



**AMASYA, ÇORUM, TOKAT VE YOZGAT İLLERİNDE BUĞDAY
ALANLARINDA BULUNAN YABANI HARDAL (*Sinapis arvensis* L.)'İN
TRIBENURON-METHYL'E KARŞI DAYANIKLILIĞININ ARAŞTIRILMASI**

BAHADİR ŞİN

**DOKTORA TEZİ
BİTKİ KORUMA
PROF. DR. İZZET KADIOĞLU
NİSAN 2021
Her hakkı saklıdır**

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

AMASYA, ÇORUM, TOKAT VE YOZGAT İLLERİNDE BUĞDAY
ALANLARINDA BULUNAN YABANI HARDAL (*Sinapis arvensis* L.)'İN
TRIBENURON-METHYL'E KARŞI DAYANIKLILIĞININ ARAŞTIRILMASI

BAHADİR ŞİN

TOKAT
NİSAN 2021

Her hakkı saklıdır



Bu tez çalışması;

**Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından
2018/71 nolu proje ile desteklenmiştir.**

Bahadır ŞİN tarafından hazırlanan “**Amasya, Çorum, Tokat ve Yozgat İllerinde Buğday Alanlarında Bulunan Yabani Hardal (*Sinapis arvensis* L.)’ın Tribenuron-Methyl’e Karşı Dayanıklılığının Araştırılması**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 15.04.2021 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği /Oy Çokluğu ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **BİTKİ KORUMA ANABİLİM** dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

PROF. DR. İZZET KADIOĞLU

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Üye

Prof. Dr. Mehmet Ali SAKİN

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Üye

Prof. Dr. Nihat TURSUN

Turgut Özal Üniversitesi

Üye

Prof. Dr. Doğan IŞIK

Erciyes Üniversitesi

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Şerife TOPKAYA

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

ONAY

.....

Prof. Dr. Mehmet GÜNEŞ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

---/---/20--

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Bahadır ŞİN

07/04/2021

ÖZET

DOKTORA TEZİ

AMASYA, ÇORUM, TOKAT VE YOZGAT İLLERİNDE BUĞDAY ALANLARINDA BULUNAN YABANI HARDAL (*Sinapis arvensis* L.)'İN TRIBENURON-METHYL'E KARŞI DAYANIKLILIĞININ ARAŞTIRILMASI

BAHADIR ŞİN

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM
ENSTİTÜSÜ

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. İZZET KADIOĞLU)

Buğday, Dünya'da ve Türkiye'de yetiştirilen önemli tarımsal ürünlerden birisidir. Buğday yetiştiriciliğinde yabancı otlar büyük bir sorun oluşturmakla birlikte en etkili mücadele yöntemi herbisit uygulamasıdır. Herbisit uygulaması etkili bir yöntem olsa da devamlı ve bilinçsiz şekilde yapılan uygulamalar yüzünden yabancı otlarda dayanıklılık sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma ile buğdayda sorun olan *Sinapis arvensis* bitkisinin farklı popülasyonlarının tribenuron methyl ve 2,4-D amin etken maddeli herbisitlere karşı dayanıklılık durumunun bioassay ve moleküler yöntemlerle tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda Amasya, Çorum, Tokat ve Yozgat illerinde buğday tarımı yapılan arazilerden toplamda 310 farklı lokasyondan yabancı hardal tohumu toplanmıştır. Tribenuron methyl etken maddesine karşı bioassay testlerine tabi tutulan bu popülasyonlardan 13 tanesinin herbisit ruhsatlı dozu uygulamalarında hayatta kaldığı tespit edilmiştir. Ruhsatlı doz uygulamasında hayatta kalan popülasyonlar doz-etki çalışmalarına tabi tutulmuş, ruhsat dozunun 16 katına kadar herbisit uygulaması yapıp, oluşturdukları belirtiler kayıt altına alınmıştır. Çapraz dayanıklılık testlemesi için 2,4-D amin etken maddesi uygulaması yapılmış ve 13 popülasyonda da herhangi bir çapraz dayanıklılığın olmadığı belirlenmiştir. Aynı popülasyonlarda yabancı hardalda oluşan ALS dayanıklılığına neden olan nokta mutasyonun moleküler tespiti için B domain bölgesi PCR yöntemi ile teste tabi tutulmuştur. PCR testleri sonucunda DNA fragment analizleri yapılmış ve Trp-574 nolu aminoasitte nokta mutasyonu gerçekleşmesi sonucunda Leucine amininoasidine dönüştüğü tespit edilmiştir. Diğer popülasyonlarda ise mutasyon tespit edilememiştir. Bu çalışma ile ülkemizde ilk defa yabancı hardalda Trp-574 nolu aminoasitte nokta mutasyonu sonucu oluşan dayanıklılık moleküler yöntemler ile saptanmıştır.

2021, 181 Sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Yabancı Hardal, *Sinapis arvensis*, Trp-574, Dayanıklılık

ABSTRACT

DOCTORATE THESIS

THE DETERMINATION OF TRIBENURON METHYL RESISTANCE OF WILD MUSTARD (*Sinapis arvensis* L.) COLLECTED FROM WHEAT FIELDS LOCATED IN AMASYA, ÇORUM, TOKAT AND YOZGAT PROVINCE

BAHADIR ŞİN

**TOKAT GAZİOSMANPAŞA UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES**

DEPARTMENT OF PLANT PROTECTION

(SUPERVISOR:) PROF. DR. İZZET KADIOĞLU

Wheat is an important agricultural crop cultivated in Turkey and all around the world. Although many weed species cause significant problem in wheat cultivation, herbicide application constitute the most effective management method. Despite herbicide application is an effective method, resistance problem arises in weeds due to continuous applications. The aim of this study was to determine resistance of different *Sinapis arvensis* populations against tribenuron methyl and 2,4-D amine herbicides by bioassay and molecular methods. On this purpose wild mustard seeds were collected from 310 different wheat fields located in Amasya, Tokat, Çorum and Yozgat provinces. When seeds subjected to registered dose of tribenuron methyl in bioassay, the survival of thirteen populations were observed. Populations that survived in the registered dose application were subjected to dose-effect studies, herbicide application was applied up to 16 times and their symptoms were recorded. For cross resistance studies populations were subjected to 2,4 amine applications and cross resistance was not found in thirteen populations. Point mutation causing ALS resistance in wild mustard was determined by PCR test of B domain in same populations. As a result of the PCR tests, DNA fragment analysis was performed and it was determined that the Trp-574 amino acid was transformed into Leucine amino acid as a result of the point mutation. No mutation was detected in other populations. In this study the resistance resulting from the point mutation in the amino acid Trp-574 in wild mustard was determined molecularly for the first time in Turkey.

2021, 181 PAGE

KEYWORDS: Wild mustard, *Sinapis arvensis*, Trp-574, Resistance

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında bilgi, öneri ve tecrübeleri ile yardımını hiçbir zaman esirgemeyen, beni akademik hayata hazırlayan danışman hocam sayın Prof. Dr. İzzet KADIOĞLU başta olmak üzere, akademik hayata beni yönlendiren ve hazırlayan değerli hocalarım Prof. Dr. E. Ersin ONOĞUR ve Prof. Dr. Miray SÖKMEN'e, çalışmalarım sırasında bilgileri ile bana yol gösteren Prof. Dr. Mehmet Ali SAKİN ve Dr. Öğr. Üyesi Şerife TOPKAYA'ya, çalışmalarım sırasında bölüm imkanlarından yararlanmamı sağlayan ve katkılarını esirgemeyen Prof. Dr. Yusuf YANAR'a, bilgi birikimlerini benimle paylaşan Prof. Dr. Nejdett KANDEMİR, Dr. Öğr. Üyesi İbrahim SAYGILI ve Yüksek Ziraat Mühendisi Lerzan ÖZTÜRK'e, istatistik analizlerim sırasında yardımcı olan Arş. Gör. Lütfi BAYYURT'a, tezimin gerek arazi aşamalarında, gerek laboratuvar aşamalarında yanımda olup bana yardımcı olan Ziraat Yüksek Mühendisi Tuba KAZANKIRAN, Yüksek Lisans Öğrencileri Mertcan UÇAR, Mert KILINÇ ve Hüseyin ELOĞLU, Ziraat Mühendisi Celal YILDIRIM'a teşekkür ederim. Çalışmalarım için bölüm imkân ve olanaklarından yararlanmamı sağlayan Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü öğretim üyelerine, isimlerini veremediğim emeği geçen lisans/lisansüstü öğrencilerine ve değerli zamanlarını ayırarak katılımlarından ötürü Prof. Dr. Doğan IŞIK ve Prof. Dr. Nihat TURSUN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın tüm aşamasında her türlü fedakârlık ile yanımda olan annem Tülay ŞİN, babam Mustafa ŞİN, ablam Bahar ÜREMEN ve eniştem Cumhur Özdemir ÜREMEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

BAHADIR ŞİN

07.04.2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGE VE KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	7
2.1. Dünya'da ve Ülkemizde Buğday Ekiliş Alanlarında Tespit Edilen Yabancı Otlar ve Ekonomik Zarar Durumu.....	7
2.2. Yabani Hardal (<i>Sinapis arvensis</i> L.) Bitkisi.....	13
2.3. Herbisitlere Karşı Yabancı Otlarda Dayanıklılık.....	14
2.4. Dünya'da Herbisitlere Dayanıklılık ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	23
2.5. Yabani Hardal Bitkisinde Herbisit Dayanıklılığı ile İlgili Dünya'da Yapılan Çalışmalar	32
2.6. Herbisit Dayanıklılığı ile İlgili Türkiye'de Yapılan Çalışmalar.....	35
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	43
3.1. Materyal.....	43
3.1.1. Yabani hardal (<i>Sinapis arvensis</i> L.).....	44
3.1.2. Tribenuron methyl.....	45
3.1.3. 2,4-D amin.....	47
3.2. Metod.....	50
3.2.1. <i>Sinapis arvensis</i> tohum örneklerinin toplanması.....	50
3.2.2. Bioassay çalışmalarının yapılması.....	67
3.2.3. Doz-etki çalışmaları.....	71
3.2.4. Çoklu dayanıklılık tarama (Bioassay) çalışmaları.....	74
3.2.5. Moleküler çalışmaların yapılması.....	75
3.2.6. İstatistik analizlerin yapılması.....	81

4.BULGULAR	82
4.1. Arazi Sürvey Bulguları	82
4.2. Bioassay Çalışması Sonucunda Elde Edilen Bulgular	84
4.3. Doz-Etki Çalışmalarının Yapılması	99
4.4. Doz-Etki Çalışması Sırasında Oluşan Bazı Simptomlar.....	110
4.5. Çapraz Dayanıklılık Testinin Sonuçları	145
4.6. Moleküler Olarak Dayanıklılığın Araştırılması.....	150
5.TARTIŞMA ve SONUÇ.....	155
6. KAYNAKLAR.....	168
7. ÖZGEÇMİŞ.....	181

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde
μl	Mikrolitre
°C	Santigrat derece
G	Gram
Kg	Kilogram
Ml	Mililitre
M ²	Metre kare
>	Büyük
<	Küçük
mM	Mili molar
pmol	Pikamol
mg	Miligram

Kisaltmalar	Açıklama
A	Adenin
ABD	Ameri Birleşik Devletleri
ACCCase	Acetyl-COa carboxylase enzyme
AHAS	Acetohydroxy Acid Synthase
Ala	Alanine
Ala	Alanin
ALS	Acetolactate synthase İnhibitörleri
APP	Aryloxphenoxy propionics
Arg	Arginine
Asp	Asparajin
ATP	Adenozin trifosfat
Bp	Baz çifti
Bp	Baz pair

C	Sitozin
C1	Photosystem II inhbitörü
C1	Firosistem II inhbitörü
CHD	Cyclohexanedione
CYP	Cytochrome P450
Da	Dekar
DNA	Deoksi Ribonukleik Asit
dNTP	Deoksinükleotid trifosfat
G	Guanin
GA ₃	Giberilic asit
GLU	Glutamin
Gly	Glisin
GPS	Global positioning systems
His	Histidine
HPLC	Yüksek performanslı sıvı gaz kromatografisi
IMI	İmidazolinone
KNO ₃	Potasyum Nitrat
LD ₅₀	Lethal doz 50
Leu	Lösin
Leu	Lösin
NCBI	National Center for Biotechnology Information
O grubu	Sentetik Auxinler
PCR	Polimerase chain reaction (Polimeraz zincir reaksiyonu)
Phe	Fenilalanin
Ppm	Parts per million
Pro	Proline
Pro	Prolin
PTB	Pyrimidinylthio-benzoate
qRT-PCR	Kuantitive real-time polimeraz zincir reaksiyonu
RF	Dayanıklılık Faktörü
RNA	Ribonukleik Asit
RPM	Revolution Per Minute

SCT	Sulfonylamino-carbonyltriazolinone
Ser	Serine
Ser	Serin
SU	Sulfonylurea
T	Timin
Thr	Threonin
Thr	Treonin
TM	Tribenuron-methyl
TP	Triazolopyrimidine
TUİK	Türkiye İstatistik Kurumu
Tyr	Tyrosine
Val	Valin

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1.	Dünyada yabancı otlarda herbisitlere karşı oluşturulan dayanıklılık durumu.....	18
Şekil 1.2.	Dünyada yabancı otlarda herbisit dayanıklılığı tespit edilen ülkeler ve yoğunlukları.....	19
Şekil 3.1.	Yabani hardal bitkisinin farklı biyolojik dönemleri.....	45
Şekil 3.2.	Tribenuron metilin yapısal formülü.....	46
Şekil 3.3.	2,4 D amin'nin kimyasal yapısı.....	48
Şekil 3.4.	Sürvey sırasında gidilen yerler.....	50
Şekil 3.5.	Örnek alınan noktalar.....	51
Şekil 3.6.	Buğday arazisindeki yabani hardal bitkisi.....	55
Şekil 3.7.	Buğday arazisinden yabani hardal bitkisinin toplanması.....	55
Şekil 3.8.	Buğday arazisinde olgunlaşmamış yabani hardal bitkisi.....	55
Şekil 3.9.	Toplanan yabani hardal tohumlarının elekten geçirilerek çıkartılması.....	56
Şekil 3.10.	Çimlenme için inkubatöre alınan yabani hardal tohumları.....	68
Şekil 3.11.	Bioassay çalışması için toprak elenmesi, karışım hazırlığı ve viyollere doldurulması.....	68
Şekil 3.12.	Ön çimlendirme işlemi gerçekleştirilmiş olan yabani hardal tohumlarının viyollere ekilmesi ve tohumlarda çimlenmenin gerçekleşmesi.....	69
Şekil 3.13.	Tribenuron methyl etken maddeli herbisit ruhsatlı dozunun hazırlanması.....	69
Şekil 3.14.	Viyol içerisindeki bitkilerin ilaçlanması.....	70
Şekil 3.15.	Yabani hardal tohumlarından viyollerde fide yetiştirilmesi.....	71
Şekil 3.16.	Doz-etki çalışması için hazırlıkların yapılması.....	72

Şekil 3.17.	Farklı dozlarda tribenuron methyl'in hazırlık aşamaları.....	73
Şekil 3.18.	Yabani hardal bitkisinde doz etki çalışmasının yapılması.....	74
Şekil 3.19.	2,4-D amin uygulaması yapılmış olan bitkiler.....	75
Şekil 3.20.	Örnek alınmış olan yabani hardal bitkisinden DNA ekstresyonu yapımı.....	76
Şekil 3.21.	DNA izolasyonu sonucu elde edilen genetik materyalin kontrolü.....	77
Şekil 3.22.	Termal cycler cihazı ile PCR işleminin gerçekleştirilmesi.....	79
Şekil 3.23.	Agaroz Jel elektroforez işleminin gerçekleştirilmesi.....	80
Şekil 4.1.	Arazide yabani hardal kontrolünün yapılması.....	82
Şekil 4.2.	Buğday arazisinden alınmış olgunlaşmamış olan yabani hardal bitkisi.....	83
Şekil 4.3.	Farklı lokasyondan toplanan yabani hardal'ın kontrol olarak yetiştirilmesi.....	97
Şekil 4.4.	Bioassay çalışması sırasında canlılığını koruyan dayanıklı şüpheli olan popülasyon.....	98
Şekil 4.5.	Bioassay çalışması sırasında ölüm olayı gerçekleşen yabani hardal bitkisi.....	98
Şekil 4.6.	Bioassay çalışması sırasında ölüm olayı gerçekleşmeye başlayan yabani hardal bitkisi.....	99
Şekil 4.7.	Kök boğazından kesilmiş olan yabani hardal bitkisi.....	100
Şekil 4.8.	Yüksek doz tribenuron methyl uygulaması sonucunda yabani hardal bitkisinin ölmesi ve kuruması.....	101
Şekil 4.9.	A-007 popülasyonunun doz-etki eğrisi.....	103
Şekil 4.10.	A-022 popülasyonunun doz-etki eğrisi.....	103
Şekil 4.11.	Ç-017 popülasyonunun doz-etki eğrisi.....	104
Şekil 4.12.	T-010 popülasyonunun doz-etki eğrisi.....	104
Şekil 4.13.	T-011 popülasyonunun doz-etki eğrisi.....	105
Şekil 4.14.	T-012 popülasyonunun doz-etki eğrisi.....	105
Şekil 4.15.	T-034 popülasyonunun doz-etki eğrisi.....	106

Şekil 4.16.	T-036 popülasyonunun doz-etki eğrisi.....	106
Şekil 4.17.	T-038 popülasyonunun doz-etki eğrisi.....	107
Şekil 4.18.	T-050 popülasyonunun doz-etki eğrisi.....	107
Şekil 4.19.	Y-021 popülasyonunun doz-etki eğrisi.....	108
Şekil 4.20.	Y-022 popülasyonunun doz-etki eğrisi.....	108
Şekil 4.21.	Y-026 popülasyonunun doz-etki eğrisi.....	109
Şekil 4.22.	Doz-etki çalışması sırasında yabani hardal bitkisinin tribenuron methyl etken maddesi nedeniyle ölmesi.....	111
Şekil 4.23.	Doz-etki çalışması sırasında yabani hardal bitkisinin tribenuron methyl etken maddesi nedeniyle uç büyüme bölgesinden ölmesi.....	111
Şekil 4.24.	Doz-etki çalışması sırasında yabani hardal bitkisinin tribenuron methyl etken maddesi nedeniyle bitkide klorozların oluşması.....	112
Şekil 4.25.	Doz-etki çalışması sırasında yabani hardal bitkisinin tribenuron methyl etken maddesi nedeniyle bitkide çalılama belirtisi.....	113
Şekil 4.26.	Doz-etki çalışması sırasında yabani hardal bitkisinin tribenuron methyl etken maddesi nedeniyle bitkide bodurlaşma.....	114
Şekil 4.27.	Doz-etki çalışması sırasında yabani hardal bitkisinin tribenuron methyl etken maddesi nedeniyle bitkide bakla deformasyonu.....	115
Şekil 4.28.	Doz-etki çalışması sırasında yabani hardal bitkisinin tribenuron methyl etken maddesi nedeniyle bitkide çiçek deformasyonu.....	116
Şekil 4.29.	Doz-etki çalışması sırasında yabani hardal bitkisinin tribenuron methyl etken maddesi nedeniyle bitkide genel şekil bozuklukları.....	117
Şekil 4.30.	A-007 nolu popülasyonun doz etki çalışması belirtileri.....	118
Şekil 4.31.	A-022 nolu popülasyonun doz etki çalışması belirtileri.....	120
Şekil 4.32.	Ç-017 nolu popülasyonun doz etki çalışması belirtileri.....	122
Şekil 4.33.	T-010 nolu popülasyonun doz etki çalışması belirtileri.....	124

Şekil 4.34.	T-011 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu simptomlar.....	126
Şekil 4.35.	T-012 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu simptomlar.....	128
Şekil 4.36.	T-034 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu simptomlar.....	130
Şekil 4.37.	T-036 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu simptomlar.....	132
Şekil 4.38.	T-038 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu simptomlar.....	134
Şekil 4.39.	T-050 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu simptomlar.....	136
Şekil 4.40.	Y-021 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu simptomlar.....	138
Şekil 4.41.	Y-022 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu simptomlar.....	140
Şekil 4.42.	Y-026 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu simptomlar.....	142
Şekil 4.43.	Hassas popülasyon yabancı hardal bitkisinin farklı dozdaki tribenuron methyl uygulamasındaki etkisi	144
Şekil 4.44.	2,4-D amin uygulaması esnasında yabancı hardal bitkileri	146
Şekil 4.45.	2,4-D amin uygulamasından 3 gün sonra yabancı hardal bitkisinde susuzluk benzeri simptomların ortaya çıkması.....	147
Şekil 4.46.	2,4-D amin uygulamasından 5 gün sonra yabancı hardal bitkisinde klorozlar ve yapraklarda kurumaların gerçekleşmesi.....	148
Şekil 4.47.	2,4-D amin uygulamasından 7 gün sonra yabancı hardal bitkisinde kurumalar sonucunda bitkilerin ölmeye başlaması.....	149
Şekil 4.48.	Kontrol uygulaması (10 cu gün) sonucunda yabancı hardal (<i>S. arvensis</i>) bitkileri.....	149
Şekil 4.49.	PCR işlemi sonrasında DNA varlığının jel elektroforez ile tespit işleminin yapılması.....	150
Şekil 4.50.	ALS3 primerlerinin jel elektroforez görüntüsü.....	151

Şekil 4.51.	DNA dizi analizi sonucunda nükleotidler arasında oluşan farklılaşmalar.....	152
Şekil 4.52.	DNA dizi analizi sonucunda amino asit diziliminin yapılması.	152
Şekil 4.53.	DNA dizi analizi sonucu yabancı hardal bitkisinde dayanıklı ve hassas popülasyonların ALS B domaininde protein dizilerinin karşılaştırılarak mutasyonun belirlenmesi.....	153
Şekil 4.54.	Yabancı hardal bitkisinde oluşan proteinsel farklılaşmanın nükleotit dizisi olarak gösterilmesi.....	153
Şekil 4.55.	<i>Sinapis arvensis</i> bitkisinde Trp-574 nolu amino asitte oluşan mutasyonun T-036 (üstteki) ve Kontrol (alttaki) bitkisindeki baz dizilişinin kıyaslanması.....	154



ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>		<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1.	Etki alanına göre herbisite dayanıklı yabancı otlar.....	17
Çizelge 1.2.	Ülkelerde görülen herbisit dayanıklılığı vaka sayıları ve görüldüğü herbisit grupları.....	19
Çizelge 1.3.	Türkiye’de herbisit dayanıklılığı tespit edilmiş olan yabancı otlar.....	36
Çizelge 3.1.	Tribenuron methyl etken maddesinin ruhsatlı olduğu yabancı otların isimleri.....	47
Çizelge 3.2.	2,4-D amin etken maddesinin ruhsatlı olduğu yabancı otların isimleri.....	48
Çizelge 3.3.	Amasya, Çorum, Yozgat ve Tokat illerinde buğday ekim alanlarının dağılımı ve alınan örnek sayıları.....	51
Çizelge 3.4.	Amasya ili toplanan örnekleri.....	52
Çizelge 3.5.	Çorum ili toplanan örnek miktarı.....	53
Çizelge 3.6.	Tokat ili toplanan örnek miktarı.....	53
Çizelge 3.7.	Yozgat ili toplanan örnek miktarı.....	54
Çizelge 3.8.	Yabani hardal örneklerinin toplandığı arazilerin koordinatları.....	56
Çizelge 3.9.	Biyolojik etkinlik değerlendirmesinde kullanılan 0-5 skalası...	71
Çizelge 3.10.	ALS gen bölgesinin amplifikasyonu için kullanılmış olan primer ve baz dizilimleri.....	78
Çizelge 3.11.	PCR işlemi için hazırlanan karışım.....	78
Çizelge 4.1.	Arazi sürveyleri sırasında ilçelere göre alınan örnek sayıları...	83
Çizelge 4.2.	Yabani hardal bitkisinde tribenuron methyl ile yapılan bioassay çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar.....	85
Çizelge 4.3.	Bioassay tarama testinde canlılıklarını sürdüren dayanıklı şüpheli popülasyonların bilgileri.....	96
Çizelge 4.4.	Yabani hardal popülasyonlarının doz etki çalışmasında 0-5 skalasına göre değerlendirilmesi.....	100
Çizelge 4.5.	Yabani hardal (<i>Sinapis arvensis</i>) popülasyonlarının tribenuron methyl’e karşı ED ₉₀ değerleri ve dayanıklılık katsayıları.....	102

1. GİRİŞ

Türkiye’de tarım sektörü kendi başına büyük bir potansiyel olmasının yanı sıra ülke endüstrisine kaynak oluşturmak ve itici bir güç olmak durumundadır. Bu işlevlerin yerine getirilebilmesi tarımsal üretimin arttırılmasıyla mümkündür. Ekilebilir alanların maksimum düzeye ulaştığı ve genişletilme imkanının sınırlı bulunduğu Türkiye’de tarımsal üretimin artışı, verim artışıyla eşdeğer kabul edilmektedir.

Üretim alanlarında verim ve kalite kaybı üreticilerin yıllardır karşılaştığı en önemli sorunlardan biridir. Yetiştirilen ürünlerde ekolojik koşullar, stres faktörleri ve bitki koruma etmenleri (hayvansal zararlı organizmalar, hastalıklar ve yabancı otlar) gibi farklı etmenlerin bir başına veya birlikte bulunması sonucunda ürün ve verim kayıplarının olduğu bilinmektedir. Dünya genelinde yabancı otlardan kaynaklı ürün kayıpları ortalama %34 iken, bunu %18 ile hayvansal zararlılar ve %16 ile patojenler izlemektedir (Jabran ve ark., 2015). Yabancı otlardan kaynaklı olarak gerçekleşen zararlanma oranları ülkeden ülkeye ve ürün çeşidine göre değişiklik göstermektedir. Yabancı otların farklı kültür bitkilerinde yapmış oldukları zararlar sonucu meydana gelen verim kayıpları ile ilgili çalışmalarda dünyada ortalama her yıl yabancı otlar yüzünden %13.2’lik veya 75.6 milyar dolarlık ürün kaybı olduğu bildirilmiş, bu değer Avusturalya’da 2.5-2.7 milyar Avusturalya doları, Amerika Birleşik Devletleri’nde ise 5 milyar Amerikan doları olarak rapor edilmiştir (Schneider, 1985; Combella, 1987; Oerke ve ark., 1994; Jabran ve ark., 2015).

