in wheat (Triticum aestivum L.).* Eregli Journal of Agricultural Science, 2, 1-11. http://dx.doi.org/10.54498/etbd.2022.6

Hamıd, Z., Lakmes, A., Gümüş, H., Ünsal, N. E., & Kahraman, A. (2021). *Tolerance to Imazamox herbicide found after screening of advanced generation lentil mutant genotypes.* Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 31(3), 678-689. https://doi.org/10.29133/yyutbd.875250

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Harker, K. N., Clayton, G. W., O'Donovan, J. T., Blackshaw, R. E., & Stevenson, F. C. (2004). *Herbicide timing and rate effects on weed management in three herbicide-resistant canola systems.* Weed Technology, 18(4), 1006-1012. https://doi.org/10.1614/WT-03-188R1

Harker, K. N., O'Donovan, J. T., Clayton, G. W., & Mayko, J. (2008). *Field-scale time of weed removal in canola.* Weed Technology, 22(4), 747-749. https://doi.org/10.1614/WT-08-107.1

Harmancı, P., Yaman, E., & Kaya, M. D. (2024). *A promising method for selecting imazamox-resistant sunflower plants.* International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences, 8(2), 479-485. https://doi.org/10.31015/jaefs.2024.2.21

ISTA. (2003). *International rules for seed testing*. https://www.seedtest.org/en/publications/international- rules-seed-testing.html

İlisulu, K. (1973). *Yağ Bitkileri ve Islahı.* Çağlayan Kitapevi, İstanbul, 254-255.

Juhasz, C., Hadhazy, A., Abido, W. A., Pál, V., & Zsombik, L. (2023). *Impact of some herbicides on the growth and the yield of common vetch (Vicia sativa L.).* Agronomy Research, 21. https://doi.org/10.15159/AR.23.02

Kaya, M. D., Kaya, G., & Kolsarıcı, Ö. (2005). *Bazı Brassica türlerinin çimlenme ve çıkışı üzerine NaCl konsantrasyonlarının etkisi.* Tarım Bilimleri Dergisi, 11(4), 448-452. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000567

Kaya, M.D., Yaman, E., & Harmancı, P. (2024a). *Ülkemiz Bitkisel Yağ Açığının Kapatılmasına Yeni Bir Yaklaşım: Ayçiçeği-Kolza Dönüşümü. Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Uluslararası Akademik Çalışmalar* (s. 31-46). Serüven Yayınevi

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Kaya, M.D., Harmancı, P., & Yaman, E. (2024b). *Türkiye'nin yağlı tohum ve bitkisel yağ üretimi ve ticaretindeki gelişmeler. Tarla Bitkilerinde Güncel Yaklaşımlar I* (s. 107-131). Iksad Publishing House

Kaya, A., & Doganlar, Z. B. (2016). *Exogenous jasmonic acid induces stress tolerance in tobacco (Nicotiana tabaccum) exposed to imazapic.* Ecotoxicology and Environmental Safety, 124, 470–479. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.11.026

Kaya, M.D. & Kolsarıcı, Ö. (2005). *A new goal in sunflower breeding: Resistance to imidazolinone.* Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(2), 69-72.

Kimber, D. S., & McGregor, D. I. (1995). *Brassica. Oil Seeds: Production and Utilization.* CAB International, Cambridge, (p. 3).

Kocheva, K., Lambrev, P., Georgiev, G., Goltsev, V., & Karabaliev, M. (2004). *Evaluation of chlorophyll fluorescence and membrane injury in the leaves of barley cultivars under osmotic stress.* Bioelectrochemistry, 63(1), 121-124. https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2003.09.020

Kolsarıcı, Ö. (1986). *Türkiye'de bitkisel yemeklik yağ açığı ve çözüm yolları.* Ziraat Mühendisliği Dergisi, 179, 41-44.

Lutts, S., Kinet, J. M., & Bouharmont, J. (1996). *NaCl-induced senescence in leaves of rice (Oryza sativa L.) cultivars differing in salinity resistance.* Annals of Botany, 78, 389-398. https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0134

Majerowicz, N. (2013). *Fotossíntese.* In G. B. Kerbauy (Ed.), Fisiologia vegetal (2a ed., pp. 82-133). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Malidza, G., Jocic, S., & Skoric, D. (2003). *Weed and broomrape (O. cernua) control in clearfield in sunflower*. 7th European Weed Research Society Mediterranean Symposium, pp 6-9. Adana, Türkiye.

Mandal, M., Mitra, S., & Maity, D. (2012). *Structure of polymorphic stomata in Canella winterena (L.) Geartn.(Canellaceae).* Feddes Repertorium, *123*(4), 295-303. https://doi.org/10.1002/fedr.201300015

Mares, D. J., & Mrva, K. (2001). *Mapping quantitative trait loci associated with variation in grain dormancy in Australian wheat.* Australian Journal of Agricultural Research, 52(12), 1257-1265. https://doi.org/10.1071/AR01049

Moghbel, N., Borujeni, M. K., & Bernard, F. (2015). *Colchicine effect on the DNA content and stomata size of Glycyrrhiza glabra var. glandulifera and Carthamus tinctorius L. cultured in vitro*. Journal of Genetic engineering and Biotechnology, 13(1), 1-6. https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2015.02.002

Namiki, S., Seike, N., & Watanabe, E. (2019). *Physiological disorder of plants depending on clopyralid concentration in the soil and plant.* Journal of pesticide science, 44(2), 136-140. https://doi.org/10.1584/jpestics.D19-005

Neshev, N., Yanev, M., Mitkov, A., & Tonev, T. (2020). *Efficacy and selectivity of imazamox-containing herbicides at Clearfield® and Clearfield® plus sunflower hybrids.* Scientific Papers. Series A. Agronomy, 63(1), 450-457.