İnsan beslenmesinde kullanılan temel gıda maddelerinin başında buğday gelmektedir. İnsanoğlu ihtiyacı olan bitkisel kaynaklı besinlerden elde ettiği kaloringin yaklaşık olarak %21’ni buğdaydan sağlamaktadır (Shiferaw ve ark., 2013). İnsan beslenmesi için kullanılan proteinin dünya genelinde %52’si Türkiye’de ise %80’i, karbonhidrat ve enerjinin dünyada %50’si Türkiye’de ise %60’ı tahıllardan sağlanır. Buğday tüketimi, gelişmiş ülkelerde daha az olmasına karşın Türkiye’de ve özellikle kişi başı gelir düzeyi düşük olan ülkelerde oldukça fazladır (Atak, 2004; Aydın ve ark., 2005). Bundan dolayıdır ki nüfusu hızla artan ülkelerde temel besin ihtiyaçlarını karşılamak için en çok yetiştirilen ürünler grubunda buğday da yer almaktadır. Nitekim Türkiye’deki toplam

tahıl ekim alanının %66.6'sını ve toplam tahıl üretim miktarının %59.3'ünü buğday oluşturmaktadır. Dünyada hızlı nüfus artışına paralel olarak tüketim ihtiyacını karşılamak için gerekli buğday üretim miktarı da artmaktadır. Bu nedenle tarım alanlarının sınırlı olduğu ve arttırma imkânı olmadığı birçok ülkede yetiştirilen ürünlerden en kaliteli ve yüksek verimin alınması başlıca amaç haline gelmektedir.

Buğday bitkisinde bitki koruma etmenleri açısından mücadele yapılmasına rağmen yaklaşık olarak %28.2'lik bir ürün kaybı oluşmaktadır (Oerke, 2006). Buğdayda verim kayıplarına neden olan etmenlerin başında yabancı otlar gelmektedir. Buğdayın çıkışından önce çimlenme kabiliyetinde olan yabancı otlar, çimlenip hızla gelişmek suretiyle kültür bitkisinin yaşaması için ihtiyaç duyduğu alanı, toprak kökenli besin maddelerini ve toprakta bulunan suya ortak olmakla birlikte ayrıca geliştirdikleri habitüsleri sayesinde buğdayı baskılayarak gölgede bırakarak yeterli miktarda gün ışığı almalarına engel olmaktadır. Bu gibi etkenler sonucunda buğdaydaki yabancı otlar önemli düzeyde verim kayıplarına neden olmaktadır (Özer ve ark., 2003; Oerke ve Dehne, 2004). Buğdayda yabancı ot kaynaklı zararlanma için kritik period tohum ekiminden 30-60 güne kadar geçen süre olarak bildirilmektedir (Marwat ve ark., 2013). Yabancı otlar tüm bu direk olarak vermiş oldukları zararlanmalar dışında ayrıca tohumları ürüne karışarak kalitenin, dolayısı ile de buğdayın tohumluk değerinin düşmesine, una karışarak unlu mamullerinin renk, koku ve tadının bozulmasına bunun dışında da zehirlenmelere de neden olabilmektedir. Ayriyeten yabancı otlar birçok hastalık ve zararlıya konukçuluk yapmak suretiyle de sekonder zararlanmalara neden olabilmektedir (Özer ve ark., 2003; Bülbül ve Aksoy, 2005; Anonim, 2008; Güncan ve Karaca, 2014).

Buğday yetiştirilen alanlarda birçok farklı yabancı ot türü bulunmaktadır. Yapılmış olan çalışmalarda buğday arazilerinde ortalama olarak 26 familyaya ait 93 farklı yabancı ot türü saptanmış; Kahramanmaraş ili ve ilçelerinde ise 27 familyaya ait 67 yabancı ot türü tespit edilmiş; Aydın ilinde ise 90 farklı yabancı ot türü kayıt altına alınmıştır (Boz, 1997; Üstüner ve Altın, 2003; Tursun ve ark., 2006). Töre (2014) tarafından Tokat ili buğday arazilerinde yapılan bir çalışmada ise 32 familyaya ait 81 yabancı ot türü tespit edilmiştir. Bu yabancı ot türlerinden biri de *Sinapis arvensis*'tir. *Sinapis arvensis* L.,

Sinapis (Brassica) cinsi, Brassicaceae familyası, Brassicales takımı, Magnoliopsida sınıfı, Magnoliophyta bölümü, Plantae aleminde bulunmaktadır. Besin maddesi bakımından zengin, bazık, ağır olmayan, humuslu ve killi toprakları seven bitkilerdir. Akdeniz ülkeleri kökenli olup, genellikle tarla, bahçe ve meralarda çok sık görülmektedir (Uygur ve ark., 1986). Ülkemizde birçok bölgede buğday ekiliş alanlarında bu yabancı ot en yaygın türlerden biri olarak bildirilmektedir (Sırma ve Güncan, 1997; Pala ve Mennan, 2017; Sırrı, 2019). Sırma (1995)'nın Tokat ilinde selektör sonrası buğday ürünüde kalan yabancı otların tespitine yönelik yapmış olduğu çalışmada, selektör sonrasında en çok *Sinapis arvensis* ve *Bifora radians*'ın kaldığını belirlemiş, Şin ve ark. (2016)'nın yapmış olduğu bir başka çalışmada ise yine Tokat ili buğday ürünü içine karışan tohumlardan birisinin yabancı hardal olduğu bildirilmiştir. Buğday bitkisinin kardeşlenme döneminin sonu ile sapa kalkma devresi sırasında yabancı hardal bitkisinde hızlı bir gelişme dönemine girmektedir. Yabancı hardal bitkisi esas olarak bu dönemde buğday ile rekabete girmek suretiyle ürün kayıplarına neden olmaktadır. Yabancı hardal bitkisinin buğday arazilerindeki ekonomik zarar eşiği 0.1 bitki/m² olarak bilinmektedir (Anonim, 2017).

Buğday tarımı sırasında kısmen de olsa yapılan yabancı ot mücadelesine rağmen üründe yaklaşık olarak %15.6'lık bir verim kaybı olduğundan bahsedilmektedir (Oerke ve ark., 1999; Oerke, 2006; Güncan ve Karaca, 2014). Şayet herhangi mücadele yapılmaz ise ürün kayıpları %100'e kadar ulaşabilmektedir. Yabancı otlara karşı buğdayda mücadele edilmemesi halinde ülkemizde %20-35 dolaylarında kaybın olduğu bildirilmektedir (Güncan, 1972a, Anonim, 2008).

Buğdayın kardeşlenme dönemini tamamlayıp sapa kalktığı devrede yabancı hardal bitkileri de hızlı bir gelişme periyoduna girmektedir. Yabancı hardalın esas zararı rekabet yoluyla ürün kaybı şeklinde olmaktadır. Dünya genelinde tanımlanan 250.000 bitki türünün 30.000 'ini oluşturan ve bunların sadece 200 türü ekonomik anlamda zararlı olarak kabul edilen, 250 türü de dünya genelinde yaygın olan, kültür bitkileri ile su, ışık ve besin maddesi için rekabete girerek bitkilerin gelişimini engelleyen, verim ve kalite kayıplarına neden olabilen yabancı otlarla birçok mücadele yöntemi kullanılmaktadır (Mahmood ve Niaz, 1992; Dangwall ve ark., 2010; Marwat ve ark., 2013). Kimyasal

mücadele kısa sürede sonuç vermesi, uygulanabilirliğinin kolay olması, iklim gibi çevresel faktörlerden fazla etkilenmemesi, iş gücü gereksiniminin az olması ve ekonomikliği nedeniyle en çok tercih edilen yöntemlerin başında gelmektedir (Abbas ve ark., 2018). Özellikle buğday üretimi sırasında buğdayın bir çapa bitkisi olmaması nedeniyle yabancı otlar ile mücadelede herbisit kullanımı tercih edilmektedir. Kimyasal mücadelede değişken oranda spesifik fitotoksik aktif maddeli herbisitler kullanılmaktadır ve bu kimyasallar uygulandıkları alanlarda yabancı otlarda amino asit sentezini, fotosentezi ve lipid biyosentezini engelleme gibi bazı reaksiyonlara neden olarak bitkinin ölümüne neden olmakta ya da gelişimini engellemektedirler. (Ghorbani ve ark., 2005). Dünya'da yıllık 3 milyon ton olan pestisit kullanımının %48'ini 16 farklı etki mekanizmasına sahip 281 aktif madde içeren farklı herbisitler oluşturmaktadır. Türkiye'de ise 12 farklı etki mekanizması ve 102 aktif maddeye sahip herbisitler ruhsatlı olarak bulunmakta ve Türkiye'nin toplam pestisit kullanımının %24'ünü oluşturmaktadır (Mengüç, 2018; Torun, 2017).

Herbisitler etki mekanizmalarına göre fotosentez engelleyiciler (Fotosentez 1 ve Fotosentez 2 inhibitörleri), aminoasit sentezi inhibitörleri (5-enolpyruvyl shikimate-3-fosfat sentezi, acetolactate synthase (ALS), acetohydroxy synthase (AHAS) ve glutamine sentez inhibitörleri), lipid sentezi engelleyiciler (Acetyl CoA carboxylase inhibitörleri), protoporfirinojen oksidaz enzimi engelleyicileri, pigment sentezi (Diterpene sentezi ve HPPD inhibitörleri), hücre membran yapısına etki edenler, mitoz oluşumunu engelleyiciler, bitki gelişme engelleyicileri ve bitki büyüme düzenleyiciler olmak üzere farklı gruplar altında toplanmaktadır (Torun, 2017). Bunlardan ALS grubu herbisitler bitkinin bünyesinde bulunmakta olan leucine, isoleucene ve valine amino asitlerinde eksikliğe neden olarak hedef bitkide ölümlere neden olmaktadır (Stidam, 1991).

Modern herbisitlerin piyasaya çıkmasının ardından kimyasal savaşım yöntemlerinin kullanımı giderek yaygınlaşmıştır. Her ne kadar herbisit kullanımı yabancı otlarla savaşımında önemli bir araç olsa da bu kimyasalların aşırı ve kontrolsüz olarak kullanılması sonucunda yabancı otlarda herbisitlere karşı dayanıklılık sorunu ortaya çıkmaya başlamıştır. Yabancı otların herbisitlere karşı dayanıklılık herbisit

etkileyeceği etki noktasının değişime uğraması, bunun sonucunda da herbisit in etkileşiminin olmaması, aşırı protein üretimiyle herbisit in hedef proteine ulaşması fakat üretimin çok olmasından dolayı etki sağlanamaması, yabancı otların çok hızlı metabolik faaliyetlerinden dolayı herbisit in parçalanması mekanizmalarıyla meydana gelmektedir (Preston ve Mallory-Smith, 2001).

Dünyada yabancı otlarda herbisit dayanıklılığı 71 ülkede 94 kültür bitkisinde rapor edilmiştir. Toplam bildirilen vaka sayısı 521 olurken dayanıklılık tespit edilen yabancı ot sayısı 263 olarak bildirilmiştir (152 dikotiledon ve 111 monokotiledon). Dayanıklılık 164 farklı herbisite karşı 23 herbisit etki bölgesinde saptanmıştır (Heap, 2021).

Genel anlamda dayanıklılık canlıların, kullanılan kimyasal maddelerin negatif etkilerine karşı koyaıblme yeteneğidir. Yabancı otlara karşı kullanılan bu kimyasal maddelere (herbisitler) karşı koyabilme kabiliyetidir. Yoğun bir şekilde herbisit kullanımı yapılan bölgelerde hassas popülasyonlar azalmakta ve bazı popülasyonlarda da kullanılan aktif maddelere karşı bir dayanıklılık durumu oluşması söz konusu olmaktadır. Zaman içerisinde bu popülasyonlar bölgede hâkim tür durumuna gelecek kadar yayılabilmektedir. Dayanıklılığın oluşmasında etki eden bir diğer önemli konu ise aynı grup herbisitlerin ard arda kullanması olarak belirlenmiştir. Bir yabancı otta herbisit dayanıklılığı 3 farklı şekilde oluşmaktadır. Bunlardan ilki herbisit in etkilediği enzimin bitki tarafından çokdaha fazla bir şekilde üretilmesi, ikinci olarak herbisit in etkileyeceği enzim bölgesi yerine farklı bir enzimin bitkide bulunması, üçüncü ve son olarak ise hedef bitkinin metabolik faaliyetlerinin artarak bünyesine giren herbisiti etkisiz hale getirmesidir (Moss, 2002; Kitiş ve Yücel, 2010; Eymirli, 2021).

Sinapis arvensis (yabani hardal)’te herbisite karşı dayanıklılık ilk kez 1983 yılında mısır yetiştirilen alanlarda Fitosistem II inhibitörü (C1) grubunda olan atrazine karşı tespit edilmiş olup, daha sonra, ALS grubu herbisitlere karşı dayanıklılık kışlık arpa, buğday ve kanola alanlarında, tribenuron methyl etken maddesine dayanıklılık ilk kez 2002 yılında kanola ve hububat alanlarında, sentetik auksin grubu herbisitlere dayanıklılık 1990 yılında kışlık arpa ve buğday yetiştiriciliği yapılan arazilerde, ALS/AHAS inhibitörü trifensulfuron, chlorsulfuron, ethametsulfuron methyl, tribenuron methyl ve

metsulfuron-methyl' herbisitlerine karşı dayanıklılık ilk defa buğday, arpa ve kanola alanlarında tespit edilmiştir (Ali ve ark., 1986; Heap ve Morrison, 1992; Debreuil ve ark., 1996; Morrison ve Devine, 1994; Warwick ve ark., 2005; Heap, 2020). Ülkemizde ise dayanıklılık ile ilgili 18 vaka, 15 farklı herbisit-yabancı ot aksiyonu rapor edilmiştir. Rapor edilen vakalardan 5 tanesi ALS inhibitörleri herbisitlere karşı kazanılmış dayanıklılık olup, bunlardan 6'sı ise ALS inhibitörlerinin de dahil olduğu çoklu dayanıklılık, 2 tanesi ise *S. arvensis* dayanıklılığı olarak tespit edilmiştir (Heap, 2020).

Bu çalışma tarımsal üretimin yoğun olarak yapıldığı Amasya, Çorum, Tokat ve Yozgat illerinde buğday ekim alanlarında yoğun olarak kullanılan tribenuron-methyl ve 2,4-D-amin etken maddeli herbisitlere karşı bu illerde buğday alanlarından toplanan yabancı hardal (*S. arvensis*) popülasyonlarında dayanıklılığın bioassay ve moleküler yöntemlerle oluşup oluşmadığını tespit edebilmek için yapılmıştır. Sera koşullarında yürütülen saksı denemelerinde dayanıklılık özelliği gösteren bitkilerden alınan örneklerde herbisit türlerine dayanıklılığın moleküler düzeyde de belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda bölgesel muhtemel risk haritası oluşturulmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçların gelecekte yapılacak çalışmalara ışık tutması amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Dünya'da ve Ülkemizde Buğday Ekiliş Alanlarında Tespit Edilen Yabancı Otlar ve Ekonomik Zarar Durumu

İnsan beslenmesinde temel gıda maddelerinin başında gelen ve özellikle Anadolu'da halkın temel geçim kaynağı olan tahıllar tarımsal üretimde önemli bir yere sahiptir (İnan ve Rehber, 1987). Tahıllar içerisinde de buğday üretim alanı ve miktarı ile ilk sırada yer almaktadır.

Dünyada başta tahıllar olmak üzere farklı kültür bitkilerinde böceklerin %13.8, hastalıkların %11.6 ve yabancı otların % 9.6'lık bir ürün kaybına neden olduğu bildirilmiştir (Cramer, 1967). Başlıca bitkilerden olan buğday, arpa, mısır, patates, pirinç, şekerpancarı, pamuk ve fasulyede %67.4'ya varan ürün kayıplarının bitki koruma etmenleri nedeniyle olduğu, en fazla zararın doğrudan ve dolaylı olarak yabancı otlardan (%31.8) kaynaklandığı bildirilmiştir (Cramer, 1967). Nitekim Hurle (1988)'nin Almanya'da yapmış olduğu bir çalışmada kışlık tahıl yetiştirilen yerlerde yabancı otlar kontrol edilmez ise oluşan ürün kaybının %10-25 arasında olduğu belirlenmiştir.

Yabancı otlar kültür bitkileriyle rekabete girmek suretiyle su, besin maddesi ve ışığına ortak olmak olmakta ve yoğun popülasyonda önemli oranda ürün kaybına neden olabilmektedirler (Oerke, 2002). Buğday arazilerinde bulunan önemli yabancı otlardan birisi olan yabani hardal (*S. arvensis*) bitkisi de bu verim kayıplarına neden olan etmenlerin başında gelmektedir. Yabancı ot kaynaklı kayıpları en aza indirilebilmek için bu etmenlerle mücadelede çeşitli savaşım yöntemleri bulunmakla birlikte en çok kullanılan yöntem kimyasal savaşımdır (Demirkan, 2009). Bununla birlikte Dünyada kimyasal savaşımında uygulanan herbisitlere karşı yabancı otlarda dayanıklılık problemleri ortaya çıkmıştır (Heap, 2020).

Türkiye'de hububat alanlarında yabancı ot yaygınlığı ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Erzurum ilinde yürütülen çalışmada hububat arazilerinde sorun oluşturan 88 yabancı ot türü tespit edilmiştir (Günçan, 1972b). Yapılan bu çalışmada en yaygın

yabancı otlar; *Convolvulus arvensis*, *Chenopodium album*, *Sinapis arvensis*, *Cirsium arvense* ve *Galium aparine* olduğu bildirilmiştir. Yine Güncan (1985) tarafından yapılan başka bir çalışmaya göre bölgelere bağlı olmakla birlikte ülkemizde hububat arazilerinde *S. arvensis*'in yoğun olarak bulunduğu bildirilmiştir.

Kaplan (1989)'nın Bursa'da yürüttüğü arazi çalışmalarında *S. arvensis* ve buğday bitkisi arasındaki rekabet sonucunda buğday dane veriminde %19.6, sap veriminde ise %30.3'lük azalma saptanmıştır. Buğday bitki boyu, başak uzunluğu, başakçık sayısı, başaktaki dane sayısı ve başaktaki dane veriminde fark görülmüş, 1000 dane ağırlığı aynı kalmıştır. *Sinapis*'in dönümde topraktan 5.22 kg azot, 0.95 kg fosfor ve 3.70 kg potasyum kaldırdığı hesaplanmıştır.

Taştan ve Erciş (1991)'in Orta Anadolu Bölgesinde (Ankara Eskişehir, Konya ve Yozgat) buğday ekimi alanlarında yapılan çalışmaya göre *Bifora radians*, *B. tectorum*, *B. orientalis*, *Centaurea depressa*, *Galium tricornutum*, *Polygonum bellardii*, *Wiedemannia purpureum*, *Sinapis arvensis*, *Alopecurus myosuroides* ve *Aegilops cylindrica* 'nın en çok rastlanan 10 yabancı ot türü olduğu tespit edilmiştir.

Sırma (1995)'nin Tokat ilinde buğday ekim alanlarında yapmış olduğu çalışmada 36.11 adet/m²'lik yoğunlukla yabancı hardal bitkisinin ilk sırada yer aldığını bildirmiş ve yabancı hardalı en yoğun olarak Reşadiye ilçesinde tespit etmiştir.

Orel (1996) Çukurova Bölgesi buğday ekim alanlarında 28 bitki familyasına ait 127 yabancı ot türünü tespit etmiştir. Bu yabancı otlardan *Alopecurus myosuroides* alçak (0-200 m), düz, taban suyu 31-60 cm, orta-fazla ve çok fazla kireçli, orta ve ağır bünyeli, tuzsuz alanlarda, *Lolium perenne*, orta ve ağır bünyeli, tuzsuz, az ve orta organik maddeli alanlarda, *Lolium temulentum*, taban suyu 0-60 cm, orta ve ağır bünyeli, tuzsuz alanlarda, *Anagallis arvensis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Cirsium arvensis*, *Matricaria chamomilla*, *Papaver rhoeas*, *Sinapis arvensis*, *Stellaria media*, *Vaccaria pyramidata* ve *Vicia narbonensis* orta ve ağır bünyeli, tuzsuz alanlarda, *Phalaris brachystachys* orta ve ağır bünyeli buğday tarlalarının ve son olarak da *Vicia sativa* tuzsuz alanlarda yaygın ve yoğun olarak tespit edilmiştir.

Boz (1997)'un Çukurova Bölgesi'nde buğday yetiştirilen arazilerde yapmış olduğu bir çalışmaya göre, 339 arazi içerisinde m²'de 1-5 adet bitki yoğunluğuna denk gelen yabancı hardal tespit edilmiş olup, yabancı hardal nedeniyle dekarda %3.77 ile 9.90 arasında verim kaybının olduğu, bundan dolayı da yabancı hardala karşı ekonomik zarar eşiğinin %0.1-0.3 m²/bitki olarak değiştiği bildirilmiştir.

Kadioğlu ve ark. (1997), yemeklik dane baklagillerde yabancı ot türlerini belirlemek amacıyla Adana, Antalya, Gaziantep, Kahramanmaraş, İçel illerinin nohut ve fasulye ekiliş alanlarında yürüttükleri çalışmada Kahramanmaraş ilinde nohut alanlarında *Sinapis arvensis*'in yaygın olduğunu saptamışlardır.

Sırma ve Güncan (1997), Tokat ve yöresinde buğday ekim sahalalarında en yaygın yabancı otların *Sinapis arvensis*, *Galium tricornutum*, *Avena fatua* L., *Veronica hederifolia* L., *Polygonum convolvulus* L., *Ranunculus arvensis* L., *Bifora radians*, *Polygonum aviculare* L. olduğunu belirlemişlerdir.

Tepe (1997), Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesi buğday ekiliş alanlarında *Alopecurus myosuroides*, *Anthemis* spp., *Bifora radians*, *Bromus tectorum*, *Capsella bursa-pastoris*, *Cirsium arvense*, *Centaurea* spp., *Cynodon dactylon*, *Geranium* spp., *Matricaria chamomilla*, *Medicago* spp., *Melilotus* spp., *Papaver rhoeas*, *Phalaris* spp., *Poa* sp., *Polygonum* spp., *Raphanus raphanistrum*, *Sinapis arvensis*, *Tordylium* sp., *Trigonella*, spp., *Trifolium* spp., *Vicia* spp. ve *Veronica* spp.'nin yaygın olduğunu belirlemiştir.

Kaya ve Zengin (2000), Pasinler ovasında buğday alanlarında 30 familyaya ait 185 tür altı yabancı ot tespit etmişlerdir. Rastlanma sıklığı bakımından *Convolvulus arvensis* (%75), *Sinapis arvensis* (%60), *Avena fatua* (%56), *Chenopodium album* (%50), *Anchusa azurea* (%42), *Vaccaria pyramidata* (%42), *Cirsium arvense* (%38), *Polygonum convolvulus* (%31), *Cephalaria syriaca* (%30), *Atriplex patula* (%28) ile *Centaurea depressa* (%27) ne çıkmıştır.

Üstüner ve Güncan (2002), Niğde yöresinde patates tarlalarında sorun olan yabancı otları ve yoğunluklarını tespit ettikleri çalışmada *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., *Sinapis arvensis* L., *Polygonum aviculare* L., *Convolvulus arvensis* L. ve *Setaria glauca* (L.) P.B. yabancı otlarını sırasıyla en yoğun olarak belirlemişlerdir.

Demir ve Tepe (2001), Diyarbakır ilinde nohut alanlarında *Sinapis arvensis*'in yaygın yabancı ot olduğunu bildirmişlerdir.

Üstüner ve Altın (2003), Niğde ili buğday ekiliş alanlarında yapmış oldukları çalışma sonucunda 26 familyaya ait 93 yabancı ot türünü saptamışlardır. Araştırmacılar, en önemli yabancı otları sırasıyla; *Convolvulus arvensis* L., *Boreava orientalis* Jaub et Spach., *Centaurea solstitialis* subsp. *solstitialis* L., *Avena fatua* L., *Sinapis arvensis* L., *Polygonum aviculare* L., *Alopecurus myosuroides* Huds., *Euphorbia helioscopia* L., *Consolida orientalis* (Gay.) Schröd ve *Vicia sativa* L. olarak bildirmişlerdir.

Tursun ve ark. (2006), Kahramanmaraş'ta buğday ürününe karışan yabancı ot tohumlarının varlığını belirlemek için yaptıkları çalışmada 2001 ile 2003 yılları arasında toplamda 180 adet buğday örneği toplamışlardır. Yapmış oldukları inceleme sonucunda Kahramanmaraş ilinde buğday içerisinde en az 32 tür yabancı ot tohumunun karıştığı, 1 kg ürün içerisinde 601 000 adet, 10.51 gr yabancı ot tohumunun bulunduğunu, bu yabancı otlar içerisinde ise en yoğun olarak yabancı hardalın (165 000 adet/kg) olduğunu bildirmişlerdir. Yine aynı çalışma kapsamında buğday alanlarında 27 familyaya ait 67 yabancı ot türü belirledikleri çalışmada *Avena* sp., *Sinapis arvensis* L., *Setaria* sp., *Convolvulus arvensis* L., *Lolium temulentum* L., *Vicia* sp., *Galium aparine* L., *Agrostemma githago* L., *Papaver rhoeas* L., *Chrysanthemum segetum* L.'in en yaygın yabancı otlar olduğunu bildirmişlerdir.

Sırma ve Kadioğlu (2010), yapmış oldukları çalışmada, Erzincan ili Otlukbeli ilçesi buğday ekim alanlarında 20 familyaya ait 51 adet yabancı ot türü belirlemişlerdir. Çalışmada, *Caucalis platycarpus* L., *Secale cereale* L., *Centaurea depressa* Bieb., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Melampyrum arvense* L., *Agrostemma githago* L.,

Polygonum aviculare L., *Convolvulus arvensis* L., *Vaccaria pyramidata* Medik. ve *Bromus sterilis* L.'in en yoğun türler olarak kayıt altına alınmıştır. Ayrıca araştırmacılar *C. depressa*, *C. platycarpus*, *A. githago*, *M. arvense*, *S. cereale*, *C. arvense*, *C. arvensis*, *P. aviculare*, *Papaver rhoeas* ve *C. orientalis* sırasıyla en çok rastlanan yabancı ot türleri olduğunu bildirmişlerdir.

Kordali ve Zengin (2011), Bayburt ili buğday ekim alanlarında yapmış oldukları çalışmada, *Chenopodium album* L. *Fallopia convolvulus* (L.) A. Loeve., *Sinapis arvensis* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Geranium tuberosum* L. ve *Convolvulus arvensis* L.'i en yaygın yabancı ot türleri olarak belirlemişlerdir.

Özaslan (2011), yapmış olduğu çalışma ile, Diyarbakır ili buğday ekim alanlarında 33 familyaya ait 175 yabancı ot türünü tespit etmiş olup, *Avena sterilis*, *Sinapis arvensis*, *Galium tricornutum*, *Cephalaria syriaca*, *Lallelmantia iberica* ve *Convolvulus arvensis*'in en yaygın olduğunu saptamıştır.

Dhole ve ark. (2013), İran'da yürüttükleri çalışmada buğday alanlarında 15 familyaya ait 30 yabancı ot türünü tespit etmişlerdir.

Töre (2014), Tokat ilinde bulunan buğday ekim alanlarında 2012-2013 yıllarında yapmış olduğu bir yabancı ot yoğunluk çalışmasında ise, erken ve geç dönemde yabancı otlarla karşılaşma ve kıyaslanması yapılmıştır. Çalışmada *S. arvensis*'e rastlanma sıklığının erken dönemde %71.33, yoğunluğunun ise 4.87 adet/m² olduğu, geç dönemde ise rastlanma sıklığının %68, yoğunluğunun ise 5.99 adet/m² olduğu tespit edilmiştir.

Gökalp ve Üremiş (2015), Mardin ili buğday tarlalarında *Avena sterilis* L., *Galium tricornutum* Dandy ve *Sinapis arvensis* L. yabancı otlarını en yaygın olarak bulunduğunu belirlemişlerdir. Araştırmada *A. sterilis* (>3.00/m²) en yoğun tür olarak saptanmış, bunu *S. arvensis* (2.00-2.99 adet/m²) ve *G. tricornutum* (1.00-1.99 adet/m²) takip etmiştir.

Başaran ve Kadioğlu (2016), Tokat ili buğday ekim alanlarında sorun olan yabancı hardalın (*Sinapis arvensis* L.), buğdayda meydana getirdiği verim kayıpları ve ekonomik zarar eşiğinin belirlenmesi için yürüttükleri çalışmada *S. arvensis*'in ekonomik zarar eşiğinin 2013 yılı için 0.67-1.37 adet/ m² arasında olduğu belirlenmiştir. Eşitmez ve Işık (2016) yapmış oldukları çalışma sonucunda, Kayseri koşullarında elma bahçelerinde *Sinapis arvensis*'in bulunma oranını %9.79 olarak belirlenmiştir.

Ceylan (2017)'nin İstanbul'da farklı ilçelerde buğday yetiştirilen alanlarda yapmış olduğu çalışmaya göre ise, 17 familyaya ait 40 adet yabancı ot türü belirlenmiştir. Bu yabancı otlardan *Veronica hederifolia* L. (6.10 bitki/m²), *Convolvulus arvensis* L. (5.08 bitki/m²), *Sinapis arvensis* L. (3.25 bitki/m²), *Galium* spp. L. (1.59 bitki/m²), *Phalaris* spp. (1.34 bitki/m²), *Adonis flammæ* JACQ. (1.06 bitki/m²), *Lamium purpureum* L. (0.63 bitki/m²), *Dasypyrum villosum* (L.) CAND. (0.46 bitki/m²), *Poa annua* L. (0.37 bitki/m²), *Equisetum arvense* L. (0.35 bitki/m²) türleri en yoğun olarak saptanmıştır.

Pala ve Mennan (2017), Diyarbakır ili buğday tarlalarında görülen yabancı otların yaygınlık ve yoğunluklarının belirlenmesi amacıyla yürüttükleri çalışmada ise 26 familyaya ait 107 yabancı ot türünü tespit etmişlerdir. Araştırmada, rastlama sıklığı en yüksek yabancı otlar *Avena fatua* L. (%87), *Sinapis arvensis* L. (%78), *Ranunculus arvensis* L. (%72), *Galium aparine* L. (%62) ve *Cirsium arvense* (L.) Scop. (%58) olarak belirlenmiştir. Yoğunluğu en fazla olan yabancı otlar sırasıyla *Avena fatua* L. (9.73 adet m²), *Sinapis arvensis* L. (8.83 adet m²), *Galium aparine* L. (5.94 adet m²), *Papaver rhoeas* L. (2.62 adet m²), *Cirsium arvense* (L.) Scop. (2.45 adet m²) olarak saptanmıştır.

2.2. Yabani Hardal (*Sinapis arvensis* L.) Bitkisi

Yabani hardal bitkisinin taksonomik sınıflandırması aşağıdaki gibidir (Al-Shehbaz, 2020);

Domain : Eukaryota

Alem: Plantae

Alt Alem : Viridiplantae

Infrakingdom : Streptophyta

Şube : Tracheophyta

Alt Şube : Spermatopsida

Sınıf : Magnoliopsida

Üsttakım: Rosanae

Takım: Brassicales

Familya : Brassicaceae

Cins : *Sinapis* L.

Tür : *Sinapis arvensis* L.

Yabani hardal bitkisinin en yaygın olarak kullanılan bilimsel ismi *Sinapis arvensis* L. 'tir. Bunun dışında kullanılan 27 farklı bilimsel sinonimi daha mevcuttur. Diğer bilimsel sinonimleri ise aşağıda verilmiştir (Anonim, 2013).

Brassica arvensis var. *orientalis* (L.) Farw., *Brassica arvensis* var. *schkuhriana* (Rchb.) Thell., *Brassica barbareifolia* Ball, *Brassica kaber* (DC.) Wheeler, *Brassica kaber* var. *orientalis* (L.) Scoggan, *Brassica kaber* var. *pinnatifida* (Stokes) L.C.Wheeler, *Brassica kaber* var. *schkuhriana* (Rchb.) L.C.Wheeler, *Brassica kaber* var. *stricta* (Celak.) Shinnars, *Brassica sinapis* Vis., *Brassica sinapistrum* Boiss., *Brassica xinjiangensis* Y.C.Lan & T.Y.Cheo, *Crucifera sinapistra* E.H.L.Krause, *Napus agriasinapis* K.F.Schimp. & Spenn., *Raphanus arvensis* (L.) Crantz, *Raphanus orientalis* (L.) Crantz,

Rhamphospermum arvense (L.) Andr. ex Besser, *Rhamphospermum orientale* (L.) Andr., *Sinapis arvensis* var. *orientalis* (L.) W.D.J.Koch & Ziz, *Sinapis arvensis* var. *schkuhriana* (Rchb.) Hagenb., *Sinapis kaber* DC., *Sinapis orientalis* L., *Sinapis polymorpha* Geners. ex Schult., *Sinapis retrohispida* Boreau, *Sinapis schkuhriana* Rchb., *Sinapis taurica* Fisch., *Sinapis villosa* Mérat, *Sinapistrum arvense* (L.) Spach.

Besin maddesi bakımından zengin, bazık, ağır olmayan, humuslu ve killi toprakları seven bitkilerdir. Akdeniz ülkeleri kökenli olup, genellikle tarla, bahçe ve meralarda çok sık görülmektedir (Uygur ve ark., 1986). Davis (1965)'e göre Türkiye'de A-6 karesinde görüldüğü bildirilmiş olsa da yapılmış olan farklı çalışmalar ile Türkiye'nin farklı noktalarında var olduğu bilinmektedir (Özer ve ark., 1999; Anonim, 2020a).

Yaz aylarının başında ve ortalarında salkımlar halinde ve sarı renkli açan çiçeklerinden hafif hardal kokusu almak mümkündür. Çiçekleri topluca bir aradadır. Salkım halindeki çiçeklerin bir kısmı olgunlaşarak fasulye kapsülü gibi bir şekil alırken, diğer taraftan da yeni sarı çiçekler açar. Yabani hardalın çiçeklerindeki taç yapraklar genellikle 4 adet ve yaklaşık olarak 8-10 mm büyüklüğünde sarı ya da altın sarısı renktedir. Meyveleri kapsül şeklinde genellikle 1-3 cm uzunluğunda, yaklaşık olarak 1-2 mm eninde ve genellikle her bir kapsülün içinde 7-11 adet tohum bulunmaktadır. Kapsülün uç kısımlarında *Sinapis* cinsine ait gaga şekli görülmektedir. Tohumları küçük, küremsi biçimli ve kırmızımtırak kahverengi tonlarındadır. Bir bitki yaklaşık 1.200 tohum verir. Tohumlar ancak toprak yüzeyine yakınsa çimlenebilirler, uzun süre çimlenmeden toprakta kalabilirler (yaklaşık 10-35 yıl). Optimum çimlenme sıcaklıkları 7 °C olup 25 °C'de de çimlenebilirler (Uygur ve ark., 1986).

Sinapis arvensis virüslere konukçuluk eden önemli bir yabancı otur. Ürdün'de yapılan bir çalışmada bu yabancı ot örneklerinin *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV), *Tomato yellow leaf curl Sardinia virus* (TYLCSV), *Squash leaf curl virus* (SLCV) ve *Watermelon chlorotic stunt virus* (WmCSV) begomovirüsleri ile bulaşık olduğu saptanmıştır (Anfoka ve ark., 2017).

2.3. Herbisitlere Karşı Yabancı Otlarda Dayanıklılık

Tarımsal zamanlama süreci açısından herbisitlerin kullanımı ilk kez 1800'lü yıllara kadar eskiye gitmektedir. Bu yıllarda herbisitlerin genellikle demir sülfat ve sülfirik asit olmakla birlikte selektif herbisit olarak kullanımları görülmektedir. Bu herbisitlerin kullanımının devamında ise inorganik bileşiklerden sülfirik asit, bakır nitrat, bakır sülfat, sodyum klorid gibi bileşikler tarihteki yerini almıştır. 1929 ila 1933 yılları arasında ilk total herbisit olan Sodyum klorit ve sodyum arsenit kullanılmaya başlanmış devamında ise fenolik bileşikler ve selektif herbisitler tarihteki yerini almıştır (Anonim, 2019a).

İkinci Dünya savaşının ardından herbisitlerin etken maddeleri de giderek gelişmeye başlamış ve yeni etki mekanizmalarına sahip modern herbisitler ortaya çıkmıştır. İlk kez 1945 yılında Auxin grubu herbisitlerin (2,4-D) kullanımı ile birlikte modern herbisitler tarihteki yerlerini almaya başlamıştır. Devam eden yıllarda ise MCPA etkili aktif madde kullanılmaya başlanmıştır. Bu tarihten sonra farklı etki mekanizmasına sahip olan herbisitler yıllar içerisinde geliştirilmiş olup 1982 yılında ilk kez bulunan ve bu tarihten sonrada yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanan Amino Asit İnhibitörleri (ALS) olarak kullanılan Chlorsulfuron etken maddesi başta olmak üzere farklı herbisit grupları mevcuttur (Heap, 2020).

Farklı organizmalara karşı direnç tanımı kullanılmakla birlikte genellikle herbisitler için direnç tanımı 1956'da Harper tarafından, öngörüldüğü gibi, aynı herbisite tekrar tekrar maruz kalmaya yanıt olarak, belli bir yabancı ot popülasyonunda belirli bir herbisite dayanacak etki mekanizmasının seçilmesi ve gelişmesi kavramını içermektedir (Harper, 1956; Holt ve LeBaron, 1990).

Yabancı otlar bilinen 26 herbisit grubundan 23'ünün içerisinde bulunan 167 farklı herbisite karşı direnç geliştirmişlerdir. En çok bu konudaki eğilimi ALS inhibitörleri (165 dayanıklı tür) gösterirken, bunu 74 tür ile fotosentez II inhibitörleri ve 49 tür ile ACCase inhibitörü herbisitler takip etmektedir. Herbisitlere dayanıklı yabancı ot problemlerinin ABD ve Avrupa'da ortaya çıkması 1970'ler ve 1980'lerin başlarında mısır bitkisinde simazin ve atrazine'nin kullanımına karşı tespit edilmiştir. Üreticilerin 1980-1990 yıllarında triazine karşı dayanıklılık kazanan yabancı otlar savaşım için ALS ve ACCase inhibitörü herbisitleri kullanmasıyla kontrol altına alınmış olsa da daha sonra bu gruba karşı dayanıklılık problemleri ortaya çıkmıştır (Heap, 2014; Heap, 2020) (Çizelge 1.1.).

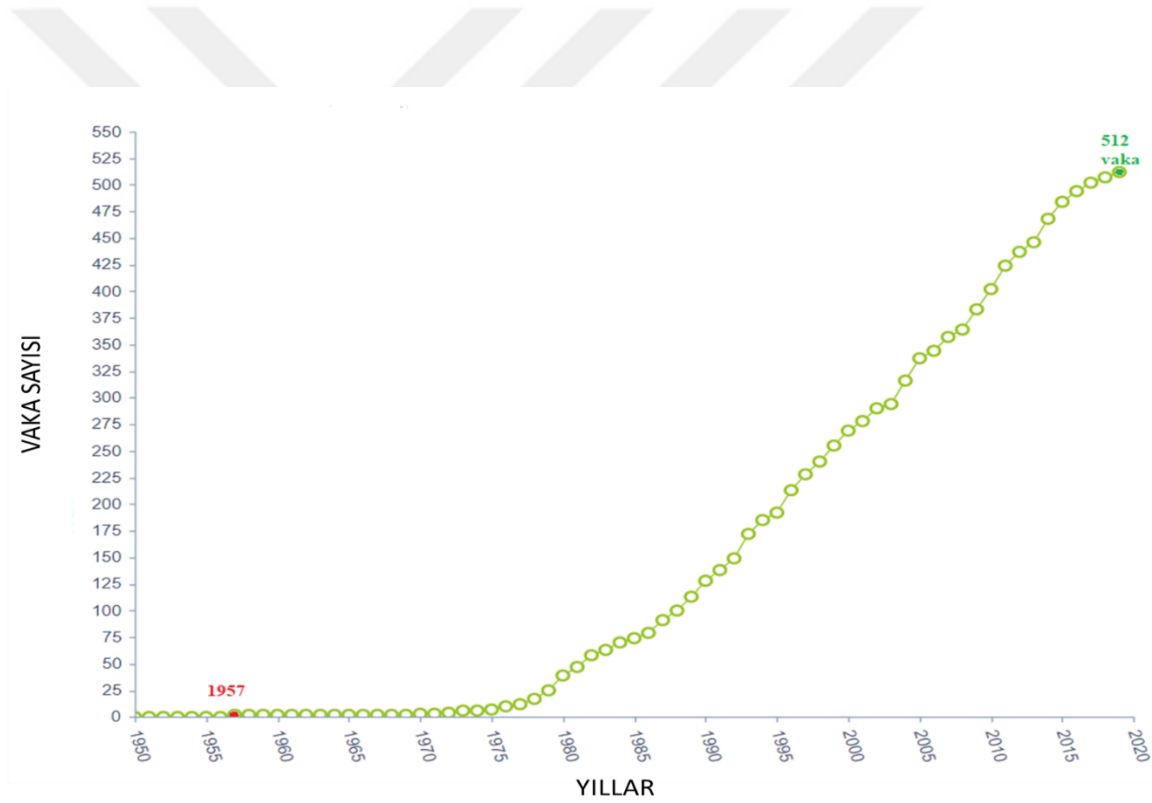
1945 yılından sonra modern herbisitlerin kullanılmaya başlanması ile birlikte ilk kez 1957 yılında *Senecio vulgaris*'te dayanıklılık rapor edilmiştir (Holt, 1988). Yine aynı yıl Kanada'da yol kenarında *Daucus carota*'da herbisit dayanıklılığından söz edilmiştir (Whitehead ve Switzer, 1963). Bunu takip eden senelerde ise çeşitli araştırmacılar herbisit dayanıklılığına sahip olan bitkilerden söz etmişler ve bu durumun tarımsal üretim açısından önemli sorunları getirdiğini ortaya koymuşlardır. Herbisit kullanımının artması sonucunda da ilk kez triazin etken maddeli herbisitlere karşı 1973 yılında Avusturya'da horoz ibiği (*Amaranthus* sp.)'nde dayanıklı biyotiplerinin varlığı tespit edilmiştir. 1978 yılında ise Fransa'da sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisinde çoklu dayanıklılık mekanizmasının olduğu raporlanmıştır. Yapılan son güncellemelere göre dayanıklılığa sahip yabancı ot-herbisit vaka sayısı 521'e çıkmıştır. Bu durum 152 dikotiledon, 111 monokotiledon yabancı ot türünü kapsamakta olup toplamda 263 yabancı ot türü için geçerlidir (Heap, 2021) (Şekil 1.1.). Günümüzde dünyada 94 farklı tarım ürününde 71 farklı ülkede herbisit-yabancı ot dayanıklılığı rapor edilmiştir (Heap, 2021) (Şekil 1.2.) (Çizelge 1.2.).

Çizelge 1.1. Etki Alanına Göre Herbisite Dayanıklı Yabancı Otlar (Heap, 2021).

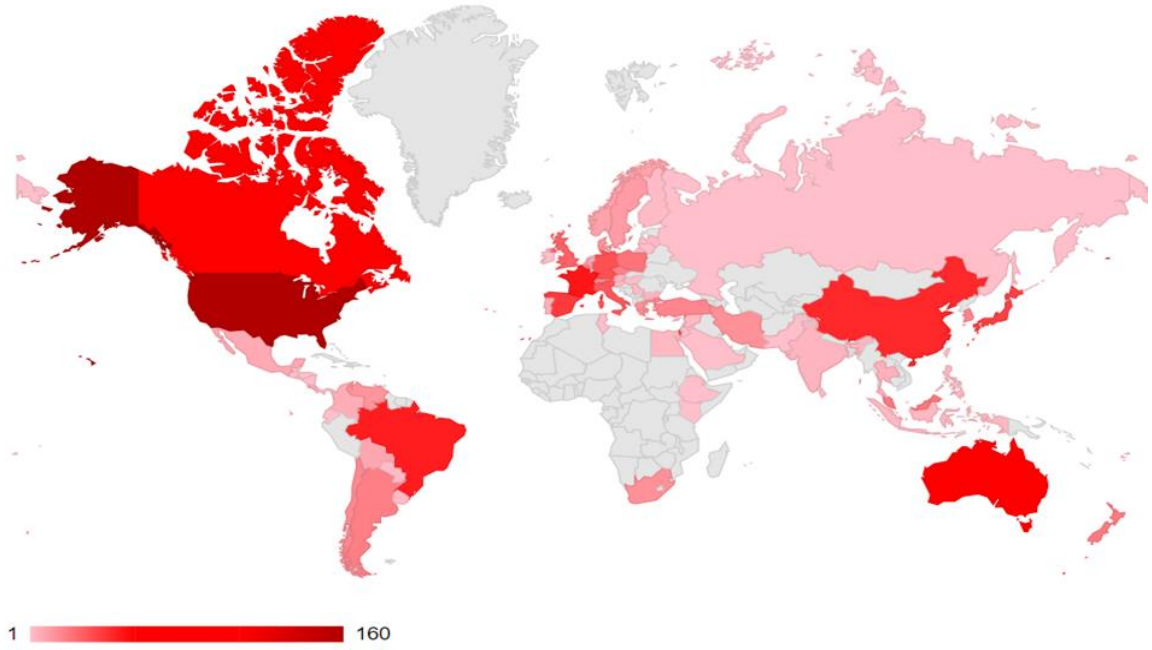
Sırası	Herbisit Grubu	HRAC Grubu	Dikotil edon	Monokotiledon	Toplam
1	ALS inhibitörleri	B	101	64	166
2	Photosistem II İnhibitörleri	C1	51	23	74
3	EPSP senteze inhibitörleri	G	26	27	53
4	ACCase inhibitörleri	A	0	49	49
5	Sentetik Auksinler	O	33	8	41
6	PSI Elektron Saptırıcılar	D	22	10	32
7	PSII inhibitörleri (Üreler ve amidler)	C2	11	18	29
8	Protoporphyrinogen oksidase (PPO) inhibitörleri	E	10	3	13
9	Mikrotübül inhibitörleri	K1	2	10	12
10	Lipid İnhibitörleri	N	0	10	10
11	Uzun Zincirli Yağ Asit İnhibitörleri	K3	3	5	8
12	Karotenoid biyosentez (bilinmeyen hedef)	F3	1	5	6
13	Karotenoid biyosentez inhibitörleri	F1	4	1	5
14	PSII İnhibitorleri (Nitriller)	C3	3	1	4
15	Glutamine Sentezi İnhibitörleri	H	0	4	4
16	HPPD İnhibitörleri	F2	3	0	3
17	Selüloz İnhibitörü	L	0	3	3
18	Antimikrotubul Mitotik Bölücü	Z	0	3	3

Çizelge 1.1. (devamı) Etki Alanına Göre Herbisite Dayanıklı Yabancı Otlar (Heap, 2021)

19	DOXP İnhibitörleri	F4	0	2	2
20	Mitoz İnhibitörleri	K2	0	1	1
21	Bilinmeyenler	Z	0	1	1
22	Hücre Genişlemesi İnhibitörleri	Z	0	1	1
23	Nükleik Asit İnhibitörleri	Z	1	0	1
TOPLAM		23	272	249	521



Şekil 1.1. Dünyada yabancı otlarda herbisitlere karşı oluşturulan dayanıklılık durumu (Heap, 2020).



Şekil 1.2. Dünyada yabancı otlarda herbisit dayanıklılığı tespit edilen ülkeler ve yoğunlukları (Heap, 2020).

Çizelge 1.2. Ülkelerde görülen herbisit dayanıklılığı vaka sayıları ve görüldüğü herbisit grupları (Heap, 2020).

	Ülkeler	Toplam	A	B	C1	C2	D	G	K1	O	DİĞER LERİ
1	Amerika Birleşik Devletleri	165	15	53	26	11	6	17	6	10	21
2	Avusturalya	95	13	26	8	0	11	19	3	4	11
3	Kanada	68	4	25	13	3	3	6	1	6	7
4	Fransa	55	6	22	22	1	0	2	0	1	1
5	Brezilya	50	7	20	4	1	1	9	0	3	5
6	Çin	45	8	17	1	2	5	2	0	5	5
7	İspanya	39	2	9	18	3	0	5	0	1	1
8	İsrail	37	6	13	12	2	0	2	0	0	2
9	Japonya	36	2	21	1	0	7	3	2	0	0
10	Almanya	33	5	11	13	3	0	0	0	0	1
11	İtalya	30	8	11	4	2	0	3	0	1	1
12	Birleşik Krallık	29	4	8	8	2	2	0	1	1	3
13	Arjantin	27	3	5	0	0	0	15	0	4	0
14	Belçika	22	2	4	8	1	3	0	1	0	3
15	Malezya	22	1	6	0	1	7	2	0	4	1

Çizelge 1.2. (devamı) Ülkelerde görülen herbisit dayanıklılığı vaka sayıları ve görüldüğü herbisit grupları (Heap, 2020).

16	Polonya	22	3	8	8	1	0	1	0	1	0
17	Yeni Zelanda	20	1	2	3	0	2	2	0	5	5
18	Çekya	18	0	3	13	1	0	1	0	0	0
19	Türkiye	18	6	10	0	0	0	1	0	1	0
20	Yunanistan	17	3	5	2	1	0	4	0	1	1
21	Güney Kore	17	3	13	0	0	0	1	0	0	0
22	Şile	16	5	10	0	0	0	1	0	0	0
23	İsviçre	15	0	0	11	3	0	1	0	0	0
24	İran	14	7	5	1	0	0	0	0	1	0
25	Güney Afrika	14	3	5	1	0	2	3	0	0	0
26	Kolombiya	13	2	3	0	1	1	4	0	1	1
27	Danimarka	13	4	8	0	0	0	0	1	0	0
28	Venezüella	13	2	7	0	3	0	1	0	0	0
29	Norveç	11	1	6	1	1	0	0	0	1	1
30	İsveç	11	1	6	1	1	0	0	0	1	1
31	Bolivya	8	4	2	0	0	0	1	0	0	1
32	Kosta Rika	8	1	4	0	1	0	2	0	0	0
33	Hollanda	8	1	1	5	1	0	0	0	0	0
34	Meksika	7	3	2	0	0	0	2	0	0	0
35	Paraguay	6	0	2	2	1	0	0	0	0	0
36	Avusturya	5	0	2	2	1	0	0	0	0	0
37	Portekiz	5	0	1	1	0	0	3	0	0	0
38	Tayland	5	2	0	0	1	0	0	0	1	1
39	Bulgaristan	4	0	0	2	1	0	0	1	0	0
40	Hindistan	4	1	2	0	1	0	0	0	0	0
41	Mısır	3	1	1	0	0	1	0	0	0	0
42	Macaristan	3	0	1	0	0	0	1	0	1	0
43	Endonezya	3	0	0	0	0	1	1	0	1	0
44	Filipinler	3	0	0	0	1	0	0	0	1	1
45	Sırbistan	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0
46	Suriye	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
47	Kıbrıs	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
48	Finlandiya	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
49	Letonya	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
50	Sri Lanka	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0
51	Uruguay	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0
52	Ekvator	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
53	El Salvador	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
54	Etiyopya	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
55	Fiji	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Çizelge 1.2. (devamı) Ülkelerde görülen herbisit dayanıklılığı vaka sayıları ve görüldüğü herbisit grupları (Heap, 2020).

56	Guatemala	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
57	Honduras	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
58	İrlanda	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
59	Fas	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
60	Kenya	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
61	Litvanya	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
62	Nikaragua	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
63	Pakistan	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
64	Panama	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
65	Rusya	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
66	Suudi Arabistan	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
67	Slovenya	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
68	Tayvan	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
69	Tunus	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
70	Ukrayna	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	70 Ülke	1092	149	372	193	58	57	115	16	57	74

A: ACCase inhibitörleri, B: ALS inhibitörleri; C1: Photosistem II İnhibitörleri; C2: PSII inhibitörleri (Ureler ve amidler); D: PSI Elektron Saptırıcılar; G: EPSP sentezi inhibitörleri; K1: Mikrotübül inhibitörleri; O: Sentetik Auksinler

Yabancı otların herbisitlere karşı dayanıklılık oluşturabilmesi için genel olarak, herbisit bitkide rol oynadığı etki noktasının değişime uğraması ve bunun sonucunda da herbisit etkileşiminin olmaması, bitkide aşırı protein üretimi sonucunda herbisit hedef proteine ulaşması fakat üretimin çok olmasından dolayı etki sağlayamaması, yabancı otların çok hızlı metabolik faaliyetlerinden dolayı herbisit hızlı bir şekilde parçalanması gibi farklı mekanizmalardan söz edilebilmektedir (Preston ve Mallory-Smith, 2001).

Yabancı otlarda ALS inhibitörü herbisitlere karşı dayanıklılık ise ALS enziminin herbisit etkisine duyarlılığının azalması ve herbisit yabancı ot tarafından çok hızlı metabolik parçalanması nedeniyle meydana gelmektedir. ALS/AHAS (Asetolactate synthase/Acetohydroxyacid synthase) enzimlerinin biyosentezinde görev alan aminoasitler valine, leucine ve isoleucine olarak bilinmektedir (Stidham, 1991).

ALS grubu herbisitlere karşı ilk kez Avusturalya'da 1982'de kışlık arpa ve buğday da *Lolium rigidum*'a karşı chlorsulfuron uygulamasında dayanıklılık tespit edilmiştir (Heap, 2020; Llewellyn ve Powels, 2001; Heap ve Knight, 1986). Tribenuron methyl etken maddesine karşı ilk dayanıklılık ise 1987 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin Idaho eyaletinde hububat, mercimek, buğday, kanola, bezelye ve nohutta sorun oluşturan *Lactuca seriola* bitkisinde tespit edilmiştir. Bunu 1988 yılında Kanada'da *Kochia scoporia* bitkisinde dayanıklılığın bulunması takip etmiştir (Heap, 2020).

ALS inhibitörü herbisitler sulfonlamino-carbonyltriazolinone (SCT), sulfonlurea (SU), imidazolinone (IMI), pyrimidinylthio-benzoate (PTB), ve triazolopyrimidine (TP) gruplarında yer almaktadır. Yaklaşık olarak 145'ten fazla yabancı ot türünde ALS inhibitörü herbisitlere dayanıklılık tespit edilmiştir (Heap, 2007; Heap, 2014; Heap, 2020). Günümüzde bu sayı 165'e ulaşmıştır. Bu dayanıklılığın 101'i Dikotiledon bitkilerde, 64 tanesi ise monokotiledon bitkilerde tespit edilmiştir (Heap, 2020).