Öz, E. S. (2013). *Bazı yazlık kolza (kanola) çeşit ve hatlarının Bornova koşullarında kışlık ve yazlık olarak performanslarının belirlenmesi* [Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. İzmir.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Pfenning, M., Palfay, G., & Guillet, T. (2008). *The CLEARFIELD® technology–a newbroad-spectrumpost-emergence weed control system for European sunflower growers.* Journal of Plant Diseases and Protection, 21, 649–653.

Pfenning, M., Kehler, R., & Bremer, H. (2012). *New perspectives for weed control in winter oilseed rape due to the introduction of the Clearfield® system.* Julius- Kühn-Archiv, 2(434), 435-442.

Serim, A. T., Elibuyuk, E. A., Guzel, N. P., & Turkseven, S. (2017). *The response of winter barley to drift doses of imazamox.* Plant Protection Bulletin, 57(1), 57–63. https://doi.org/*10.16955/bitkorb.299056*

Simic, M., Dragicevic, V., Knezevic, S., Radosavljevic, M., Dolijanovic, Z., & Filipovic, M. (2011). *Effects of applied herbicides on crop productivity and on weed infestation in different growth stages of sunflower (Helianthus annuus L.).* Helia, 34(54), 27-38. https://doi.org/10.2298/hel1154027s

Steel, R. G., & Torrie, J. H. (1980). *Principles and Procedures of Statistics.* McGraw-Hill Book Co. Inc., (481p) New York.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora.

Tan, S., Evans, R. R., Dahmer, M. L., Singh, B. K., & Shaner, D. L. (2005). *Imidazolinone-tolerant crops: History, current status and future.* Pest Management Science, 61(3), 246-257. https://doi.org/10.1002/ps.993

Tan, A. Ş. (2009). *Bazı Kolza (Kanola) Çeşitlerinin Menemen Koşullarında Verim Potansiyelleri*. ANADOLU Journal of Aegean Agricultural Research Institute, 19 (2), 1-32.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Tiryaki, O., Canhilal, R., & Horuz, S. (2010). *The use of pesticides and their risks.* Erciyes University Journal of Institute of Science and Technology, 26(2), 154–169.

Torun, H. (2017). *Current status of herbicides and licensed herbicides in Turkey.* Turkish Journal of Weed Science, 20(2), 61–68.

Tozzi, E., Harker, K. N., Blackshaw, R. E., O'Donovan, J. T., Strelkov, S. E., & Willenborg, C. J. (2016). *Influence of late applications of imazamox on imidazolinone-resistant canola (Brassica napus).* Weed Technology, 30(2), 595-600. https://doi.org/10.1614/WT-D-15-00137.1

Tranel, P. J., & Wright, T. R. (2002). *Resistance of weeds to ALSinhibiting herbicides: what have we learned?.* Weed Science, 50(6), 700-712. https://doi.org/10.1614/0043-1745(2002)050[0700:RROWTA]2.0.CO;2

Turner, N. C. (19869. *Crop water deficits: a decade of progress.* Advances in Agronomy, 39, 1-51. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60464-2

Uysal, M. Ş. (2025). *Ayçiçeği Ekim Alanlarında Sorun Olan Yabancı Ot Türlerinin Belirlenmesi, Chenopodıum album L., Sınapıs arvensıs L. Ve Xanthıum strumarıum L.'un Imazamox'a Karşı Dayanıklılığının Tespit Edilmesi* [Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bitki Koruma Ana Bilim Dalı], Samsun.

Yanev, M. (2020). *Weed control in oilseed rape (Brassica napus L.).* Scientific Papers. Series A. Agronomy, 63(1), 622.

Yolci, M. S., Tunçtürk, R., Tunçtürk, M. (2021). *Yerfıstığı (Arachis hypogea L.) Çeşitlerinin Bazı Büyüme ve Fizyolojik Parametreleri Üzerine Tuz Stresinin Etkisi.* Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 31(1), 228-236. https://doi.org/10.29133/yyutbd.768736

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Yücel, E. (2023). *Etil Metansülfonat Uygulanan Kırmızı Mercimek Çeşitlerinde Imazamox Herbisitine Toleransının Belirlenmesi* [Doktora Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı]. Şanlıurfa. http://hdl.handle.net/11513/2594

Xiang, B., Cai, X., Huang, H., Wang, H., & Dong, L. (2023). *Toxicity and selective mechanism of imazamox by weedy rice and imidazolinone-resistant rice in China.* Weed Research, 63(1), 27-33. https://doi.org/10.1111/wre.12559