Genellikle dayanıklılık ALS genindeki tek nokta mutasyonundan dolayı meydana gelmektedir. ALS genindeki doğal olarak oluşan mutasyon Ala122, Pro197, Ala205, Trp574, Ser653 ve Gly654 aminoasitlerinde görülmektedir (Green, 2009; Heap, 2014). Dünyada ALS hedef bölge dayanıklılığı ABD'de *Bromus tectorum* L., *Sorghum bicolor* (L.) Moench ve *Lolium perenne* L., Avustralya'da *Lolium rigidum* Gaud., Çekya'da *Apera spica-venti* (L.) P. Beauv., Kanada'da *Setaria viridis* (L.) P. Beauv. yabancı otlarında tespit edilmiştir (Christopher ve ark., 1992; Saari ve ark., 1994; Anderson ve ark., 1998; Park ve Mallory Smith, 2004; Kaundun ve ark., 2006; Laplante, 2006; Novakova ve ark., 2006). Bu yabancı otların 3 tanesi ile yapılan ileri düzey moleküler çalışmalarda *B. tectorum*'da Pro197 'den Ser'e; *S. viridis*'ta Ser653'ten Thr, Asn veya Ile'ye, *L. rigidum*'da Trp574'den Leu veya Pro197 veya Ser veya Thr'ya mutasyon gözlemlenmiştir.

Herbisitlerde bir diğ er grup olan Sentetik Auxinler (O grubu) olarak isimlendirilen herbisitlere karşı dayanıklılık tanımlaması ilk kez 1957 yılında Kanada'nın Ontario eyaletinde yol kenarlarındaki *Daucus carota*'da tespit edilmiştir (Switzer, 1957; Whitehead ve Switzer, 1963). Yine aynı yıl ABD'nin Havai eyaletinde yetiştirilmekte olan şeker kamışında *Commelina diffusa*'nın dayanıklılığı tespit edilmiştir (Hilton, 1957).

Avrupa'da ALS inhibitörü herbisitlere karşı *Alopecurus myosuroides*, *Avena fatua*, *Lolium rigidum* ve *Lolium multiflorum* yabancı otları dayanıklılık kazanmıştır. İngiltere'de *A. myosuroides* chlorsulfuron, chloroturon, dichlofop-methyl, fluazofopbutyl, imazamethabenz-methyl, pendimethaline, simazine, tribenuron vetriallate herbisitlerine çoklu dayanıklı bulunmuştur (Hall ve ark., 1994; Cocker ve ark., 1999).

2.4. Dünya'da Herbisitlere Dayanıklılık ile İlgili Yapılan  alışmalar

Dünya'da herbisit dayanıklılığı ile ilgili literatürde birçok çalışma mevcuttur. Bunlar; Valverde (1996) Nikaragua'da *Echinochloa colona* yabancı otunun ACCase inhibitörü fenoxaprop-P-ethyl herbisitine karşı dayanıklı olduğunu ve diğ er ACCase grubu herbisitlere karşı da çapraz dayanıklılık gösterebildiğini belirlemiştir.

Cyperus difformis L.'nin ABD, İtalya, Avustralya, Brezilya, İspanya, Güney Kore ve Türkiye'de ALS grubu herbisitlere dayanıklı biyotipleri saptanmıştır (Graham ve ark., 1996; Osuna ve ark., 2002; Vidotto ve ark. 2003; Ruiz-Santaella ve ark., 2004; Kuk ve ark. 2004; Galon ve ark., 2008; Kaya-Altop, 2012; Heap, 2014).

Calha ve ark. (1999), Portekiz'de *Alisma plantago-aquatica* yabancı otunun bensulfuron-methyl'e dayanıklı populusyonlarını tespit etmişlerdir.

Fischer ve ark. (2000)'ları tarafından, Kaliforniya' da *Echinochloa crus-galli* ve *Echinochloa phyllopogon* yabancı otlarının molinate, cyhalofop-butyl, fenoxaprop-P-ethyl, ve thiobencarb herbisitlerine karşı dayanıklılık geliştirdiği saptanmıştır.

Poston ve Wilson (2002) imidazolinone (IMI)'e dayanıklı *Amaranthus hybridus* populasyonlarının acetolactate synthase (ALS) inhibitörü herbisitlere karşı dayanıklılığını belirlemek için arazi ve sera çalışması yürütmüşlerdir. 1996 yılında yürütülen arazi çalışmasında sulfonylurea herbisitleri olan CGA-277476, chlorimuron veya thifensulfuron'a çapraz dayanıklılığı olmayan *A. hybridus* populasyonunda (R4), IMI dayanıklılığı tespit edilmiştir. *Amaranthus hybridus* mücadelesinde triazolopyrimidine herbisitinin etkinliği %35 olurken, cloransulam-methyl veya flumetsulam plus cloransulam-methyl kontrol uygulamalarında etkinlik IMI herbisitlerine oranla daha yüksek bulunmuştur. 1997-1998 yıllarında yapılan sera denemelerinde farklı lokasyonlardan toplanan IMI-hassas (S) *A. hybridus* populasyonu ile 4 farklı IMI dayanıklı *A. hybridus* populasyonlarını (R1, R2, R3, R4) çıkış sonrası imazethapyr, chlorimuron, thifensulfuron, pyriithiobac ve cloransulam-methyl uygulamalarına karşı reaksiyonlarını incelemek için denemeye tabi tutmuşlardır. Çalışmada tüm R popülasyonlarında imazethaphyr 'e karşı dayanıklı olduğu saptanmış, chlorimuron, thifensulfuron, pyriithiobac veya cloransulam-methyl'e karşı ise çapraz dayanıklılık bulunamamıştır. Dayanıklılık oranlarına bakılarak R populasyonunun S populasyonuna oranla chlorimuron'a daha tolerant ve pyriithiobac, thifensulfuron ve cloransulam-methyl'e daha hassas oldukları tespit edilmiştir.

Sattin ve Zanin (2003) *Amaranthus cruentus*, *Solanum nigrum*, *Chenopodium album*, *Avena sterilis* subsp. *ludoviciana*, *A. plantago-aquatica*, *Schoenoplectus mucronatus*, *Lolium* spp., *Papaver rhoeas*, *Phalaris paradoxa*, *Amaranthus retroflexus*, *C. difformis* ve *E. crus-galli* yabancı ot türlerinin acetyl-CoA carboxylase inhibitörleri, acetolactate synthase inhibitörleri ve PSII inhibitörü grubunda yer alan birçok herbisite karşı dayanıklı olduğunu saptamışlardır.

De Prado ve Franco (2004)'nın İspanya'nın Katalonya Bölgesi'nde buğday ekiliş alanlarında *Papaver rhoeas*'in bir biyotipinin chlorusulfuron'a karşı dayanıklılık ve ALS inhibitorü herbisitlere (metsulfuron-methyl, rimsulfuron, sulfometuronmethyl, tribenuron-methyl ve imazapyr) karşı çapraz dayanıklılık geliştirdiğini bildirmişlerdir.

Christoffers ve ark. (2006)'nın soya alanlarından toplanan dayanıklı yabani hardal populasyonları ile ALS inhibitörü farklı gruptaki herbisitlerde yapılan çalışmalarda çapraz dayanıklılığa sahip olduklarını saptamışlardır. Araştırmada iki kat dozda uygulaması yapılan trifensulfuron, chloramsulan, ethametsulfuron, flumetsulam, imazamox, imazethapyr, triflusulfuron, imazethabenz-methyl uygulamaları sonrasında hassas bitkilerde 28 gün sonra yaş ağırlığın %96 azaldığı, dayanıklı bitkilerde ise triflusulfuron uygulamasıyla %49, thifensulfuron ile %35 azalmış olduğunu bildirmişlerdir.

Hochberg ve ark. (2006) İsrail'de buğday ekim alanlarında clodinafop-propargyl, cycloxydim ve fenoxaprop-p-ethyl etkili maddeli herbisitlere karşı dayanıklı *Avena sterilis* popülasyonlarının bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Lopez-Ovejero ve ark. (2006)'na göre, herbisitlerin düzenli olarak alanlara atılması yabancı ot populasyonları içindeki dayanıklı biyotipleri seçebileceklerini belirtmişlerdir. Yapmış oldukları bu çalışma ile 6 *Bidens pilosa* ve *B. subalternans* biyotiplerinin ALS-inhibitörü imidazolinone ve sulfonilurea grubu herbisitlere dayanıklılık tipi ve düzeyini belirlemeye çalışmışlardır. Bu amaçla dayanıklılığından şüpheli oldukları 4 ve duyarlı 2 popülasyona serada 8 kere chlorimuron-ethyl veya imazethapyr uygulanmıştır. 28 gün sonra hem kontrol hem de uygulamalarda bitki yaş ağırlık ölçülmüştür. Araştırmacılar *B. subalternans* biyotiplerinin *B. pilosa* biyotiplerine oranla ALS herbisitlerine daha dayanıklı olduğu, bu iki türünün sulfonilurea ve imidazolinone grubu herbisitlere çapraz dayanıklılığa sahip biyotiplerinin olduğu saptamışlardır.

Zand (2008) İran'da buğday ekim alanlarında clodinafoppropargyl, diclofop-methyl, pinoxaden ve mesosulfuron-methyl + iodosulfuron-methyl etkili maddeli herbisitlere çoklu dayanıklı *Avena sterilis* popülasyonlarının varlığını saptamıştır.

St-John Sweetin ve ark. (2010)'na göre *Sonchus oleraceus* L. Avustralya'da yaygın görülen bir yabancı ottur. Bu otun ALS grubu herbisitlere dayanıklı biyotipleri tespit edilmiştir. Daha önce iki bölgede tespit edilen dayanıklılık, yabancı otun kendine döllenme yeteneği ve rüzgarla döllenebilmesi sonucunda tüm Avustralya'ya yayılmıştır.

Dayanıklılık düzeyini belirlemek için ülke genelinde survey yapılmış ve tohum toplanmıştır. Toplanan bu tohumlara ALS inhibitörü herbisit uygulanmıştır. Deneme sonrasında New South Wales, Queensland, Güney Avusturalya, Batı Avusturalya, Victoria ve Tasmaniya bölgelerinde dayanıklılık oranının sırasıyla %78, %59, %29, %17, %8 ve %0 olduğu bulunmuştur. Daha sonra yapmış oldukları AFLP analizi ile popülasyonlardaki genetik çeşitliliğe bakılmış ve dendogram oluşturulduğunda ülke genelinde büyük genetik çeşitliliğin olduğu sonucuna varılmıştır.

Intanon ve ark. (2011)'nın, *Anthemis cotula* yabancı otunun ALS inhibitörü sulfonyleureas (SU), imidazolinones (IMI), ve triazolopyrimidines (TP) herbisitlerine dayanıklılığını belirlemek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Yapmış oldukları çalışmada thifensulfuron + tribenuron/chlorsulfuron (SU), imazethapyr (IMI), ve cloransulam (TP) uygulamalarında bitkilerde çapraz dayanıklılık gözlemlenmiştir. Bitkilerde ALS1 ve ALS2 izoformu tespit edilmiş, dayanıklılığa neden olan mutasyon ise sadece ALS 1 de bulunmuştur. ALS geni sekans analizleri sonrasında 197. kodon da 4 farklı mutasyona (Pro197'den Leu, Gln, Thr, veya Ser) uğradıkları bulunmuştur

Wang ve ark. (2011) Çin'de *Capsella bursa pastoris* yabancı otunun tribenuron-methyl dayanıklılığı ile ilgili yapılan çalışmada buğday alanlarından toplanan HB-1, HB-2, HB-3, HB-4, HB-6, HB-7, HB-17, HB-18, HB-19, HB-20, HB-21, ve HB-22 popülasyonlarının herbisite hassas olduğu, HB-15 ve HB-16'nın orta derece dayanıklı olduğu, HB-5, HB-8, HB-9, HB-10, HB-11, HB-12, HB-13, ve HB-14 'ün ise çok dayanıklı olduğunu saptamışlardır.

Hess ve ark. (2012)'nin Güney Almanya'nın üç farklı bölgesinde *Alopecurus myosuroides* Huds'un herbisit dayanıklılık yapısını belirlemek için yapmış oldukları çalışma ile ACCase inhibitörü herbisitlere karşı dayanıklılık geliştirdiği 3 bölgede bulunan tüm alanlarda saptamışlardır. Dayanıklı bitkilerde yapılan çalışmalar ile ACCase hedef bölge mutasyonu saptanmış ve aynı zamanda hedef dışı bölge mutasyonuna da sahip oldukları tespit edilmiştir. Alanlar arasındaki mutasyonların çeşitliliği, dayanıklılığın çoğu alanda bağımsız olarak geliştiğini göstermektedir. ALS dayanıklılığı ALS etkinliğinin düşük olduğu alanda da tespit edilmiştir. Bir alanda

sadece P197T mutasyonu, diğesinde ise W574L mutasyonunun gerçekteştiğı bulunmuştur. Hedef bölgesi dayanıklılığı ALS inhibitörü dayanıklılığının ana mekanizması olarak bildirilmiştir.

Park ve ark. (2012) *Sonchus asper*'de thifensulfuron dayanıklılığını ve diğere ALS inhibitörlerine karşı çapraz dayanıklılığı belirlemek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada kullanılan biotipin sulfonilurea (SU) grubu herbisitleri olan, thifensulfuron, metsulfuron, ve prosulfuron'a karşı yüksek dayanıklılığa sahip olduğu saptanmıştır. Dayanıklı biyotiplerin imidazolinone (IMI) grubu herbisitleri olan, imazamox ve imazethapyr'e de yüksek dayanıklılık gösterdiği tespit edilmiştir. In-vivo koşullarında yapılan acetolactate synthase (ALS) denemelerinde bitkideki mevcut popülasyonun %50'sini engellenmesi için gerekli dozun SU ve IMI grubu herbisitleri de dayanıklı bitkilerde duyarlılara oranla 10 kat daha fazla olduğu saptanmıştır.

Martins ve ark. (2012) ACCase grubu herbisitlere karşı dayanıklı olduğu düşünölen *Lolium multiflorum*'un üç alt popülasyonunun ACCase inhibitörü herbisitlere dayanıklılığını belirlemek için yapmış oldukları serada yürütölen çalışmalarda, ACCase inhibitörü herbisitler olan pinoxaden, clethodim, sethoxydim ve clodinafop etken maddeleri bu üç alt popülasyona karşı denenmiştir. Denemeler sonrasında bu üç alt popülasyonun en az ikisinin herbisit çapraz dayanıklılığa sahip olduğu saptanmış, bir alt popülasyon ise tüm herbisitlere çapraz dayanıklılık göstermiş olduğu bildirilmiştir.

Menne ve Hogrefe (2012) Kuzey Almanya'da farklı bölgelerden toplanan 4 *Alopecurus myosuroides* Huds. Biyotipinin, farklı herbisitlere dayanıklılığını belirlemek için sera denemesi kurmuşlardır. Pyrosequencing TM teknoloji kullanılarak, farklı biyotiplerdeki yaprak materyalleri incelenerek ACCase ve ALS hedef bölge mutasyonu aranmıştır. Çalışmada farklı ACCase ve ALS herbisitlerinin etkinliği, kontrollü koşullarda yürütölen doz denemeleri ile belirlenmiştir. Metabolizma çalışması yapılarak dayanıklılık mekanizmasının türü de saptanmıştır. Çalışma sonrasında çoklu dayanıklılık mekanizmasının hedef bölge mutasyonu ve hedef dışı bölge mutasyonu olduğu belirlenmiştir.

Heap (2014) ABD'de çeltik alanlarında yaygın olan *Oryza sativa* L., *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv., *Sagittaria montevidensis* Cham. & Schlecht., *Ammania auriculata* Willd., *Echinochloa oryzicola* (Vasinger), *Ammania coccinea* Rottb., *Scirpus mucronatus* (L.) Palla, *Cyperus iria* L yabancı otlarının ALS inhibitörü herbisitlere karşı dayanıklı olduğunu saptamıştır.

Han ve ark (2016)'nın *Lolium rigidum* L. yabancı otunda ACCase ve ALS inhibitörü herbisitlere karşı dayanıklılık olduğunu tespit etmişlerdir. Saptanan populasyonların %91'inden HPLC analizi sonrası ACCase mutasyonuna sahip oldukları tespit edilmiştir.

Tehranchian ve ark. (2015) *Cyperus difformis* L. yabancı otunun acetolactate synthase (ALS) herbisitlere dayanıklı olduğunu belirlemişlerdir. Herbisitlerden haloulsfuron'a dayanıklı bitkiler bispayribac-sodium, imazamox ve penoxsulam etkili maddeli herbisitlerle kontrol edilememiştir. Dayanıklı bulunan bu popülasyonlar da bitkilerin %50 'sini öldürmek için gerekli lethal doz (LD₅₀) hassas bitkilerden 15 kat yüksek bulunmuştur. Hem hassas hem de dayanıklı bitkiler bentazon ve propanil ile %96, quinclorac, thiobencarb ve 2,4-D ile %23 oranında kontrol edilebilmiştir. Dayanıklı bireylerde yapılan moleküler çalışmalar ve sekanslamada Pro197 enzim bölgesinde mutasyonların olduğu saptanmıştır.

Brosnan ve ark. (2016) Tennessee'de golf sahalarındaki *Poa annua* L. (POAAN-R3) yabancı ot popülasyonunda Acetolactate synthase (ALS) ve fotosistem II inhibe edici (C1) herbisitlere karşı dayanıklılık olduğunu tespit etmişlerdir. Genetik sekanslama, 8 POAAN-R3 bitkisinden 7 sinin psbA geninde bir nokta mutasyonuna sahip olduğunu ve bunun D1 proteini üzerinde bilinen bir Ser-264-'nin Gly (Glisine)'ne yer değiştirmesi ile sonuçlandığını göstermiştir. Bütün bitki denemelerinde POAAN-R3'te simazin'e dayanıklılık saptanmıştır. ALS geninin iki homolog formunda (ALSa ve ALSb) sekanslanan tüm POAAN-R3 te dayanıklılık olduğu tespit edilmiştir. Simazin'e dayanıklılık kazandıran Ser-264-Gly mutasyonuna sahip olan yedi bitkide, ALSb üzerinde bir kodonda iki nükleik asit yer değiştirmesinin neden olduğu homozigot bir Ala-205-Phe ikamesi tespit edilmiştir. Rekombinant proteinler kullanılarak yapılan in vitro ALS aktivite analizleri ve tüm bitki testi sonucunda, bu Ala-205-Phe yer

değişiminin imidazolinon, sülfonilüre, triazolopirimidinler, sülfonilamino-karbonil-triazolinonlar ve pirimidinil (tiyo) benzoat herbisitlerine dayanıklılıkta rol oynadığını ortaya koymuştur. Bu çalışmanın ALS inhibe edici herbisitlere karşı geniş spektrumlu dayanıklılıkta -205-Phe mutasyonunun saptandığı ilk çalışma olması bakımından önem taşıdığı bildirilmiştir.

Deng ve ark. (2017)'na göre Acetolactate synthase inhibitörü (ALS) herbisitlerin ana hedefi amino asit sentezini engellemektir. Bu hedef noktadaki mutasyon ALS inhibitörü herbisitlere karşı kazanılan dayanıklılıkta ana mekanizmadır. Bu çalışmada hassas ve dayanıklı *Descurainia sophia* L. populasyonunda 2004 bp ve 1998 bp uzunluğundaki ALS1 ve ALS2 genleri klonlanmıştır. Çalışmada 3 dayanıklı biyotipte (HB24, HB30 ve HB42) iki ALS mutasyonu Pro-197-Thr ve/veya Trp-574-Leu tespit edilmiştir. ALS inhibitörü herbisitlere dayanıklılıkta ALS izoenzimlerinin rolünü belirlemek için farklı ALS mutasyonuna sahip pHB24 (ALS1 için Pro-197-Thr ve yabancı tip için ALS2), pHB42 (Trp-574-Leu ALS1'deki mutasyon ve yabancı tip için ALS2) ve pHB30 (a Trp-574-Leu ALS1'deki mutasyon ve Pro-197-Thr yabancı tip için ALS2) alt populasyonları oluşturulmuştur. pHB30'teki bireylerin ALS'in her izoenziminde mutasyona sahip olup, sadece tek bir ALS izoenziminde mutasyona sahip pHB24 ve pHB42 populasyonlarından daha yüksek dayanıklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte pHB24 SU, TP ve SCT herbisitlerine dayanıklıyken pHB24 ve pHB42 hem bu herbisitlere hem de IMI ve PTB herbisitlerine karşı dayanıklı olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda ALS mutasyonlarının, ALS grubu herbisitlere duyarlılığının azalışının *Descurainia sophia* L. da dayanıklılığa neden olduğunu belirlemişlerdir.

Spatt ve ark. (2016) *Cyperus iria* yabancı otunun ALS inhibitörü herbisitlere dayanıklılığını belirlemek için sera denemesi yürütmüşler. Deneme 3 faktörlü (A x B x C) olarak dizayn edilip yürütülmüştür. A faktöründe, 3 farklı yöreden toplanan 3 biyotip (Santa Maria 1, São Borja 3 and Cachoeira do Sul 7) bulunmaktadır. B faktöründe ise pyrazosulfuron-ethyl, ethoxysulfuron ve bentazon aktif maddeli herbisitler yer almıştır. Faktör C de ise herbisit dozları yer almıştır (sıfır, ruhsatlı dozun %50'si; ruhsatlı doz, ruhsatlı dozun 2, 4 ve 8 katı). Çalışma sonrasında São Borja 3 ve Cachoeira do Sul 7 biyotiplerinin pyrazosulfuron-ethyl ve ethoxysulfuron herbisitlerine karşı düşük

dayanıklılık faktörüne (RF) ($1 < RF < 10$) sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ethoxysulfuron (RF = 5.49-6.76)'da hassasiyet pyrazosulfuron-ethyl (RF = 2.21-2.47)'e göre daha düşük bulunmuştur. Denemeler sonunda biyotiplerde düşük oranda dayanıklılık olduğuna karar verilmiştir.

Bi ve ark. (2015)'na göre Fenoxaprop-P-ethyl'e dayanıklı *Alopecurus japonicus* Çin'de buğday alanlarında önemli bir problemdir. Üreticiler bu yabancı ot mücadelesinde acetolactate synthase inhibitörü (ALS) herbisitlerden olan mesosulfuron-methyl kullanmaktadırlar. Fenoxaprop-P-ethyl ve mesosulfuron-methyl'e dayanıklı *A. japonicus* popülasyonu (AH-15) Çin'de Anhui şehrinde bulunmuştur. Yapılan denemelerde AH-15 fenoxaprop-P-ethyl (95.96-kat) ve mesosulfuron-methyl (39.87-kat)'e yüksek oranda dayanıklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Moleküler analizler sonrasında bu dayanıklılığın asetil-CoA karboksilase (ACCase) içerisinde Ile1781'in Leu'ya amino asit ikamesi ve ALS'de sırasıyla Trp 574'ün Leu ikamesi sonucu meydana geldiği saptanmıştır. Tüm bitki analizleri sonrasında AH-15 ACCase herbisitlerinden clodinafop-propargyl, clethodim, sethoxydim, pinoxaden ve ALS herbisitleri olan pyroxsulam, flucarbazone-Na ve imazethapyr'e dayanıklı, ACCase herbisiti olan haloxyfop-R-methyl'e karşı ise duyarlı olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada ACCase ve ALS genleri bölgesindeki mutasyon sonucu *A. japonicus*'ta meydana gelen dayanıklılıktan ilk defa bahsedilmiş olması nedeniyle de önem taşımaktadır.

Feng ve ark. (2016), Çin'de *Alopecurus japonicus*'un ACTC-1, pyroxsulam etkili maddesine dayanıklılık kazandığını, sulfonylureas, imidazolinones, triazolopyrimidines, pyrimidinyl-benzoates ve sulfonylaminocarbonyl-triazolinones herbisitlerine çapraz dayanıklı olduğunu, ACCase ve photosystem II inhibitörlerine çoklu dayanıklılığa sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Zhang ve ark. (2017) Çin’de *Capsella bursa pastoris* yabancı otunun tribenuron-methyl dayanıklılığı ve acetohydroxyacid synthase (AHAS) gen-mutasyon çeşitliliğini belirlemek için çalışma yapmışlardır. Çalışmada buğday tarlalarından 28 adet *C. bursa pastoris* popülasyonu toplanmıştır. Testlenen 28 popülasyonun tamamının tribenuron-methyl herbisitine farklı oranda dayanıklılık gösterdiği saptanmıştır. 197. kodondaki mutasyonun (CCT) prolin (Pro)’i tyrosin (Tyr), histidin (His), lösin (Leu), serine (Ser), arginine (Arg), alanin (Ala) ve threonin (Thr)’e dönüştürdüğü, 574. kodondaki mutasyonun ise (TGG) tryptophan’ı (Trp) lösin (Leu)’e çevirdiğini saptamışlardır.

Zhao ve ark. (2017)’na göre *Sagittaria trifolia* L. Kuzey Batı Çin’de çeltik alanlarında en rekabetçi yabancı otlardan biri olarak bildirilmektedir. Acetolactate synthase (ALS)-inhibitörlerinin sık kullanılması sonucunda *S. trifolia*’nın herbisite dayanıklı ırkları türemiştir. L1 popülasyonundan üretilen BC1 alt popülasyonun ALS inhibitörü 5 farklı herbisite dayanıklılığını belirlemek için DNA dizi analizi ve ALS enzim aktivite analizine tabi tutulmuştur. Bu analizler sonrasında amino asit ikamesinin olmadığı, hassas ve dayanıklı çeşitler arasında enzim duyarlılığı bakımından da herhangi bir farklılığın oluşmadığı saptanmıştır. Tüm bitki doz denemelerinde BC1 popülasyonunun ALS inhibitörü herbisitlere farklı dayanıklılık düzeyi (2.14-51.53) gösterdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte bensulfuron-methyl, penoxsulam ve bispyribac-sodium ile malathion P450 inhibitörü’un karıştırılmasıyla 3 herbisit tekil uygulamasına kıyasla BC1 popülasyonunun kuru ağırlığının azaldığı saptanmıştır. Çalışma sonucunda BC1 popülasyonunun hedef bölge dışı ALS dayanıklılığı kazandığı tespit edilmiştir.

Weitang ve ark. (2018) yürüttükleri çalışmalarda *Myriophyllum aquaticum* yabancı otunun tribenuron-methyl (TM)'e dayanıklılık gösterdiğini belirlemişlerdir. Hedef ALS bölgesinde yaptıkları sekans çalışmalarında bu bitkilerde herhangi bir dayanıklılık mutasyonuna ve ALS aktivite analizleri sonrasında herhangi bir enzim duyarlılığını saptamadıkları çalışmada cytochrome P450 (CYP) monooxygenase inhibitörü olan malathion uygulayarak bitkiye dayanıklılık kazandırmışlardır. Daha sonra RNA sekans transkripton ve kuantitatif real-time (qRT)-PCR analizleri ile metabolik dayanıklılıkta rol oynayan genleri belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda seçtikleri 34 genin 10 tanesinin (4 CYP geni, 4 ATP bağlayıcı taşıyıcı (ABC) ve iki peroxidase geninin, dayanıklı bitkilerde öne çıktığını tespit etmişlerdir.

Nosratti ve Mohammadyari (2019)'nin, İran'da *Galium aparine* yabancı otunun sentetik auxinler grubunda olan herbisitlerden 2,4-D + MCPA ve ALS-inhibitörü herbisitler grubundan olan sulfosulfuron, tribenuron-methyl, mesosulfuron-methyl + iodosulfuron-methyl-sodium'a dayanıklılığını belirlemek için çalışma yapmışlardır. Çalışmada kullanılan *G. aparine* populasyonları farklı lokasyonlardaki buğday tarlalarından toplanmıştır. Çalışma sonucunda birkaç populasyonda 2,4-D + MCPA herbisit karışımına dayanıklılık saptanmıştır. Birkaç populasyonun ise ALS inhibitörü herbisitlere çapraz dayanıklılık göstermiş olduğunu tespit etmişlerdir. Bazı populasyonlar ise hem sentetik auxinler grubunda hem de ALS inhibitörü herbisitlere dayanıklılık gösterirken genel olarak ALS inhibitörü herbisitlere dayanıklılık düzeyinin sentetik auxinler grubundaki herbisitlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

2.5. Yabani Hardal Bitkisinde Herbisit Dayanıklılığı ile İlgili Dünya'da Yapılan Çalışmalar

Sinapis arvensis (yabani hardal)'e karşı dayanıklılık ilk kez 1983 yılında Kanada'nın Ontario şehrinde mısır yetiştirilen alanlarda Fitosistem II inhibitörü (C1) grubunda olan atrazine karşı tespit edilmiştir (Ali ve ark., 1986). ALS grubu herbisitlere karşı dayanıklılık ise ilk kez 1992 yılında Kanada (Monitoba)'da kışlık arpa, buğday ve kanolada tespit edilmiştir. Yine ALS grubuna dahil olan Tribenuron methyl etken maddesine *S. arvensis*'in kazanmış olduğu dayanıklılığın ilk kez 2002 yılında

Kanada'nın Saskatchewan şehrinde kanola ve hububat alanlarında tespit edildiği bildirilmiştir (Heap, 2020). Sentetik Auksin grubu herbisitlerin *Sinapis arvensis* dayanıklılığı ise 1990 yılında Kanada (Manitoba)'da kışlık arpa ve buğday yetiştiriciliği yapılan arazilerde MCPA ve 2,4-D'ye karşı tespit edilmiştir (Heap ve Morrison, 1992; Debreuil ve ark., 1996).

Yabani hardal'da ALS/AHAS inhibitörü trifensulfuron, chlorsulfuron, ethametsulfuron methyl, tribenuron methyl ve metsulfuron-methyl' herbisitlerine karşı dayanıklılık ilk defa 1992 yılında Kanada'da buğday, arpa ve kanola alanlarında saptanmıştır (Morrison ve Devine, 1994; Warwick ve ark., 2005).

Peniuk ve ark. (1993) 2,4-D, dicamba veya picloram gibi auxin grubu herbisitlerinin uygulandığı *Sinapis arvensis* biyotiplerinin reaksiyonunu inceledikleri çalışmada biyotiplerin yaprağa uygulanan herbisitlerin emilimi, taşınması veya metabolizması arasında bir fark gözlemlememişlerdir. Buna karşın biyotipler arasında etilen üretim düzeyi bakımından fark bulunmuştur. 4h ve 44h herbisit uygulamasında hassas biyotipler dayanıklılara kıyasla 2-6 kat daha fazla etilen üretmiştir. Çalışma sonucunda *Sinapis*'te dayanıklılık mekanizmasının herbisit emilimi, taşınması ya da metabolizması ile ilişkili olmadığı, etilen üretiminin hedef bölgeyi etkileyerek dayanıklılıkta rol oynayabileceği belirlenmiştir.

Jeffers ve ark. (1996) Kanada'da kanola yetiştirilen alanlarda ethametsulfuronun kullanılmaya başlamasından 2 yıl geçtikten sonra *S. arvensis*'in orta düzeyde dayanıklılık kazandığını saptamışlardır. Yapılan çalışmada ayrıca farklı herbisitlerde denenmiş olup metsulfuron'a karşı *S. arvensis*'in çok düşük dayanıklılık, chlorsulfuron, trifensulfuron, imazamethabenz, 2,4-D ve metribuzine karşı ise dayanıklılık mekanizmasının gelişmediğini tespit etmişlerdir.

Heap (2007)'e göre Avustralya'da yürütülen sera denemelerinde, buğday yetiştirilen alanlardan toplanmış olan yabani hardalın ALS inhibitörü chlorsulfuron'a karşı dayanıklılık kazandığı ilk defa tespit edilmiştir.

Rosario ve ark. (2011) İspanya'nın Malaga şehrinde toplanmış oldukları 16 farklı *Sinapis alba* tarla populasyonu (AR1- AR16) serada saksı denemesine alınmıştır. Bunlardan AR8 ve Ar1 in-vivo ve in-vitro çalışmalar için seçilirken, AR8 tarla denemesinde de kullanılmıştır. Çalışma sonrasında tribenuron-methyl herbisitinin AR1, AR2 ve AR3 populasyonlarında bitki yaş ağırlığını %90 azalttığı, AR4 biomasının %30.7 azaldığı; kalan diğer populasyonlarda ise biomasın %7-13.1 arasında azaldığı saptanmıştır. In vivo AR8 (1.76)'de bitki yaş ağırlığında azalma AR1 (0.18)'den daha yüksek bulunmuştur. In vitro ALS enzim aktivite denemelerinde dayanıklılık faktörü tribenuron-methylde 4128, mesosulfuronda 884 ve iodosulfuronda 839 olarak belirlenmiştir. In vivo'da AR8 biotipi ALS-inhibitörü 4 herbisite (sulfonyleurea, imidazolinone, triazolopyrimidine ve sulfonilaminocarboniltriasolinone) çapraz dayanıklılık göstermiştir. Tarla denemelerinde tribenuron-methyl uygulamasıyla minimum oranda AR8 (%28.7) popülasyonunun kontrolü yapılabilmektedir. Bununla birlikte tribenuron-methyl + MCPA (%92.3) ve tribenuron- methyl + mecoprop-P (%88.7) ise en iyi kontrol oranına ulaşılmıştır. Tüm denemeler sonrasında *S. alba*' da tribenuron-methyl dayanıklılığı doğrulanmıştır.

Szmigielski ve ark. (2015) Kanada'da *Sinapis arvensis* L. populasyonlarının ALS inhibitörü imazamox, imazethaphyr, thibenuron methyl ve thifensulfuron herbisitlerine karşı dayanıklılıklarını denedikleri laboratuvar çalışmasında bazı populasyonlarda imazethaphyr/imazamox, thibenuron methyl/thifensulfurna karşı %100 dayanıklılık gözlemlemiştir.

Haghigi (2019)'ye göre buğday alanlarında ALS inhibitörü herbisitlere dayanıklı *Sinapis arvensis* yüksek oranda zarar meydana getirmektedir. Bu herbisitlerden Tribenuron Methyl'e dayanıklı ve hassas *Sinapis arvensis* bitkilerinin buğday alanlarında, buğday ile girdiği rekabete ekolojik dayanımını belirlemek için bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Deneme sera koşullarında tesadüfi bloklar deneme desenine göre 4 tekkerrürlü olarak yürütülmüştür. Deneme deseninde saksılar; 1) Buğday + Dayanıklı *S. arvensis*, 2) Buğday+ hassas *S. arvensis*, 3) Dayanıklı+ hassas *S. arvensis* olarak ayarlanmış ve uygulama oranları 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, olarak 0:100 karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda hassas *S. arvensis* bitkisinin dayanıklı *S.*

arvensis'ten daha rekabetçi olduğu belirlenmiştir. Hassas *S. arvensis* + buğday uygulamasında relatif verim arasında önemli fark bulunmuştur. Bitkinin oluşturduğu tohum miktarı bakımından ise fark bulunmamıştır.

Heap (2020)'e göre A.B.D.'de soya ekiliş alanlarında yabancı hardalın ALS inhibitörü herbisitlerden imazethapyr, chloransulam-methyl ve trifluralin methyl'e karşı dayanıklılık kazandığı saptanmıştır.

Heap (2020) Kanada'da kanola ekim alanlarından alınan *S. arvensis*'in bazı popülasyonlarında hem sulfonylüre (ethametsulfuron-methyl, trifluralin-methyl ve tribenuron-methyl), hem de imidazolinone (IMI) grubundan olan imazethapyr'e karşı dayanıklılık geliştirmiş olduğunu belirlemişlerdir. Elde ettiği sonuç göstermiştir ki *S. arvensis*'in bazı popülasyonlarında ALS inhibitörü herbisitlere karşı çapraz dayanıklılık gelişebilmektedir.

2.6. Herbisit Dayanıklılığı ile İlgili Türkiye'de Yapılan Çalışmalar

Türkiye'de dayanıklılık ile ilgili şu ana kadar 18 vaka, 15 farklı herbisit-yabancı ot aksiyonu rapor edilmiştir (Çizelge 1.3.). Rapor edilen vakalardan 5 tanesi ALS inhibitörleri herbisitlere karşı kazanılmış dayanıklılık olup, bunlardan 6'sı ise ALS inhibitörlerinin de dahil olduğu çoklu dayanıklılık, 2 tanesi ise *Sinapis arvensis* dayanıklılığı olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 1.3. Türkiye’de herbisit dayanıklılığı tespit edilmiş olan yabancı otlar (Heap, 2020).

	Tür İsmi	Türkçe Adı	Yıl	Herbisitin Etki Mekanizması
1	<i>Avena sterilis</i>	Kısır Yabani Yulaf	1997	ACCCase inhibitörleri
2	<i>Alepecurus myosuroides</i>	Tilki Kuyruğu	2001	ACCCase inhibitörleri
3	<i>Sinapis arvensis</i>	Yabani Hardal	2001	ALS inhibitörleri
4	<i>Alepecurus myosuroides</i>	Tilki Kuyruğu	2008	ACCCase inhibitörleri ALS inhibitörleri
5	<i>Avena sterilis</i>	Kısır Yabani Yulaf	2008	ACCCase inhibitörleri ALS inhibitörleri
6	<i>Phalaris brachystachys</i>	Kısa Başaklı Kuş Yemi	2008	ACCCase inhibitörleri ALS inhibitörleri
7	<i>Sinapis arvensis</i>	Yabani Hardal	2008	ALS inhibitörleri Sentetik Oksinler
8	<i>Galium aparine</i>	Yapışkan ot	2008	ALS inhibitörleri
9	<i>Bifora radians</i>	Kokar ot	2008	ALS inhibitörleri
10	<i>Alisma plantago aquatica</i>	Kurbağa kaşığı	2009	ALS inhibitörleri
11	<i>Echinochloa oryzoides</i>	Yabani Darı	2009	ACCCase inhibitörleri
12	<i>Echinochloa crus-galli var. Crusgalli</i>	Darıcan	2009	ACCCase inhibitörleri ALS inhibitörleri
13	<i>Cyperus difformis</i>	Kız otu	2010	ALS inhibitörleri
14	<i>Avena fatua</i>	Yabani Yulaf	2011	ACCCase inhibitörleri
15	<i>Conyza sumatrensis</i>	Pire otu	2019	EPSP sentez inhibitörleri

Türkiye’de herbisit dayanıklılığına dair ilk çalışmalar 1990’lı yıllarda başlamıştır. Başlangıçta çeşitli derlemeler ile yapılan yabancı ot herbisit dayanıklılığı sorununa karşı yaklaşımlar ilk kez 1997 yılında Demirci ve Nemli tarafından in vitro test olarak başlamıştır. Araştırmacılar Manisa ili Alaşehir ilçesinde yetiştirilen pamuk alanlarından topladıkları yapışkan otu (*Setaria vertiillata*)’nun trifluraline karşı dayanıklılığını on farklı dozda petri uygulaması şeklinde yapmışlar, ancak bu çalışmadan herhangi bir sonuç alamamışlardır.

Uludağ ve ark. (2001) buğday alanlarında sorun olan kısır yabani yulaf (*Avena sterilis*)’a karşı yapmış oldukları çalışmada ACCase inhibitörü bazı herbisitlere karşı dayanıklılık durumunu araştırmışlardır. Araştırmacılar, yabani yulafın clodinafop-propargyl ve fenoxaprop-p-ethyl’ karşı dayanıklılık kazandığını tespit etmişlerdir.

Uludağ (2003) Doğu Akdeniz Bölgesi buğday alanlarında yapmış olduğu çalışmaya göre ise *Avena sterilis*’in fenoxaprop-p-ethyl karşı farklı dozlarda dayanıklılık kazandığı, ayrıca dayanıklı olan bu popülasyonlarda çapraz dayanıklılık ve çoklu dayanıklılık testlerini de gerçekleştirdiği belirtilmiştir. Araştırmacı, çalışmada çapraz dayanıklılık çalışmaları için CHD (tralkoxydim, clethodim, tepraloxym, cycloxylin ve sethoxydim) ve APP (diclofop, clodinafop ve fluazifop) grubu herbisitler kullanmıştır. Çoklu dayanıklılık testlemeleri için ise imazamethabenz, mesosulfuron+idosulfon, trifluralin ve flumetop etken maddeleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda APP ve CHD grubundan tralkoxydim’e karşı kısmi dayanıklılık olduğu, diğer etken maddelere karşı ise duyarlılığının olduğu tespit edilmiştir.

Yücel (2004) Çukurova Bölgesinde kısır yabani yulaftın mesosulfuron-methyl, clodinafop-propargyl, haloxyfop-methyl ve fenoxaprop-ethyl etken maddelerine karşı oluşturmuş olduğu dayanıklılık durumunu araştırmış olup, genellikle bu etken maddelere karşı farklı düzeylerde dayanım olduğunu tespit etmiştir. Yapılan çalışmada kullanılan sadece bir popülasyonda mesosulfuron-methyl ‘e karşı düşük seviyede dayanıklılık tespit edilmiştir.

Topuz (2007) Marmara bölgesi buğday alanlarında yabani hardal (*Sinapis arvensis*)’ın chlorsulfuron’a karşı dayanıklılık durumunu araştırmıştır. Bu amaçla denenen 16 popülasyondan beşinde chlorsulfuron’a karşı dayanıklı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca chlorsulfuron’a karşı dayanıklılığı bulunan 3 yabani hardal popülasyonunun çapraz dayanıklılığı kontrol etmek için aynı etki mekanizmasına sahip trifluralin methyl, imazamethabenz ve metsulfuron-methyl etken maddeli herbisitlere karşı da denenmiş olup, imazamethabenz ve metsulfuron-methyl karşı duyarlı trifluralin methyl’e karşı ise çapraz dayanıklılığının olduğu tespit edilmiştir.

Avcı (2009) Çukurova Bölgesi'nde kanlı çayır bitkisinde (*Phalaris brachystachys*) herbisitlere karşı dayanıklılık oluşmuş olabileceğini bioassay yöntemleri ile tespit etmiştir. Başka çalışmalarda *Avena sterilis* ve *Avena fatua*'da ACCase grubu herbisitlere karşı dayanıklılık belirlenmiştir.

Aksoy ve ark. (2010) tarafından Çukurova Bölgesinde gerçekleştirilen bir çalışmada, buğday ekim alanlarında dayanıklılık şüphesiyle 20 *Avena sterilis* popülasyonu, 10 *Alopecurus myosuroides* popülasyonu toplanmış ve serada yapılan çalışmada; kısır yabancı yulaf (*A. sterilis*) popülasyonlarının ACCase grubu herbisitlere ve geniş yapraklı yabancı otlardan yabancı hardal (*S. arvensis*) popülasyonlarının tüm ALS grubu herbisitlere karşı dayanıklılık kazandığı belirlenmiştir.

Türkseven (2011) Marmara bölgesi buğday alanlarında yabancı yulaf (*Avena fatua* L.) ve kısır yabancı yulaf (*Avena sterilis* L.)'in herbisitlere dayanıklılığının belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmada *A. sterilis* ve *A. fatua* tohumları toplanmış ve ACCase grubu herbisitlere karşı oluşturdukları dayanıklılığı bioassay yöntemleri kullanarak testlemiştir. Araştırmacı, Marmara Bölgesi buğday alanlarından toplanan 8 yabancı yulaf (*Avena fatua* L.) ve kısır yabancı yulaf (*Avena sterilis* L.)'in popülasyonunun 7'sinin clodinafop-propargyl'e dayanıklı olduğunu saptamıştır.

Kaya-Altop (2012) tarafından çeltik ekim alanlarında sorun olan kız otu (*Cyperus difformis* L.)'in ALS grubu herbisitlere dayanıklılık durumunu belirleyebilmek için bir çalışma yürütülmüştür. Yapılan bu çalışma ile Marmara ve Karadeniz Bölgesinden 646 popülasyon toplanmış olup bu popülasyonlar azimsulfuron, bensulfuron-methyl, bispyribac-sodium ve penoxulam'a karşı dayanıklılık testine tabi tutulmuştur. Yapılan Kullanılan herbisitlere karşı dayanıklılık oranının %70 olduğu ve çapraz dayanıklılığın ise %23 olduğu tespit edilmiştir. Moleküler olarak yapılan çalışmada ise ALS geninin 1380 bp'lik kısmını taranmış olup 197. Pro aminoasidinde nokta mutasyonu olduğunu tespit edilmiştir.

Budak (2012) tarafından çeltik arazilerinde ALS inhibitörü herbisitlere karşı sorun olan Kurbağa kaşığı (*Alisma plantago-aquatica* L.) bitkisinde dayanıklılık durumunu belirlemeye yönelik bir çalışma yürütülmüştür. Yapılan bu çalışma ile, 479 populasyon toplanmış olup bu popülasyonlar azimsulfuron, bensulfuron-methyl ve penoxulam'a karşı dayanıklılık testine tabi tutulmuş, 103 populasyonda ALS inhibitörü herbisitlere karşı dayanıklılık tespit edilmiştir.

Sariaslan (2013) tarafından Çorum ilinde buğday ekim alanlarında yabancı yulaf (*Avena fatua* L.)'nın bazı herbisitlere karşı dayanıklılık durumunu belirlemek amacıyla bir çalışma yürütülmüştür. Bu amaçla 32 tarladan örnek toplayarak mesosulfuron methyl + iodosulfuron methyl'e ve propoxycarbazone sodium+mesosulfuron methyl karşı dayanıklılık durumunu araştırılmış olup, bir popülasyonun propoxycarbazone sodium + mesosulfuron methyl'e, sekiz popülasyonun ise Mesosulfuron methyl+iodosulfuron methyl'e karşı dayanıklı olduğu bildirilmiştir.

Sizer (2013), Diyarbakır ili buğday ekim alanlarında sorun olan kısır yabancı yulafın (*Avena sterilis* L.) bazı herbisit gruplarına karşı oluşturduğu dayanıklılığın belirlenmesi için yaptığı çalışmada *A. sterilis*'in ACCase grubu herbisitlere karşı dayanıklılık kazandığı tespitini yapmıştır.

Ayata (2014) Adana ilinde Kısır yabancı yulaf (*Avena sterili*) ile yapmış olduğu çalışmada ACCase grubu herbisitlere karşı dayanıklılık durumu araştırılmıştır. Bu çalışma için 2011-2012 yıllarında Adana ili ve ilçelerinden 679 tarlada örnekleme yapmış olup, Cladinafop-propargyl etken maddesine karşı 2011 yılında testlenen 80 popülasyondan %49'nun dayanıklılık indeksi 2'den büyük bulunurken, 2012 yılında ise test edilmiş 62 popülasyondan %74'ünün dayanıklılık indeksinin ikiden büyük olduğu tespit edilmiştir.

Molaei ve Nemli (2015) Akdeniz, Marmara, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti ve İran'dan topladıkları 8 duyarlı ve 4 dayanıklı olmak üzere toplam 12 kısır yabancı yulaf (*Avena sterilis* L.) popülasyonunun çimlenme biyolojisi, fenolojisi ve genetik yapısını karşılaştırmışlardır. Sıcaklık parametreleri bakımından dayanıklı ve duyarlı kısır yabancı yulafaların çimlenme yüzdesinde önemli farklar bulunmuştur. Dayanıklı popülasyonların

duyarlılara göre daha yüksek oranda çimlendikleri belirlenmiştir. Popülasyonlar arasında bitki fenolojisi açısından da istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit edilmiştir. İran ve Marmara lokasyonuna ait duyarlı popülasyonlar kendi dayanıklılarına göre daha erken çiçeklenmiş ve tohum bağlamışken, toprak üstü organlarının kuru ağırlığının da daha yüksek olduğu bulunmuştur. On iki popülasyonun RAPD-PCR yöntemi ile akrabalık ilişkileri ayrıca saptanmaya çalışılmış ve dendogram oluşturulmuştur. Polimorfik primerlerden elde edilen toplam 21 PCR ürününden 17'si (%80.9) polimorfik bulunmuştur. Moleküler parametre verilerine göre oluşan sınıflandırmada iki ana grup ve 4 alt grup meydana gelmiştir. Kısır yabani yulafın dayanıklı ve duyarlı biyotipleri arasındaki genetik varyasyonların, bir popülasyon içindeki bireyler arasındaki varyasyondan daha yüksek olduğu görülmüştür.

Doğar (2016) tarafından yapılan bir çalışmada Tokat ili buğday ekim alanlarında sorun oluşturan 6 ilçeye ait 22 farklı *Avena sterilis* (kısır yabani yulaf), 2 adet ise *A. fatua* popülasyonunun ACCase inhibitörü herbisitlere (fenoxaprop-p-ethyl ve diclofop methyl) karşı dayanıklılık durumu araştırılmıştır. Araştırmacı, toplamış olduğu *A. sterilis* popülasyonun 2'si hassas, 2'sinin ise dayanıklı olduğunu, *A. fatua*'nın ise 2 popülasyonunda dayanıklı olduğunu tespit etmiştir.

Erken (2016) tarafından Orta Karadeniz Bölgesi buğday ekim alanlarında *Lolium* spp.'nin ALS ve ACCase inhibitörü herbisitlere karşı dayanıklılığının moleküler olarak tespiti çalışmasında, ALS gen bölgesinde mutasyon saptanmış ve ayrıca çapraz dayanıklılığa sahip olduğu da bulunmuştur.

Gürbüz (2016) tarafından yürütülen çalışma da Adana ilinde buğday yetiştirilen alanlarda yabani hardal ve kısır yabani yulafın ALS inhibitörü herbisitlere karşı dayanıklılık belirlenip haritalanmaya çalışmıştır. 2011 yılında 103, 2012 yılında ise 102 tarladan kısır yabani yulaf tohumları, yabani hardal ise 2011'de 43, 2012 yılında ise 24 tarladan örnek alınarak toplanmıştır. Çalışma sonucunda her iki yıl için 90 adet kısır

yabani yulaf ve 22 adet yabani hardal örneği Pyroxsulam + cloquintocet-sodium'a karşı dayanıklı olduğunu tespit etmiştir. Mesosulfuron-methyl + iodosulfuron-methyl-sodium'a karşı ise kısır yabani yulafın 37, yabani hardalın ise 26 popülasyonunda dayanıklı olduğu belirlenmiştir.

Haghnama (2016) Türkiye ve İran'da Darıcan (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv)'a karşı herbisit dayanıklılık durumunu araştırmaya yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu amaçla Türkiye ve İran'dan 184 popülasyon toplamış olup, bu popülasyonları bispyribac-sodium, cyhalofop-butyl, butachlor, penoxsulam, propanil ve oxadiazon aktif maddelerine karşı dayanıklılık testine tabi tutmuştur. Yapılan bu çalışma ile birçok popülasyonda dayanıklılık ve çapraz dayanıklılığın gelişmiş olduğu tespit edilmiştir.

Torun (2017) tarafından Osmaniye ilinde ekim nöbeti uygulamalarının *Avena sterilis* (Kısır yabani yulaf)'ın herbisit direncine etkisini araştırmaya yönelik bir çalışma yürütülmüştür. Bu çalışma için 2013 yılında 103 tarladan kısır yabani yulaf örneği toplanmış ve ACCase etki mekanizmalı clodinafop-propargagly ve ALS etki mekanizmalı mesosulfuron-methyl + Iodosulfuron-methyl sodium ile pyroxsulam'a karşı geliştirmiş olduğu direnci araştırılmıştır. Araştırmacı, 48 farklı ekim nöbeti denemiş olup, kısır yabani yulafa karşı 103 tarlanın 51'inde çapraz, 5'inde ise çoklu direncin oluştuğunu tespit etmiştir.

Kaya-Altop ve ark. (2017) İç Anadolu ve Orta Karadeniz'de buğday alanlarından topladıkları *Bifora radians* yabancı ot tohumlarının ALS (Acetolactatae synthase) inhibitörü herbisitlerle dayanıklılıklarını belirleyebilmek için yapmış oldukları çalışmada *Bifora radians*'ın 22 popülasyonunun ALS inhibitörü herbisitlere karşı dayanıklı olduğunu saptamışlardır. Dayanıklı biotiplerde moleküler çalışmalar ve sekans sonucunda ise mutasyon bulunamamıştır.

Boylu (2017) tilki kuyruğu (*Alopecurus myosuroides* Huds.) bitkisinin ALS grubu herbisitlere karşı dayanıklılık durumunu araştırmak için Amasya, Ankara, Çorum, Samsun ve Tokat illerindeki buğday alanlarından 52 populasyon üzerinde çalışma yürütmüştür. Yapmış olduğu çalışma ile mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium aktif maddesine karşı dayanıklılık oranını %21.15 olarak tespit etmiştir.

İnci (2019) Çanakkale ili şeftali bahçeleri ve boş alanlarda sorun olan uzun pireotunun (*Erigeron sumatrensis* Retz.) bazı herbisitlere karşı dayanıklılık durumunu belirlemeyi amaçlamıştır. Yapılan bu çalışma ile glyphosate etken maddeli herbisit 0, ¼, ½, 1, 2, 4 ve 8 kat dozları ile isopropyl-amin ve potasyum tuzları kullanılmış, uygulamadan 21 gün sonra bitkiler değerlendirmeye alınmıştır. Yapılan bu çalışma ile iki etken madde arasında herhangi bir fark elde edilemez iken, geç uygulama yapılması halinde bitkilerde 4.7 kata kadar dayanıklılık olduğunu tespit etmiştir. Yapılan bu çalışmada ayrıca chlorsulfuron ve metribuzine karşı bu popülasyonlar teste tabi tutulmuş olup chlorsulfuronda 12.7 kata kadar dayanıklılık tespiti yapmış olmalarına karşılık, metribuzin etken maddesine karşı herhangi bir dayanıklılık tespit edememiştir.

Mengüç (2019) Güney Marmara Bölgesi meyve bahçeleri ve bağ alanlarında sorun olan *Conyza* türlerinin glyphosate dayanıklılığının belirlenmesine yönelik olarak çalışma yürütmüştür. Çalışmada 2017 yılında Balıkesir, Bilecik, Bursa, Çanakkale ve Yalova illerinden 121 adet *Conyza* popülasyonu toplanmış ve bunlardan 10 tanesinin dayanıklılık şüphesi taşıdığı tespit edilmiştir. Doz-etki çalışması sonucunda 9 popülasyonda glyphosate'e karşı dayanıklı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışma sırasında toplanan *Conyza* türlerinin moleküler marker yöntemi ile tür teşhisi yapılmış olup, dayanıklı olan 9 türün 4 tanesinin *C. canadensis* ve *C. sumatrensis* olduğu, 1 tanesinin ise *C. bonariensis* olduğunu saptamıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmanın ana materyalini 2018 yılı Nisan-Temmuz ayları arasında Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Bölgesini içine alan Amasya, Çorum, Tokat ve Yozgat illerinde buğday yetiştirilen arazilerden toplanan yabancı hardal (*Sinapis arvensis* L.) tohumları ile herbisit uygulaması yapılmamış bir araziden kontrol olarak toplanılan yabancı hardal tohumları oluşturmuştur. Yabancı hardal tohumlarının ALS grubu herbisitlere karşı dayanıklılığının olup oluşmadığının kontrolü için tribenuron methyl etken maddeli bir herbisit kullanılmıştır. Çapraz dayanıklılık testlemesi için ise 2,4-D amin etken maddeli herbisit uygulanmıştır.

Yabancı hardal tohumlarında dormansi söz konusu olduğu için çalışmada öncelikle Giberilic asit (GA₃) ve Potasyum Nitrat (KNO₃) karışımı kullanılmak suretiyle 6 cm çapındaki petrilere inkubator içerisinde bekletilen tohumların dormansisi kırılmıştır.

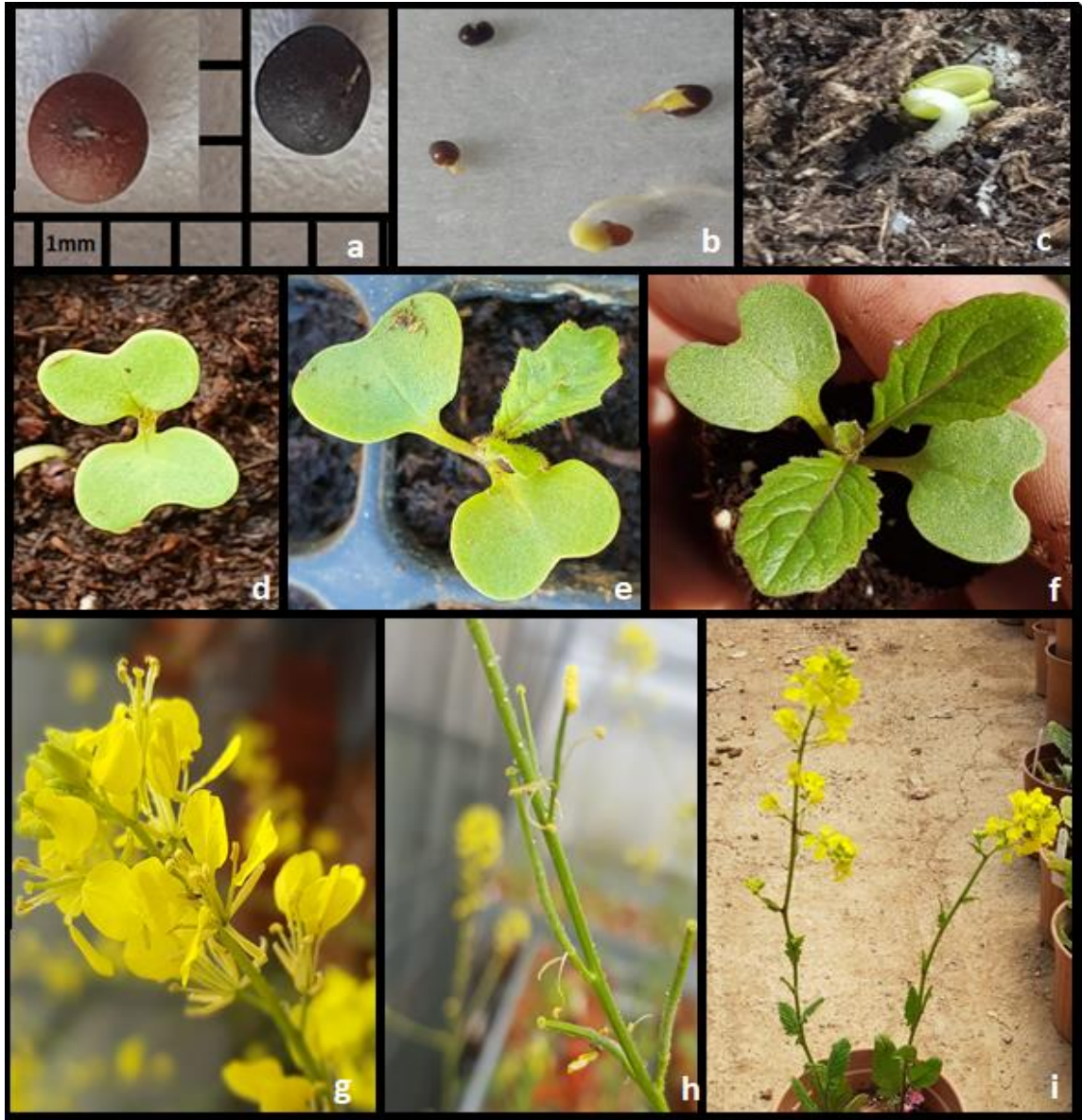
Deneme’de ilaçlama 3 atm sabit basınç ile çalışan yelpaze uçlu memeye sahip sırt pulverizatörü (MATHABİ) ile yapılmıştır. Sera denemelerinde bioassay çalışmaları için 9 cm çaplı delikli plastik viyoller, doz etki çalışmaları için 5 numaralı plastik saksılar kullanılmıştır.

Çalışmanın doz-etki aşamasında ise materyali, bitki kuru ağırlıklarının ölçülmesi için kese kağıtları, etüv ve hassas terazi oluşturmuştur.

Moleküler çalışmalarda 1.5 ve 2 ml hacme sahip ependorf tüp, PCR tüpü, farklı hacim özelliklerindeki mikro pipetörler, su banyosu, termal cycler, jel elektroforez cihazı, agoroz, UV görüntüleme cihazı kullanılmıştır.

3.1.1. Yabani hardal (*Sinapis arvensis* L.)

Yabani hardal (*Sinapis arvensis* L.) Brassicaceae familyasına ait geniş yapraklı bir yabancı ottur. Tek yıllık kışlık bir bitkidir. Genetik olarak $2n=18$ kromozomludur (Baillargeon, 1986; Warwick ve Anderson, 1993; Warwick ve ark., 2000). Ortalama boyu 30-60 cm arasındadır. Gövdesi genellikle tüylerle kaplı olup nadiren de çıplak yapılıdır. Sap kısmı çok miktarda dallanmıştır. Alt yaprakları parçalı olup, bitkinin yukarısına çıktıkça parçasız ve sapsızdır. Sarı renkte olan çiçekleri salkım şekildedir. Çanak yapraklarının dizilimi haç şeklinde olup yaprakları ise düzdür. Çiçekleri arılar için bol miktarda bal özü bulundurmaktadır. Boğumlu bir meyve yapısı vardır. Bitki tohumla üremektedir. Tohumları kahverenginden siyaha değişen renkte hemen hemen yuvarlak ve parlaktır. Tohum 1-1.5 mm boyundadır. Yaklaşık olarak bir bitkiden 1200 adet tohum elde edilebilir (Şekil 3.1). Tohumların içeriği yaklaşık %23-30 yağ, %22 oranında proteindir. Tohumların ortalama çimlenme sıcaklığı 7-25 °C'dir (Uygur ve ark., 1986; Özer ve ark., 1999). Don olan durumlarda bitki ölmektedir ve ışık şiddeti yüksek olan yerleri sevmektedir (Warwick ve ark., 2000). Yabani hardal tohumlarının içeriğinde farklı yağ asitleri bulunmakla birlikte bu yağ asitleri ve oranları sırasıyla; %30-40 erusik asit, %20-28 oleik asit, %10-12 linoleik asit, %9-9.5 linolenik asit olarak belirlenmiştir (Geçgel ve ark., 2016).

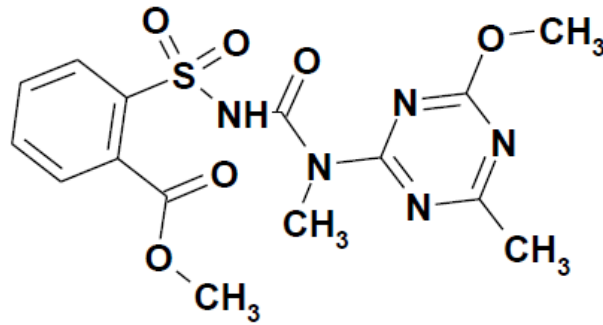


Şekil 3.1. Yabani hardalın farklı biyolojik dönemleri. (a. Tohum büyüklüğü, b. Çimlenen tohumlar, c. Toprakta ilk kez bitki çıkışı, d. Kotiledon yaprakları, e. İlk gerçek yaprakların görülmesi, f. İlk gerçek yapraklar ve bitkinin fide boyutuna gelmiş hali, g. Çiçekleri, h. Bitkide bakla oluşumu, i. Bitkinin çiçek açmış genel görüntüsü) (Foto: Bahadır Şin)

3.1.2. Tribenuron-methyl

Direnç çalışması için kullanılan ALS etki mekanizmasına sahip olan herbisittir. Bu herbisit hakkındaki bazı önemli bilgiler ise şu şekilde sıralanabilir. Kimyasal formülü $C_{15}H_{17}N_5O_6S$ 'dür (Şekil 3.2.). Ortalama kütlesi 395-390 Dalton'dur. Sulfonilurea (SU) grubu bir herbisit olup kimyasal ismi [PIN (Preferred Identification Name)] Methyl 2-

{[(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl) methylcarbamoyl] amino] sulfamoyl} benzoate olarak geçmektedir. HRAC (Herbicide Resistance Action Committee) herbisit grubu sistemine göre ALS grubu herbisitlerin içinde bulunduğu B grubunda, WSSA (Weed Science Society of America) gruplamasına göre ise ALS grubu herbisitleri içeren 2 nolu grupta yer almaktadır. Sistemik etkili bir herbisit olup buğday arazilerinde sorun olan dikotiledon grubu yabancı otlara karşı etkilidir. Ayrıca toleranslı ayçiçeği arazilerinde de bazı dikotiledon yabancı otlara karşı uygulanabilmektedir. Yabancı otlara karşı çıkış sonrası (post emergence) olarak uygulanmaktadır. Topraktaki kalıcılık süresi az olmakla birlikte yabancı otlar tarafından yeşil aksam ve kökleri tarafından alınmaktadır. Uygulamadan sonraki 2 saatlik süre boyunca yağmur yağması istenmez. Uygulama sonrasında hassasiyet gösteren yabancı otlar hızlı bir şekilde etki ederken normal etki süresi 1-3 hafta olarak bilinmektedir. Uygulama dozu olarak buğday için 20-40 lt su içerisine 1 gr/da kullanılır iken, Gökbaş (*Centaurea depressa*) için 1.5 gr/da doz tavsiye edilmektedir (Anonim, 2019b; Anonim 2020, b; c; d). Tribenuron methyl'in etki ettiği yabancı otlar ise Çizelge 3.1'deki gibidir.



Şekil 3.2. Tribenuron-metilin yapısal formülü (Anonim, 2020c)

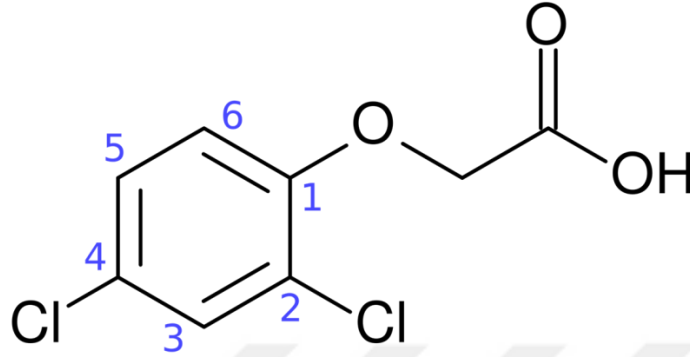
Çizelge 3.1. Tribenuron-methyl etken maddesinin ruhsatlı olduğu yabancı otların isimleri (Uluğ ve ark., 1993; Anonim, 2019b).

Kontrol Ettiği Yabancı Otların Türkçe İsimleri	Kontrol Ettiği Yabancı Otların Bilimsel İsimleri
Adi soda otu	<i>Salsola kali</i> L.
Arap baklası	<i>Vaccaria pyramidata</i> Medik.
Ballıbaba	<i>Lamium</i> sp.
Boynuzlu yoğurt otu	<i>Galium tricornutum</i> Dandy.
Boz ot	<i>Heliotropium europaeum</i> L.
Gelincik	<i>Papaver rhoeas</i> L.
Gönül hardalı	<i>Myragrum perfoliatum</i> L.
Kırmızı köklü tilki kuyruğu	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.
Kokarot	<i>Bifora radians</i> Bieb.
Köygöçüren	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.
Sarı ot	<i>Boreava orientalis</i> Jaub. and Spach
Sirken	<i>Chenopodium album</i> L.
Şeytan elması	<i>Datura stramonium</i> L.
Tarla düğün çiçeği	<i>Ranunculus arvensis</i> L.
Tarla yapışkan otu	<i>Asperula arvensis</i> L.
Taşkesen otu	<i>Buglossoides arvensis</i> (L.) Johnston.
Toplu iğne hardalı	<i>Neslia paniculata</i> (L.) Desv.
Yabani fiğ	<i>Vicia sativa</i> L.
Yabani hardal	<i>Sinapis arvensis</i> L.
Yabani turp	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.
Yapışkan nakıl	<i>Silene conoidea</i> L.
Yatık gökbaş	<i>Centaurea depressa</i> Bieb.
Yumrulu jeranyum	<i>Geranium tuberosum</i> L.

3.1.3. 2,4-D amin

Çapraz dayanıklılık testi için kullanılan etken maddelerden biri de 2,4-D Amin olup kimyasal formülü $C_8H_6Cl_2O_3$ (Şekil 3.3.) şeklindedir. Ortalama kütlesi 221 037 Dalton'dur. Phenoxy grubu üyelerinden birisi olup tam ismi (2,4-dichlorophenoxy) acetic acid olarak geçmektedir. HRAC herbisit grubu sistemine göre Sentetik Auksinlerin yer aldığı O grubu olarak, WSSA gruplamasına göre ise Sentetik Auksinlerin bulunduğu 4 nolu grupta yer almaktadır. Hormon bazlı ve sistemik etkili olup hububat ve mısır arazilerinde sorun olan dikotiledon grubu yabancı otlara karşı etkilidir. Yabancı otlara karşı çıkış sonrası (post emergence) olarak uygulanmaktadır. Etki mekanizması büyüme engelleyici olarak görev yapmaktadır. Uygulama dozu olarak 10-20 litre su içerisinde hububatın kardeşlenme dönemi başlangıcında 160 ml/da,

kardeşlenme dönemi sonunda 200 ml/da ve Karadeniz Bölgesi'nde geç dönemde 300 ml/da dozlarında, mısır 2-4 yapraklı dönemde iken çıkış sonrası olarak kullanılması tavsiye edilmektedir (Anonim, 2019c; Anonim, 2020 e-f).



Şekil 3.3. 2,4 D amin'nin kimyasal yapısı (Anonim, 2020e)

2,4 D amin'nin ruhsatlı olduğu yabancı otlar Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. 2,4-D amin etken maddesinin ruhsatlı olduğu yabancı otların isimleri (Uluğ ve ark., 1993; Anonim, 2019c,).

Kontrol Ettiği Yabancı Otların Türkçe İsimleri	Kontrol Ettiği Yabancı Otların Bilimsel İsimleri
Adi şahtere	<i>Fumaria vaillantii</i> Loisel.
Akhindiba	<i>Chondrilla juncea</i> L.
Anadolu şahteresi	<i>Fumaria kralikii</i> Jord.
Arap baklası	<i>Vaccaria pyramidata</i> Medik
Avrupa dönbabası	<i>Erodium hoefftianum</i> C. A. Mey
Ballı baba	<i>Lamium</i> spp.
Boynuz otu	<i>Cerastium</i> sp.
Bozot	<i>Heliotropium europaeum</i> L.
Bülbül otu	<i>Sisymbrium officinale</i> (L.) Scop.
Çoban çantası	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.
Çoban değneği	<i>Polygonum aviculare</i> L.
Dikenli yabani marul	<i>Lactuca scariola</i> L.
Eşek marulu	<i>Sonchus arvensis</i> L.
Gelincik	<i>Papaver rhoeas</i> L.
Güneş diken	<i>Centaurea solstitialis</i> L.
Hakiki şahtere	<i>Fumaria officinalis</i> L.
Hazeran	<i>Consolida anthoroidea</i> (Boiss) Schröd.
İmam kavuğu	<i>Senecio vulgaris</i> L.
İri yapraklı yemlik	<i>Tragopogon latifolius</i> Boiss.

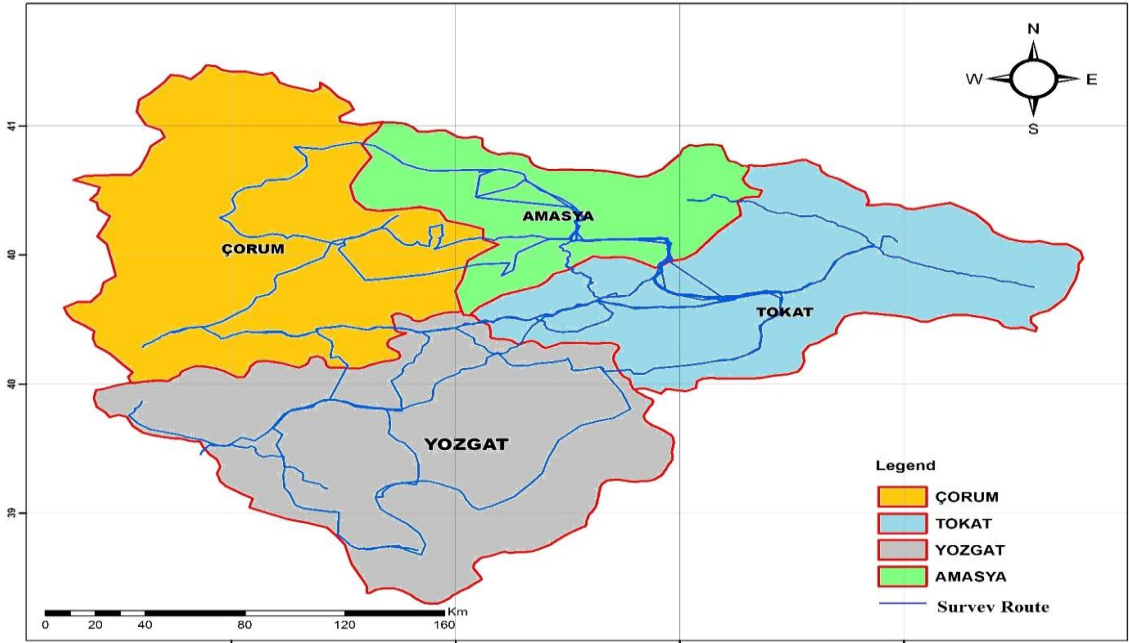
Çizelge 3.2. (devamı) 2,4-D amin Etken Maddesinin Ruhsatlı Olduğu Yabancı Otlar
(Uluğ ve ark., 1993; Anonim, 2019c).

Kadın çiçeği	<i>Campanula sp.</i>
Kan damlası	<i>Adonis flammea</i> Jacq.
Karamuk	<i>Agrostemma githago</i> L.
Kırmızı köklü tilki kuyruğu	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.
Kokulu sarı taş yoncası	<i>Melilotus officinalis</i> L.
Kuş otu	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.
Küçük pıtrak	<i>Caucalis platycarpos</i> L.
Küçük yapraklı sığır dili	<i>Anchusa leptophylla</i> Roemer and Schultes.
Muhabbet çiçeği	<i>Reseda lutea</i> L.
Pelemir	<i>Cephalaria syriaca</i> (L.) Schrad.
Pıtrak	<i>Turgenia latifolia</i> (L.) Hoffm.
Sarı mum çiçeği	<i>Cerinth minor</i> L.
Sirken	<i>Chenopodium album</i> L.
Sütleğen	<i>Euphorbia microsphaera</i> Boiss.
Tarla at kuyruğu	<i>Equisetum arvense</i> L.
Tarla düğün çiçeği	<i>Ranunculus arvensis</i> L.
Tarla köpek papatyası	<i>Anthemis arvensis</i> L.
Taş kesen otu	<i>Buglossoides arvensis</i> (L.) Johnst.

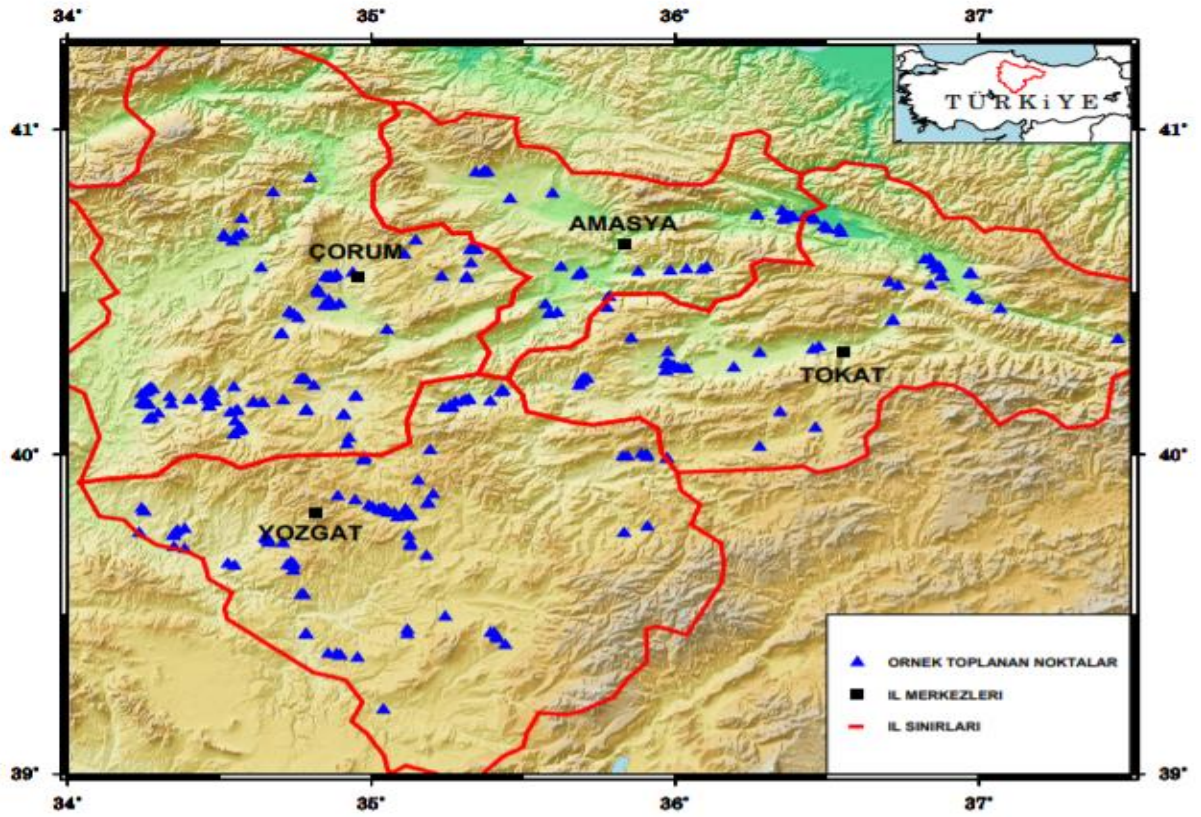
3.2. Metod

3.2.1. *Sinapis arvensis* tohum örneklerinin toplanması

Çalışmada kullanılan yabani hardal tohumları, 2018 yılı vejetasyon dönemi olan Nisan-Temmuz ayları arasında toplanmıştır. Arazi sürveyleri sırasında gidilen bölge ve lokasyonlar rakım, ekolojik faktörler ve ortalama sıcaklık göz önüne alınmak suretiyle planlanmış ve sürvey rotası bu şekilde oluşturulmuştur. Örnek almak için gezilen güzergâh Şekil 3.4'te verilmiş, güzergâh üzerinde örnek alınan noktaların GPS kayıtları alınarak, harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 3.5.). Ayrıca alınan örneklerin sayıları ve üretim miktarındaki payları da Çizelge 3.3'de verilmiştir. Örneklerin dağılımları ekim alanları ve ekolojik özellikler dikkate alınarak yapılmıştır. Hiç örnek alınmayan ilçeler çizelgelerde verilmemiştir.



Şekil 3.4. Sürvey sırasında gidilen yerler



Şekil 3.5. Örnek alınan noktalar

Çizelge 3.3. Amasya, Çorum, Yozgat ve Tokat illerinde buğday ekim alanlarının dağılımı (TÜİK, 2018) ve alınan örnek sayıları.

İl Adı	Ekilen Alan (Da)	Hasad (Ton)	Örnek Sayısı
Amasya	1.051.877	302.130	36
Çorum	2.077.483	515.031	109
Tokat	1.183.034	265.461	62
Yozgat	3.094.615	670.513	103
Toplam	7.407.009	1.753.135	310

İllerin özelliklerine ait bilgiler ile örnek alınan ilçeler ve örnek sayıları aşağıda verilmiştir. İllerin sahip olduğu ekolojik koşullar ve yükseklik farklılıkları nedeni ile (örnek alınan yerler en az 203 m, en çok 1304 m rakıma sahip olan yerlerdir) buğday hasat dönemlerinde farklılıkların olması ve yabancı hardal bitkisinin gelişimi açısından survey güzergâh belirlemeleri yapılmıştır.

Amasya; Orta Karadeniz Bölgesi'nin iç kısmında yer almaktadır. Coğrafi konum olarak 40.655964 boylam, 35.836936 enlem koordinatlarında bulunmaktadır. İlin iklimsel yapısı Karadeniz kadar yağışlı olmayıp, karasal iklim kadar sert olmayan Karadeniz ardı iklimidir (Anonim, 2019d). İlin iklimi Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Csa iklim tipidir (Bölük, 2016). İldeki ortalama sıcaklık ise 13.8 °C olup, yıllık ortalama yağış miktarı 460.8 mm'dir (Anonim, 2019e). Buğday üretimi yapılan ilçeler ve köyler gezilmek suretiyle il genelini temsil edecek şekilde araziler kontrol edilmiş, toplamda 36 örnek toplanmıştır. Örneklerin toplandığı yükseklikler ise en düşük 231 m, en yüksek 796 m'dir Amasya ilinde toplanan örnek sayıları ve buğday üretim miktarı Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Amasya ili toplanan örnek miktarı (TUİK, 2018)

İlçe Adı	Buğday Ekilen Alan (da)	Buğday Üretimi (Ton)	Toplanan Örnek Sayısı
MERKEZ	318.715	88.645	16
MERZİFON	190.707	49.543	5
SULUOVA	117.761	37.255	1
TAŞOVA	216.404	64.678	14
TOPLAM	1 051 877	302 130	36

Çorum; Orta Karadeniz Bölgesinin iç kısmında, 34 derece 04 dk. 28 sn doğu boylamları ile, 39 derece 54 dk. 20 sn. kuzey enlemleri arasında yer almakta olup, ortalama 801 m rakıma sahip bir ilimizdir (Anonim, 2019f). İlin iklimi Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Cfb iklim tipidir (Bölük, 2016). İldeki ortalama sıcaklık ise 10.8 °C olup, yıllık ortalama yağış miktarı 427.1 mm'dir (Anonim, 2019e). Çorum ilinden toplamda 109 adet örnek toplanmış olup bu örneklerin alındığı en düşük rakım 585 m iken, en yüksek ise 1073 m'dir. Çorum iline bağlı ilçelerde buğday yetiştirilen alanlardan toplanan örnek miktarı ise Çizelge 3.5'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Çorum İli toplanan örnek miktarı (TUİK, 2018)

İlçe Adı	Buğday Ekilen Alan (da)	Buğday Üretimi (Ton)	Toplanan Örnek Sayısı
ALACA	384.257	104.881	17
BOĞAZKALE	48.506	9.669	9
DODURGA	23.995	5.626	1
MECİTÖZÜ	125.099	28.882	8
MERKEZ	399.891	94.297	27
OĞUZLAR	24.439	5.642	1
SUNGURLU	472.377	129.187	40
İSKİLİP	182.005	38.310	6
TOPLAM	2.077.483	515.031	109

Tokat; Karadeniz Bölgesinin orta iç doğusunda yer almaktadır (Anonim, 2019g). İlin iklimi Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Cfb iklim tipidir (Bölük, 2016). İldeki ortalama sıcaklık ise 12.6 °C olup, yıllık ortalama yağış miktarı 430.6 mm'dir (Anonim, 2019e). Tokat ilinden 62 adet örnek toplanmış olup bu örneklerin alındığı en düşük rakım 203 m, en yüksek ise 1 229 m'dir. Tokat iline bağlı ilçelerde buğday yetiştirilen alanlardan toplanan örnek miktarı ise Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Tokat İli toplanan örnek miktarı (TUİK, 2018)

İlçe Adı	Buğday Ekilen Alan (da)	Buğday Üretimi (Ton)	Toplanan Örnek Sayısı
ARTOVA	41.625	6.109	1
ERBAA	145.458	37.839	10
MERKEZ	67.373	17.792	7
NİKSAR	165.451	33.872	16
PAZAR	19.069	6.052	1
REŞADİYE	63.554	3.339	1
SULUSARAY	41.673	8.739	2
TURHAL	214.548	61.353	1
YEŞİLYURT	15.461	2.798	1
ZİLE	362.682	81.818	22
TOPLAM	1 183 034	265 461	62

Yozgat; İç Anadolu Bölgesi'nde yer alırken ile bağlı Çekerek, Aydıncık ve Kadişehri ilçeleri Karadeniz Bölgesi'nde kalmaktadır. İl merkezinin rakımı 1 317 m'dir. (Anonim, 2019h). İlin iklimi Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Csb iklim tipidir (Bölük, 2016). İldeki ortalama sıcaklık ise 9.1 °C olup, yıllık ortalama yağış miktarı

562.5 mm'dir (Anonim, 2019e). Yozgat ilinden 103 adet örnek toplanmış olup bu örneklerin alındığı en düşük rakım 704 m, en yüksek ise 1 304 m'dir. Yozgat iline bağlı ilçelerde buğday yetiştirilen alanlardan toplanan örnek miktarı ise Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Yozgat İli toplanan örnek miktarı (TUIK, 2018)

İlçe Adı	Buğday Ekilen Alan (da)	Buğday Üretimi (Ton)	Toplanan Örnek Sayısı
AKDAĞMADENİ	204.436	41.412	2
AYDINCIK	35.990	7.877	9
BOĞAZLIYAN	380.329	68.690	2
KADIŞEHİRİ	94.428	20.939	5
MERKEZ	402.026	94.724	20
SARIKAYA	379.409	82.486	6
SORGUN	402.829	82.511	27
YENİFAKILI	134.356	34.600	3
YERKÖY	378.301	85.945	14
ÇEKEREK	101.799	20.700	5
ŞEFAATLİ	336.268	68.770	10
TOPLAM	3.094.615	670.513	103

Sürvey sırasında buğday ekim alanları gezilmek sureti ile arazi içerisinde bulunan yabani hardal bitkileri toplanmıştır (Şekil 3.6.) Örneklerin toplanmasında tohumların olgunlaşma durumuna dikkat edilmiştir. Kapsüllerdeki tohumlar koyu siyah görünümünde ise olgunlaşmış kabul edilmiştir. Çok dallanmış olan bitkiler kesilerek, normal gelişme gösterenler ise kökünden sökülerek toplama işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.7).

Arazi kontrolleri sırasında bazı buğday alanlarında yabani hardal bitkisine rastlanamamıştır. Sürvey sırasında yabani hardal görülen bazı arazilerde ise buğdayın hasat olgunluğuna gelmiş olmasına rağmen, yabani hardalların henüz erken evrede oldukları, bu yüzden dolayı da olgun tohuma sahip olamadıkları için örnek alınamamıştır (Şekil 3.8.)



Şekil 3.6. Buğday arazisindeki yabani hardal bitkisi



Şekil 3.7. Buğday arazisinden yabani hardal bitkisinin toplanması (a-b. Buğday arazisinde yabani hardal kontrolü. c-d. Bulunan bitki örneklerinin toplanması).



Şekil 3.8. Buğday arazisinde olgunlaşmamış yabani hardal bitkisi.

Toplanan yabani hardal bitkileri yol kenarına serili olan branda-gazete kâğıdı üzerine getirilmiş ve burada elek yardımıyla içerisinde bulunan tohumları çıkartılarak tohum-çöp ayrımı yapılmıştır (Şekil 3.9). Aynı araziden toplanan bitkilerin tohumları birbiriyle karıştırılmıştır. CPS kayıtları da eklenmiş ayrımı yapılan tohumlar etiketlendikten sonra kese kağıtları içerisine konularak muhafazası sağlanmıştır (Çizelge 3.8).



Şekil 3.9. Toplanan yabani hardal tohumlarının elekten geçirilerek çıkartılması

Çizelge 3.8. Yabani hardal örneklerinin toplandığı arazilerin koordinatları

	KODU	İL	Koordinat (X)	Koordinat (Y)	Yükseklik (m)	İlçe	Köy
1	A-001	AMASYA	40.7315	36.38855	235	Taşova	Gemibükü
2	A-002	AMASYA	40.73196	36.38143	239	Taşova	Gemibükü
3	A-003	AMASYA	40.73278	36.37113	240	Taşova	Gemibükü
4	A-004	AMASYA	40.74961	36.35102	231	Taşova	Çılıkıdır
5	A-005	AMASYA	40.73746	36.26883	252	Taşova	Dutluk
6	A-006	AMASYA	40.73764	36.27045	252	Taşova	Dutluk
7	A-007	AMASYA	40.72272	36.35675	343	Taşova	Hacıbeyköy
8	A-008	AMASYA	40.72811	36.36056	302	Taşova	Yolaçan
9	A-009	AMASYA	40.73424	36.36204	255	Taşova	Yolaçan

Çizelge 3.8. (devamı) Yabani hardal örneklerinin toplandığı arazilerin koordinatları

10	A-010	AMASYA	40.73407	36.36552	280	Taşova	Yolaçan
11	A-011	AMASYA	40.73199	36.37543	293	Taşova	Gemibükü
12	A-012	AMASYA	40.73145	36.38049	238	Taşova	Gemibükü
13	A-013	AMASYA	40.73113	36.385	237	Taşova	Gemibükü
14	A-014	AMASYA	40.73105	36.38627	237	Taşova	Gemibükü
15	A-015	AMASYA	40.57699	36.10308	694	Merkez	Karaali
16	A-016	AMASYA	40.57026	36.08767	647	Merkez	Yolyanı
17	A-017	AMASYA	40.57151	36.03668	639	Merkez	Eskikızılca
18	A-018	AMASYA	40.56722	35.98292	592	Merkez	Uygur
19	A-019	AMASYA	40.5631	35.87792	482	Merkez	Mahmatlar
20	A-020	AMASYA	40.55663	35.68901	420	Merkez	Gözlek
21	A-021	AMASYA	40.56152	35.6905	416	Merkez	Yıldızköy
22	A-022	AMASYA	40.55158	35.67884	420	Merkez	Gözlek
23	A-023	AMASYA	40.43405	35.5842	481	Merkez	Göynücek
24	A-024	AMASYA	40.43306	35.58859	491	Merkez	Şıhlar
25	A-025	AMASYA	40.43657	35.6128	512	Merkez	Yeniköy
26	A-026	AMASYA	40.46226	35.5719	497	Merkez	Şarkılı
27	A-027	AMASYA	40.57842	35.62388	494	Merkez	Bağlıca
28	A-028	AMASYA	40.45231	35.77576	740	Merkez	Akyazı
29	A-029	AMASYA	40.48497	35.78112	579	Merkez	Aksalur
30	A-030	AMASYA	40.48608	35.7815	568	Merkez	Aksalur
31	A-031	AMASYA	40.80362	35.59633	517	Suluova	Kılıçaslan
32	A-032	AMASYA	40.78711	35.45501	554	Merzifon	Çayırözü
33	A-033	AMASYA	40.86744	35.36807	751	Merzifon	Karamağra
34	A-034	AMASYA	40.86956	35.38247	754	Merzifon	Sarı
35	A-035	AMASYA	40.87369	35.37384	796	Merzifon	Karamağra
36	A-036	AMASYA	40.86845	35.34317	785	Merzifon	Akören
37	Ç-001	ÇORUM	40.38486	35.05161	667	Merkez	Sarılık
38	Ç-002	ÇORUM	40.54909	35.23023	936	Mecitözü	Elmapınar
39	Ç-003	ÇORUM	40.54309	35.31357	792	Mecitözü	Sülüklü

Çizelge 3.8. (devamı) Yabani hardal örneklerinin toplandığı arazilerin koordinatları

40	Ç-004	ÇORUM	40.54739	35.31442	792	Mecitözü	Sülüklü
41	Ç-005	ÇORUM	40.58904	35.32716	811	Mecitözü	Sülüklü
42	Ç-006	ÇORUM	40.63321	35.32756	851	Mecitözü	Terken
43	Ç-007	ÇORUM	40.63105	35.34621	902	Mecitözü	Terken
44	Ç-008	ÇORUM	40.63052	35.33917	875	Mecitözü	Terken
45	Ç-009	ÇORUM	40.63058	35.32501	860	Mecitözü	Terken
46	Ç-010	ÇORUM	40.85093	34.79862	585	Dodurga	Çiftlikköy
47	Ç-011	ÇORUM	40.8073	34.67656	985	Oğuzlar	Ağaççanı
48	Ç-012	ÇORUM	40.72626	34.57333	1035	İskilip	Başmakçı
49	Ç-013	ÇORUM	40.68067	34.57193	794	İskilip	Kılıçdere
50	Ç-014	ÇORUM	40.67357	34.55576	678	İskilip	Kılıçdere
51	Ç-015	ÇORUM	40.67599	34.51418	636	İskilip	Musalar
52	Ç-016	ÇORUM	40.6697	34.5175	634	İskilip	Musalar
53	Ç-017	ÇORUM	40.65735	34.5424	603	İskilip	Kılıçdere
54	Ç-018	ÇORUM	40.57594	34.63526	629	Merkez	Babadere
55	Ç-019	ÇORUM	40.61573	35.10743	1073	Merkez	Kuşsaray
56	Ç-020	ÇORUM	40.66038	35.14679	1068	Merkez	Düvenci
57	Ç-021	ÇORUM	40.56005	34.93865	789	Merkez	Ulukavak Mah.
58	Ç-022	ÇORUM	40.55538	34.88449	784	Merkez	Köprüalan
59	Ç-023	ÇORUM	40.54764	34.87837	784	Merkez	Celilkırı
60	Ç-024	ÇORUM	40.54299	34.86739	799	Merkez	Karabürcek
61	Ç-025	ÇORUM	40.54705	34.86208	806	Merkez	Karabürcek
62	Ç-026	ÇORUM	40.54684	34.86029	821	Merkez	Karabürcek
63	Ç-027	ÇORUM	40.54654	34.85154	829	Merkez	Karabürcek
64	Ç-028	ÇORUM	40.54748	34.84741	835	Merkez	Karabürcek
65	Ç-029	ÇORUM	40.55014	34.86519	802	Merkez	Karabürcek
66	Ç-030	ÇORUM	40.50998	34.82147	1045	Merkez	Hacıpaşa
67	Ç-031	ÇORUM	40.50367	34.82165	995	Merkez	Hacıpaşa
68	Ç-032	ÇORUM	40.49869	34.8273	932	Merkez	Hacıpaşa
69	Ç-033	ÇORUM	40.49785	34.82774	926	Merkez	Hacıpaşa

Çizelge 3.8. (devamı) Yabani hardal örneklerinin toplandığı arazilerin koordinatları

70	Ç-034	ÇORUM	40.4765	34.85923	776	Merkez	Pınarçay
71	Ç-035	ÇORUM	40.45751	34.87037	727	Merkez	Kadıkırı
72	Ç-036	ÇORUM	40.4649	34.89574	725	Merkez	Aliilyas
73	Ç-037	ÇORUM	40.45796	34.84309	747	Merkez	Bozbuğa
74	Ç-038	ÇORUM	40.42076	34.75904	800	Merkez	Sazdeğirmeni
75	Ç-039	ÇORUM	40.43038	34.74446	833	Merkez	Kınıkdeliler
76	Ç-040	ÇORUM	40.43839	34.73065	871	Merkez	Kınıkdeliler
77	Ç-041	ÇORUM	40.43888	34.72887	872	Merkez	Kınıkdeliler
78	Ç-042	ÇORUM	40.37275	34.70599	882	Merkez	Gökdere
79	Ç-043	ÇORUM	40.37038	34.70193	890	Merkez	Gökdere
80	Ç-044	ÇORUM	40.20748	34.54647	888	Sungurlu	Arifegazili
81	Ç-045	ÇORUM	40.18966	34.47785	827	Sungurlu	Çavuşköy
82	Ç-046	ÇORUM	40.16786	34.39971	748	Sungurlu	Sunguroğlu Mah.
83	Ç-047	ÇORUM	40.16877	34.40519	751	Sungurlu	Sunguroğlu Mah.
84	Ç-048	ÇORUM	40.17621	34.45564	780	Sungurlu	Cevheri
85	Ç-049	ÇORUM	40.17025	34.46971	788	Sungurlu	Kırankışla
86	Ç-050	ÇORUM	40.14778	34.46567	837	Sungurlu	Büyükincesu
87	Ç-051	ÇORUM	40.14691	34.46463	841	Sungurlu	Büyükincesu
88	Ç-052	ÇORUM	40.16687	34.46593	794	Sungurlu	Küçükincesu
89	Ç-053	ÇORUM	40.16129	34.48633	833	Sungurlu	Kırankışla
90	Ç-054	ÇORUM	40.13368	34.55333	873	Sungurlu	Gökçam
91	Ç-055	ÇORUM	40.15906	34.6113	984	Sungurlu	Şekerhacılı
92	Ç-056	ÇORUM	40.16038	34.61199	1009	Sungurlu	Şekerhacılı
93	Ç-057	ÇORUM	40.15743	34.64213	1040	Sungurlu	Ekmekçi
94	Ç-058	ÇORUM	40.15768	34.64161	1045	Sungurlu	Ekmekçi
95	Ç-059	ÇORUM	40.1358	34.55833	888	Sungurlu	Gökçam
96	Ç-060	ÇORUM	40.12842	34.5357	851	Sungurlu	Salman
97	Ç-061	ÇORUM	40.10177	34.5518	868	Boğazkale	Yanıcak
98	Ç-062	ÇORUM	40.08021	34.56651	899	Boğazkale	Yanıcak
99	Ç-063	ÇORUM	40.07913	34.56752	902	Boğazkale	Yanıcak

Çizelge 3.8. (devamı) Yabani hardal örneklerinin toplandığı arazilerin koordinatları

100	Ç-064	ÇORUM	40.07685	34.57009	906	Boğazkale	Yanıcak
101	Ç-065	ÇORUM	40.07662	34.5706	909	Boğazkale	Yanıcak
102	Ç-066	ÇORUM	40.07325	34.56494	927	Boğazkale	Yenikadılı
103	Ç-067	ÇORUM	40.07174	34.56217	937	Boğazkale	Yenikadılı
104	Ç-068	ÇORUM	40.0701	34.55895	944	Boğazkale	Yenikadılı
105	Ç-069	ÇORUM	40.06001	34.54734	1006	Boğazkale	Evcı
106	Ç-070	ÇORUM	40.19133	34.4684	814	Sungurlu	Çavuşköy
107	Ç-071	ÇORUM	40.19302	34.47056	825	Sungurlu	Çavuşköy
108	Ç-072	ÇORUM	40.15108	34.26836	688	Sungurlu	Çiftlikköy
109	Ç-073	ÇORUM	40.15212	34.26445	695	Sungurlu	Çiftlikköy
110	Ç-074	ÇORUM	40.15241	34.26141	695	Sungurlu	Çiftlikköy
111	Ç-075	ÇORUM	40.15367	34.25718	693	Sungurlu	Aşağıbeşpınar
112	Ç-076	ÇORUM	40.15363	34.25544	689	Sungurlu	Aşağıbeşpınar
113	Ç-077	ÇORUM	40.15578	34.24728	684	Sungurlu	Aşağıbeşpınar
114	Ç-078	ÇORUM	40.15755	34.24012	677	Sungurlu	Aşağıbeşpınar
115	Ç-079	ÇORUM	40.18387	34.24335	747	Sungurlu	Yukarıbaşpınar
116	Ç-080	ÇORUM	40.19109	34.25352	742	Sungurlu	Tatlısu
117	Ç-081	ÇORUM	40.19414	34.25997	756	Sungurlu	Tatlısu
118	Ç-082	ÇORUM	40.1955	34.26127	768	Sungurlu	Tatlısu
119	Ç-083	ÇORUM	40.19749	34.26472	803	Sungurlu	Tatlısu
120	Ç-084	ÇORUM	40.20247	34.27163	799	Sungurlu	Tatlısu
121	Ç-085	ÇORUM	40.204	34.27174	793	Sungurlu	Tatlısu
122	Ç-086	ÇORUM	40.2016	34.28083	784	Sungurlu	Boztepe
123	Ç-087	ÇORUM	40.17675	34.33577	770	Sungurlu	Tuğcu
124	Ç-088	ÇORUM	40.15411	34.3408	730	Sungurlu	Örnekevler Mah.
125	Ç-089	ÇORUM	40.11189	34.27844	752	Sungurlu	Yorgalı
126	Ç-090	ÇORUM	40.10967	34.27288	759	Sungurlu	Yorgalı
127	Ç-091	ÇORUM	40.10701	34.26592	763	Sungurlu	Yorgalı
128	Ç-092	ÇORUM	40.12495	34.29773	745	Sungurlu	Derekışla
129	Ç-093	ÇORUM	40.21128	34.81066	967	Alaca	İbrahimköyü

Çizelge 3.8. (devamı) Yabani hardal örneklerinin toplandığı arazilerin koordinatları

130	Ç-094	ÇORUM	40.23202	34.78307	1024	Alaca	Çevreli
131	Ç-095	ÇORUM	40.23166	34.77695	1031	Alaca	Çevreli
132	Ç-096	ÇORUM	40.23146	34.77417	1035	Alaca	Çevreli
133	Ç-097	ÇORUM	40.23114	34.77107	1039	Alaca	Çevreli
134	Ç-098	ÇORUM	40.23028	34.76474	1045	Alaca	Çevreli
135	Ç-099	ÇORUM	40.16608	34.70991	1061	Alaca	Kıcılı
136	Ç-100	ÇORUM	40.13741	34.78662	965	Alaca	Değirmenderesi
137	Ç-101	ÇORUM	40.13261	34.7847	963	Alaca	Değirmenderesi
138	Ç-102	ÇORUM	40.13504	34.78412	965	Alaca	Eren
139	Ç-103	ÇORUM	40.17841	34.95103	938	Alaca	Çöplü
140	Ç-104	ÇORUM	40.17879	34.94645	938	Alaca	Kızıllı
141	Ç-105	ÇORUM	40.12098	34.90773	957	Alaca	Kuyuş
142	Ç-106	ÇORUM	40.12034	34.91101	949	Alaca	Örükaya
143	Ç-107	ÇORUM	40.04945	34.92736	1000	Alaca	Sincan
144	Ç-108	ÇORUM	40.02982	34.91868	1057	Alaca	Sincan
145	Ç-109	ÇORUM	40.03209	34.92881	1053	Alaca	Sincan
146	T-001	TOKAT	40.54694	36.88009	284	Niksar	Yolkonak
147	T-002	TOKAT	40.55019	36.87551	290	Niksar	Yolkonak
148	T-003	TOKAT	40.57303	36.85988	277	Niksar	Yolkonak
149	T-004	TOKAT	40.571	36.86867	275	Niksar	Sarıyazı
150	T-005	TOKAT	40.57573	36.8702	272	Niksar	Sarıyazı
151	T-006	TOKAT	40.57919	36.86652	271	Niksar	Sarıyazı
152	T-007	TOKAT	40.58451	36.8467	291	Niksar	Sarıyazı
153	T-008	TOKAT	40.60169	36.82059	279	Niksar	Mahmudiye
154	T-009	TOKAT	40.60506	36.83887	267	Niksar	Mahmudiye
155	T-010	TOKAT	40.68164	36.54708	225	Erbaa	Yavus Sultan selim mah.
156	T-011	TOKAT	40.68266	36.54632	221	Erbaa	Tosunlar
157	T-012	TOKAT	40.69403	36.53967	203	Erbaa	Tosunlar
158	T-013	TOKAT	40.69286	36.53922	205	Erbaa	Tosunlar

Çizelge 3.8. (devamı) Yabani hardal örneklerinin toplandığı arazilerin koordinatları

159	T-014	TOKAT	40.69434	36.50075	252	Erbaa	Evyabamah.
160	T-015	TOKAT	40.70258	36.49085	232	Erbaa	Yukarıçandır
161	T-016	TOKAT	40.72279	36.46048	234	Erbaa	Hacıpazar
162	T-017	TOKAT	40.7303	36.44557	244	Erbaa	Çalkara
163	T-018	TOKAT	40.73323	36.42601	248	Erbaa	Çalkara
164	T-019	TOKAT	40.70184	36.49121	232	Erbaa	Yukarıçandır
165	T-020	TOKAT	40.48547	36.97669	318	Niksar	Köklüce
166	T-021	TOKAT	40.47616	36.99513	332	Niksar	Köklüce
167	T-022	TOKAT	40.35619	37.45626	572	Reşadiye	Göllüköy
168	T-023	TOKAT	40.44984	37.06903	367	Niksar	Osmaniye
169	T-024	TOKAT	40.48578	36.97963	315	Niksar	Köklüce
170	T-025	TOKAT	40.55492	36.97435	469	Niksar	Sulugöl
171	T-026	TOKAT	40.55787	36.96881	437	Niksar	Sulugöl
172	T-027	TOKAT	40.52185	36.84082	906	Niksar	Mercimekdüzü
173	T-028	TOKAT	40.52066	36.73449	866	Merkez	Avlunlar
174	T-029	TOKAT	40.52988	36.70424	913	Merkez	Efe
175	T-030	TOKAT	40.41155	36.71425	649	Merkez	Karakaya
176	T-031	TOKAT	40.26762	36.19331	564	Pazar	Beşevler
177	T-032	TOKAT	40.41453	36.71541	634	Merkez	Karakaya
178	T-033	TOKAT	40.26274	36.03682	596	Zile	Ütük
179	T-034	TOKAT	40.26471	36.03535	598	Zile	Ütük
180	T-035	TOKAT	40.26474	36.01201	646	Zile	Ütük
181	T-036	TOKAT	40.27113	35.99633	628	Zile	Ütük
182	T-037	TOKAT	40.2718	35.99418	625	Zile	Ütük
183	T-038	TOKAT	40.27547	35.98224	628	Zile	Kırlar
184	T-039	TOKAT	40.27684	35.9799	631	Zile	Kırlar
185	T-040	TOKAT	40.27806	35.97593	633	Zile	Kırlar
186	T-041	TOKAT	40.27851	35.96969	658	Zile	Yeniköy
187	T-042	TOKAT	40.2797	35.96944	635	Zile	Yeniköy

Çizelge 3.8. (devamı) Yabani hardal örneklerinin toplandığı arazilerin koordinatları

188	T-043	TOKAT	40.35865	35.85411	996	Zile	Yünlü
189	T-044	TOKAT	40.31483	35.97565	666	Zile	Emirören
190	T-045	TOKAT	40.28273	35.96044	647	Zile	Yeniköy
191	T-046	TOKAT	40.28008	35.99497	627	Zile	Kırlar
192	T-047	TOKAT	40.25652	35.9687	678	Zile	Özyurt
193	T-048	TOKAT	40.25713	35.96706	681	Zile	Özyurt
194	T-049	TOKAT	40.26372	36.01914	644	Zile	Ütük
195	T-050	TOKAT	40.31347	36.27696	558	Turhal	Dökmetepe
196	T-051	TOKAT	40.23208	35.69306	824	Zile	Reşadiye
197	T-052	TOKAT	40.23335	35.70122	837	Zile	Eskidağıcı
198	T-053	TOKAT	40.23229	35.71023	842	Zile	Eskidağıcı
199	T-054	TOKAT	40.32307	36.45296	761	Merkez	Taşlıçiftlik
200	T-055	TOKAT	40.21187	35.68403	795	Zile	Reşadiye
201	T-056	TOKAT	40.22167	35.69303	855	Zile	Reşadiye
202	T-057	TOKAT	40.02259	36.27864	1063	Yeşilyurt	Karacaören
203	T-058	TOKAT	39.98635	35.97456	1036	Sulusaray	Uylubağı
204	T-059	TOKAT	39.98628	35.97129	1037	Sulusaray	Uylubağı
205	T-060	TOKAT	40.12941	36.34416	1229	Artova	Aşağıgüçlü
206	T-061	TOKAT	40.08079	36.46091	1118	Merkez	Çamlıbel
207	T-062	TOKAT	40.33201	36.47337	659	Merkez	Merkez
208	Y-001	YOZGAT	40.19566	35.4338	708	Çekerek	Çandır
209	Y-002	YOZGAT	40.19447	35.42866	711	Çekerek	Çandır
210	Y-003	YOZGAT	40.19205	35.42621	706	Çekerek	Çandır
211	Y-004	YOZGAT	4.190537	35.42354	706	Çekerek	Çandır
212	Y-005	YOZGAT	39.98765	34.97694	1147	Merkez	Deremahal
213	Y-006	YOZGAT	39.98323	34.97247	1178	Merkez	Deremahal
214	Y-007	YOZGAT	39.97956	34.9739	1169	Merkez	Deremahal
215	Y-008	YOZGAT	39.86934	34.88819	1294	Merkez	Çalatlı
216	Y-009	YOZGAT	39.7224	34.70975	1041	Yerköy	Saray
217	Y-010	YOZGAT	39.73882	34.64989	988	Merkez	Köseyusuflu

Çizelge 3.8. (devamı) Yabani hardal örneklerinin toplandığı arazilerin koordinatları

218	Y-011	YOZGAT	39.73597	34.6553	1000	Merkez	Köseyusuflu
219	Y-012	YOZGAT	39.73633	34.65575	1000	Merkez	Köseyusuflu
220	Y-013	YOZGAT	39.73394	34.65756	1003	Merkez	Köseyusuflu
221	Y-014	YOZGAT	39.73206	34.65921	1032	Merkez	Köseyusuflu
222	Y-015	YOZGAT	39.72397	34.66138	1025	Merkez	Köseyusuflu
223	Y-016	YOZGAT	39.70335	34.38446	755	Yerköy	Karacaahmetli
224	Y-017	YOZGAT	39.75384	34.23486	720	Yerköy	Sekili
225	Y-018	YOZGAT	39.83087	34.2434	819	Yerköy	Aslanhacılı
226	Y-019	YOZGAT	39.82198	34.25045	1033	Yerköy	Aslanhacılı
227	Y-020	YOZGAT	39.82215	34.25132	1033	Yerköy	Aslanhacılı
228	Y-021	YOZGAT	39.74627	34.34901	791	Yerköy	Göçerli
229	Y-022	YOZGAT	39.7447	34.34858	787	Yerköy	Göçerli
230	Y-023	YOZGAT	39.75554	34.35524	799	Yerköy	Göçerli
231	Y-024	YOZGAT	39.7617	34.36128	815	Yerköy	Göçerli
232	Y-025	YOZGAT	39.76613	34.3851	882	Yerköy	Belkavak
233	Y-026	YOZGAT	39.70964	34.34884	763	Yerköy	Arifoğlu
234	Y-027	YOZGAT	39.65744	34.5278	891	Yerköy	Aşağıelmahacılı
235	Y-028	YOZGAT	39.65216	34.54964	921	Yerköy	Aşağıelmahacılı
236	Y-029	YOZGAT	39.56138	34.76935	1133	Şefaatli	Kabacıoğlu
237	Y-030	YOZGAT	39.56137	34.77384	1138	Şefaatli	Kabacıoğlu
238	Y-031	YOZGAT	39.5623	34.77721	1141	Şefaatli	Deliler
239	Y-032	YOZGAT	39.65843	34.73638	1241	Merkez	Kuşçu
240	Y-033	YOZGAT	39.65927	34.73502	1238	Merkez	Kuşçu
241	Y-034	YOZGAT	39.66013	34.73588	1234	Merkez	Kuşçu
242	Y-035	YOZGAT	39.66064	34.73512	1234	Merkez	Kuşçu
243	Y-036	YOZGAT	39.65409	34.72302	1227	Merkez	Kuşçu
244	Y-037	YOZGAT	39.6584	34.74203	1240	Merkez	Kuşçu
245	Y-038	YOZGAT	39.65135	34.73975	1277	Merkez	Kuşçu
246	Y-039	YOZGAT	39.63617	34.74346	1304	Şefaatli	Kızılkoca
247	Y-040	YOZGAT	39.43851	34.78416	1030	Şefaatli	Tahiroğlu

Çizelge 3.8. (devamı) Yabani hardal örneklerinin toplandığı arazilerin koordinatları

248	Y-041	YOZGAT	39.43637	34.78353	1014	Şefaati	Tahiroğlu
249	Y-042	YOZGAT	39.43628	34.78426	1014	Şefaati	Tahiroğlu
250	Y-043	YOZGAT	39.37695	34.85764	1002	Şefaati	Kuzayca
251	Y-044	YOZGAT	39.37505	34.88524	1005	Şefaati	Kuzayca
252	Y-045	YOZGAT	39.37173	34.89424	1023	Şefaati	Kuzayca
253	Y-046	YOZGAT	39.37071	34.89886	1025	Yenifakılı	Çöplüçiftliği
254	Y-047	YOZGAT	39.36374	34.95333	1105	Yenifakılı	Çöplüçiftliği
255	Y-048	YOZGAT	39.20227	35.03996	1038	Yenifakılı	Bektaşlı
256	Y-049	YOZGAT	39.43754	35.11734	1162	Boğazlıyan	Aşağısarıkaya
257	Y-050	YOZGAT	39.4519	35.11867	1126	Boğazlıyan	Aşağısarıkaya
258	Y-051	YOZGAT	39.9901	35.90709	1028	Kadışehir	Halıköy
259	Y-052	YOZGAT	39.99835	35.90712	1044	Kadışehir	Halıköy
260	Y-053	YOZGAT	39.99897	35.88947	1083	Kadışehir	Halıköy
261	Y-054	YOZGAT	39.99152	35.84232	1060	Kadışehir	Yoncalık
262	Y-055	YOZGAT	39.99162	35.82683	1073	Kadışehir	Yoncalık
263	Y-056	YOZGAT	40.16292	35.39017	734	Çekerek	Bazlambaç
264	Y-057	YOZGAT	40.16937	35.32186	706	Aydıncık	Kızılcakışla
265	Y-058	YOZGAT	40.16745	35.31869	704	Aydıncık	Kızılcakışla
266	Y-059	YOZGAT	40.16802	35.31128	709	Aydıncık	Kazankaya
267	Y-060	YOZGAT	40.16345	35.29949	715	Aydıncık	Büyüktoraman
268	Y-061	YOZGAT	40.16038	35.27631	757	Aydıncık	Küçüktoraman
269	Y-062	YOZGAT	40.14892	35.25926	758	Aydıncık	Boğazkaya
270	Y-063	YOZGAT	40.14334	35.2657	763	Aydıncık	Yenice
271	Y-064	YOZGAT	40.14325	35.26009	760	Aydıncık	Yenice
272	Y-065	YOZGAT	40.14211	35.23661	780	Aydıncık	Kocabekiroğlu
273	Y-066	YOZGAT	40.01193	35.19354	1205	Sorgun	Eymir
274	Y-067	YOZGAT	39.91754	35.15308	1296	Sorgun	Boğazcumafakılı
275	Y-068	YOZGAT	39.84407	35.18399	1114	Sorgun	Aşağıcumafakılı
276	Y-069	YOZGAT	39.84703	35.18709	1117	Sorgun	Aşağıcumafakılı

Çizelge 3.8. (devamı) Yabani hardal örneklerinin toplandığı arazilerin koordinatları

277	Y-070	YOZGAT	39.87445	35.20309	1243	Sorgun	Karabalı
278	Y-071	YOZGAT	39.81825	35.11101	1091	Sorgun	Dişli
279	Y-072	YOZGAT	39.81764	35.11055	1091	Sorgun	Dişli
280	Y-073	YOZGAT	39.82214	35.11144	1095	Sorgun	Dişli
281	Y-074	YOZGAT	39.82305	35.11288	1098	Sorgun	Dişli
282	Y-075	YOZGAT	39.82791	35.11242	1108	Sorgun	Dişli
283	Y-076	YOZGAT	39.82537	35.11214	1106	Sorgun	Dişli
284	Y-077	YOZGAT	39.85664	34.94721	1181	Merkez	Fakıbeyli
285	Y-078	YOZGAT	39.83972	34.99165	1145	Merkez	İnceçayır
286	Y-079	YOZGAT	39.83346	35.00349	1143	Merkez	İnceçayır
287	Y-080	YOZGAT	39.82779	35.02268	1136	Sorgun	Aşağıkarakaya
288	Y-081	YOZGAT	39.82574	35.03019	1128	Sorgun	Aşağıkarakaya
289	Y-082	YOZGAT	39.82496	35.03377	1124	Sorgun	Aşağıkarakaya
290	Y-083	YOZGAT	39.82872	35.04231	1130	Sorgun	Aşağıkarakaya
291	Y-084	YOZGAT	39.82928	35.03783	1135	Sorgun	Aşağıkarakaya
292	Y-085	YOZGAT	39.82398	35.04659	1131	Sorgun	Büyüktaşlık
293	Y-086	YOZGAT	39.81969	35.05295	1125	Sorgun	Büyüktaşlık
294	Y-087	YOZGAT	39.81748	35.05698	1116	Sorgun	Büyüktaşlık
295	Y-088	YOZGAT	39.81719	35.07507	1110	Sorgun	Babalı
296	Y-089	YOZGAT	39.80282	35.08374	1112	Sorgun	Babalı
297	Y-090	YOZGAT	39.8071	35.12331	1092	Sorgun	Ayrıdam
298	Y-091	YOZGAT	39.8065	35.13048	1091	Sorgun	Ayrıdam
299	Y-092	YOZGAT	39.74467	35.12254	1147	Sorgun	Mehmetbeyli
300	Y-093	YOZGAT	39.72002	35.12902	1093	Sorgun	Temrezli
301	Y-094	YOZGAT	39.71271	35.12814	1096	Sorgun	Temrezli
302	Y-095	YOZGAT	39.6819	35.18055	1000	Sorgun	Yazılıtaş
303	Y-096	YOZGAT	39.49299	35.24301	1139	Sarıkaya	Toprakpınar
304	Y-097	YOZGAT	39.44197	35.39239	1244	Sarıkaya	Çoklumeşe
305	Y-098	YOZGAT	39.4403	35.40514	1238	Sarıkaya	Çoklumeşe

Çizelge 3.8. (devamı) Yabani hardal örneklerinin toplandığı arazilerin koordinatları

306	Y-099	YOZGAT	39.43075	35.41034	1235	Sarıkaya	Boyacık
307	Y-100	YOZGAT	39.42416	35.41523	1225	Sarıkaya	Boyacık
308	Y-101	YOZGAT	39.40501	35.44095	1197	Sarıkaya	Çoklumeşe
309	Y-102	YOZGAT	39.75372	35.83179	1117	Akdağmadeni	Muşalikalesi
310	Y-103	YOZGAT	39.77374	35.90783	1093	Akdağmadeni	İbrahimağaçıftlığı

Toplanan tohumlar Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Herboloji Laboratuvarına getirilerek diğer çalışmalar yapılana kadar karanlık ortamda muhafazası sağlanmıştır.

3.2.2. Bioassay Çalışmalarının Yapılması

Arazi çalışmaları sırasında toplanarak muhafaza altına alınan tohumlar bioassay çalışmalarına tabi tutulmuştur. Tohumlar dormansiye sahip oldukları için öncelikle ön çimlendirme işlemi uygulanmıştır. Bu işlem için tohumlar, içerisinde 2 adet kurutma kâğıdı bulunan cam petrilere yerleştirilerek üzerine 1000 ppm dozunda giberallik asit (GA_3)+Potasyum Nitrat (KNO_3) karışımıyla hazırlanmış olan solüsyon ilave edilmiştir. Hazırlanan bu solüsyon için 1 litre steril saf su içerisine 1 gr GA_3 ve 1 gr KNO_3 eklemesi yapılmış olup 6 cm çaplı petrilere 3 ml, 9 cm çaplı petrilere için ise 4 ml karışım solüsyondan eklenmiştir. Hazırlanan petrilere akabinde 15 °C'deki inkubatörler içerisine konulmuştur (Şin ve Kadioğlu, 2019) (Şekil 3.10). Petrilere 72 saat boyunca inkubatörde çimlenmesi için bekletilmiştir.



Şekil 3.10. Çimlenme için inkubatöre alınan yabancı hardal tohumları (a. inkubatör içerisine yerleştirilmiş olan farklı popülasyonlardan elde edilmiş yabancı hardal tohumları, b. İnkubatörün sıcaklığı, c. Çimlenmeye başlayan yabancı hardal tohumları).

Yapılan çalışma için elenmiş tarla toprağı+torf (1+ 1) karışımı harç 9 cm çaplı viyoller içerisine doldurulmuştur (Şekil 3.11). Doldurulan viyol gözlerine çimlenme işlemi gerçekleşmiş olan yabancı hardal tohumlarından göz başına 6 adet gelecek şekilde yerleştirilip üzerleri karışım toprakla kapatılarak etiketlenmiştir. Deneme her bir popülasyon için 4 tekerrürlü olarak kurulmuş ve 2 kez tekrarlanmıştır. Birinci deneme Eylül 2018 tarihinde, ikinci deneme ise Ekim 2018 tarihinde kurulmuştur. Denemeler UV filtreli polietilen naylon ile kaplı ve doğal ışık ile aydınlanan serada yapılmıştır. Tohumlar ekildiği andan itibaren toprak nemine bağlı olarak düzenli şekilde yağmurlama başlık kullanılmak suretiyle sulanmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.11. Bioassay çalışması için toprak elenmesi, karışım hazırlığı ve viyollere doldurulması



Şekil 3.12 Ön çimlendirme işlemi gerçekleştirilmiş olan yabani hardal tohumlarının viyollere ekilmesi ve tohumlarda çimlenmenin gerçekleşmesi

Ekim işlemi gerçekleştirilen tohumlarda ekimden 10 gün sonra her bir gözde 2 adet sağlıklı bitki kalacak şekilde seyreltme işlemi yapılmıştır. Seyreltme işlemleri ardından düzenli kontrol işlemleri devam etmiştir. Bitkiler 2-4 yapraklı döneme geldiği zaman ise Moss ve ark. (1999) tarafından geliştirilen dayanıklılık tarama testine tabi tutmak için tribenuron methyl etken maddeli herbisitinin ruhsatlı dozu olan 1 gr/da ölçülerek, dekara 30 lt su olacak şekilde hazırlanmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Tribenuron methyl etken maddeli herbisitinin ruhsatlı dozunun hazırlanması

2-4 yapraklı döneme gelmiş olan bitkiler ilaçlama işleminden 6 saat önce sulanmıştır. Daha sonra bitkiler kalibrasyonu yapılmış olan sırt pulvarizatörünün iş genişliğinde olacak şekilde dizilmiş ve ruhsatlı doz üzerinden uygulamaya tabi tutulmuştur (Şekil 3.14). Uygulamalar seranın dışında yapılmıştır.



Şekil 3.14. Viyol içerisindeki bitkilerin ilaçlanması

Herbisit uygulamasının ardından örtü altı seraya alınan bitkiler, hiçbir uygulamaya tabi olmayan kontrol bitkilerinden ayrılmışlardır. İlaçlama uygulamasından sonraki 24 saat boyunca bitkilere herhangi bir su verilmemiş, devamında ise bitkilerin günlük bakımları yapılmıştır. Bu bitkilerden 14.cü ve 28.ci günlerde 0-5 skalasına göre (Çizelge 3.9) (Uludağ, 2003) ilaç biyolojik etkinlik değerlendirmesi yapılmıştır.

Çizelge 3.9. Biyolojik etkinlik değerlendirmesinde kullanılan 0-5 skolası (Uludağ, 2003)

No	Belirti	Bitkinin Durumu
0	Etki yok, bitki tamamen yeşil	Canlı
1	Boy kısılması, bitki tamamen yeşil	Canlı
2	Belirgin boy kısılması, renk ve şekil değişikliği, büyüme noktası yeşil	Canlı
3	Belirgin boy kısılması, renk ve şekil değişikliği, büyüme noktası yeniden sürmüş	Canlı
4	Belirgin boy kısılması, renk ve şekil değişikliği, büyüme noktası yok ya da tamamen kurumuş	Ölü
5	Bitki tamamen sararmış ve kurumuş	Ölü

3.2.3. Doz-etki çalışmaları

Tribenuron methyl'in ruhsatlı dozu üzerinden yapılan bioassay çalışmaları sonucunda hayatta kalan yabancı hardal popülasyonları doz-etki çalışmalarına tabi tutulmuştur. Bioassay çalışmaları Şubat-Mayıs 2019 tarihleri arasında yürütülmüştür. Ön çimlendirme işleminden geçirilen yabancı hardal tohumlarından sağlıklı fideler elde etmek için viyollere ekimleri gerçekleştirilerek yabancı hardal fidelerinin yetişmesi sağlanmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Yabancı hardal tohumlarından viyollerde fide yetiştirilmesi

Doz etki çalışmalarında 5 numaralı plastik saksılar (1.2 kg) kullanılmıştır. Saksılar için elenmiş tarla toprağı+torf+perlit (3+3+1) homojen olacak şekilde karıştırılmış ve saksılara doldurulmuştur. Karışım toprak ile doldurulmuş olan saksılara viyollerde yetiştirilen fidelerden her bir saksıya 2 adet olacak şekilde dikim işlemi gerçekleştirilmiştir (şekil 3.16).



şekil 3.16. Doz-etki çalışması için hazırlıkların yapılması (a. Toprak-torf-perlit karışımının hazırlanması, b. Saksılara hazırlanmış karışımın konulması, c-d. Fidelerin kontrol edilip saksılara şaşırtılması, e. Saksıların etiketlenerek bakıma hazır hale getirilmesi)

şaşırtma işleminin ardından bitkinin adaptasyonunu tamamlaması ve sağlıklı bir şekilde gelişmesine devam etmesi için 3-5 gün bitkiler bolca sulanmış ve düzenli olarak bakımları gerçekleştirilmiştir. Bitkiler gerçek 4 yapraklı döneme sağlıklı ulaştığında doz-etki çalışmasına tabi tutulmuştur. Doz etki çalışması için tribenuron methyl etken maddeli ilacın ruhsatlı olan dozu (1 gr/da = N), ruhsatın 2 katı (2 gr/da = 2N), 4 katı (4 gr/da = 4N), 8 katı (8 gr/da = 8N), 16 katı (16 gr/da = 16N) ve kontrol olarak su kullanılmıştır (şekil 3.17.).



Şekil 3.17. Farklı dozlarda tribenuron methyl'in hazırlık aşamaları

Doz etki denemeleri tesadüf parselleri deneme desinine uygun şekilde ve 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Deneme iki kez tekrarlanmıştır. Deneme sırasında ilaçlar 3 atm basınçlı yelpaze huzmeli sırt pülverizatörü ile dekara 30 litre su hesabıyla uygulanmıştır. Uygulama için sera dışına alınan saksılar ilaçlama aletinin iş genişliğine göre ayarlanarak dizilmiş ve tüm bitkilere eşit miktarda ilaç gelecek şekilde uygulama gerçekleştirilmiştir. Uygulama sonrasında saksılar tekrardan seraya alınarak 28 gün boyunca bitkilerin takibi ve gözlemleri yapılmıştır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Yabani hardal bitkisinde doz etki çalışmasının yapılması (a. Doz etki çalışmasına alınacak olan bitkilerin sıralanması, b. Bitkilerin doğru dozla ilaçlama işleminin gerçekleştirilmesi, c. İlaçlanan bitkilerin seraya tekrar yerleştirilmesi)

28 gün boyunca takip edilen bitkiler Çizelge 3.9’de verilen 0-5 skalasına göre biyolojik etkinlik değerlendirilmesi yapılmıştır. Değerlendirme işleminin ardından bitkiler toprak üstü aksamından kesilerek hasat edilmiş ve kese kağıtlarına konularak etüvde 72 saat boyunca 65 °C sıcaklıkta kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları alınmıştır.

3.2.4. Çoklu Dayanıklılık Tarama (Bioassay) Çalışmaları

Buğday arazilerinden toplanan *S. arvensis* tohumlarında yapılan tribenuron methyl uygulamaları sonucunda hayatta kalmış olan popülasyonlar ayrıca çoklu dayanıklılık testine tabi tutulmuştur. Bunun için 2,4-D amin etken maddeli bir herbisit kullanılmıştır. Çalışma için 2,4-D aminin ruhsatlı dozunda (200 ml/da-N) kullanılmıştır. Çalışma, sera koşullarında 9 cm çaplı viyollerde tesadüf parselleri deneme deseninde 4 tekerrürlü ve 2 tekrarlı olarak Mayıs-Temmuz 2019 tarihleri arasında yürütülmüştür (Şekil 3.19). Yapılan bu çalışmada bitkiler Çizelge 3.9’da verilen 0-5 skalasına göre değerlendirilmiştir.



Şekil 3.19. 2,4-D amin uygulaması yapılmış olan bitkiler

3.2.5. Moleküler Çalışmaların Yapılması

Bitkiden Genomik DNA Eldesi

Bioassay çalışmaları sonucunda doz etki çalışmalarına alınmış olan ve yapılan bu çalışma ile tribenuron methyl etken maddesine karşı dayanıklılık şüphesi taşıyan 13 farklı popülasyon ile kontrol popülasyonu üzerinde moleküler çalışmalar yapılmıştır. Moleküler çalışmalar için sera koşullarında yabani hardal bitkileri yetiştirilmiştir. Yetiştirilen bitkiler 4-6 yapraklı döneme geldiği zaman taze yapraklardan her bir örnek yaklaşık 100 mg olacak şekilde alınmıştır. Alınan örnekler steril 1.5 ml'lik ependorf tüpleri içerisine konularak etiketlendikten sonra -20 °C'de derin dondurucuya konularak, DNA izolasyonu yapılana kadar muhafazası sağlanmıştır. DNA izolasyonu çalışması için öncelikle toplanmış olan örneklerin derin dondurucudan çıkarılarak sıvı azot içerisinde toz haline getirilene kadar ezilmesi sağlanmıştır. DNA izolasyon kiti kullanılarak kit protokolüne göre genomik DNA eldesi sağlanmıştır. Genomik DNA eldesi için kullanılan kitin protokolüne uygun yöntem izlenmiştir (Danquah ve ark., 2002) (Şekil 3.20). Elde edilen DNA'lar PCR uygulaması yapılana kadar -20 °C'de muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.20. Örnek alınmış olan yabancı hardal bitkisinden DNA ekstresyonu yapımı

Kullanılmış olan DNA izolasyon kiti protokolüne göre izlenmiş olan yollar şu şekildedir;

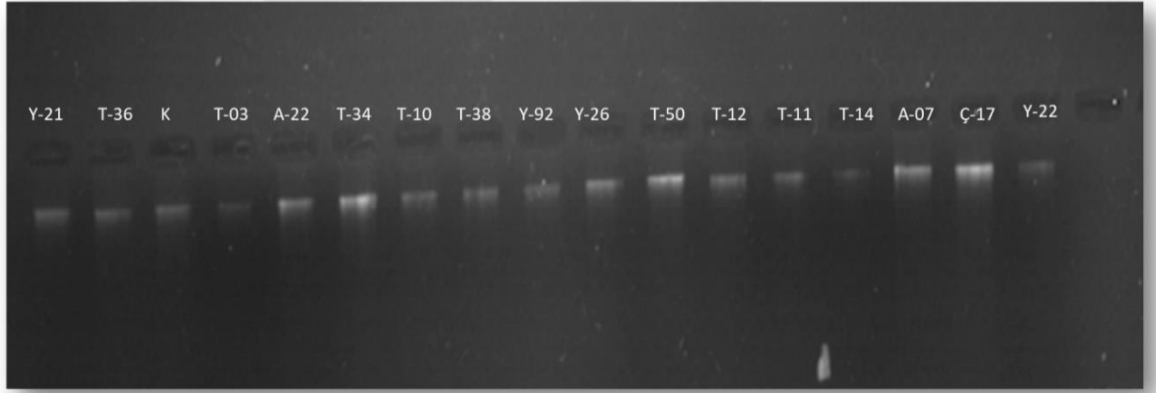
- Ezilerek toz haline getirilmiş olan yaprak örneklerinin içerisine 350 µl Lyzez A solüsyonu ilave edilerek yaklaşık 30 sn boyunca vorteksle karıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir.
- Vorteks ile karıştırılan bu örnekler daha sonra 50 µl Lyzez B solüsyonu ilave edilerek çalkalanmıştır. Alt üst etme işlemi sonunda ise 65 °C’de 10 dakika boyunca bekletilmiştir.
- Su banyosu işleminden sonra her bir örneğe 20 µl RNase ilave edilip yeniden 65 °C’de 10 dakika boyunca su banyosunda örnekler bekletilmiştir.
- Daha sonra her bir örnek içerisine 130 µl Precipitation Solution ilave edilerek 2-3 kez alt üst etme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalkalama işlemi ardından ise 5 dakika boyunca örnekler buz içerisinde bekletilmiştir.
- Buzdan alınan örnekler 14.000 rpm (20g) dönüş gücüyle 5 dakika boyunca santrifüj işlemine tabi tutulmuştur. Santrifüj işlemi sonucunda oluşan süpernatant kısım (yaklaşık 450 µl) yeni tüplere alınmıştır.
- Yeni tüplere alınan süpernatant içerisine 400 µl bağlanma solüsyonu ilave edilmiştir. Bu tüplerin içerisine soğuk halde bekletilen %96’lık ethanol 400 µl olarak ilave edilmiştir. Elde edilen karışım 7500 rpm devirde yaklaşık 1 dakika boyunca santrifüj edilmiştir.

- Santrifüj işlemi sonrasında sıvı kısmı atılarak 7500 rpm devirde yaklaşık 1 dakika daha santrifüj işlemi gerçekleştirilmiş ve biriken sıvı kısım atılmıştır.

Bu işlemlerin ardından ependorf tüplere 500 µl Wash Buffer 1 ilavesi gerçekleştirilip 13.000 rpm’de 2 dakika boyunca santrifüj işlemi gerçekleştirilmiştir.

Santrifüj işlemi sonrasında üst kolon başka bir yerle temas etmeyecek şekilde alınarak temiz bir tüp içerisine yerleştirilmiştir. Üzerine 100 µl AE Buffer ilavesi yapılarak 5 dakika boyunca oda sıcaklığında inkubasyona bırakılmıştır.

İzolasyon işlemi tamamlanmış olan örneklerin içerisinde genomik DNA’nın varlığının ve yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla elektroforez gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.21.).



Şekil 3.21. DNA izolasyonu sonucu elde edilen genetik materyalin kontrolü

PCR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu) Çalışmaları

Moleküler çalışmalar için seçilen popülasyonlardan elde edilen DNA'lar PCR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu) işlemine tabi tutulmuştur. PCR yöntemi için acetolactate synthase (ALS) inhibitör gen bölgesini amplifiye edebilen ALS3F ve ALS3R dejenere primerleri (Tan ve Medd, 2002) kullanılmıştır. PCR işlemi sonucunda elde edilen ürünler jel elektroferez işlemine tabi tutulmuşlardır. Kullanılan primerler Çizelge 3.10'da, PCR işlemi için hazırlanan 25 µl reaksiyon karışımı ise Çizelge 3.11'de verilmiştir.

Çizelge 3.10. ALS gen bölgesinin amplifikasyonu için kullanılmış olan dejenere primer ve baz dizilimleri (Tan ve Medd, 2002).

Primerler	Sekans 5' → 3'
ALS3F	GGRGAAGCCATTCCTCC
ALS3R	TCARTACTWAGTGCKACCATC

Dejenarasyonda kullanılan standart kod R (AG), M (AC), Y (CT), W (AT), K (GT)

Çizelge 3.11. PCR işlemi için hazırlanan karışım

Reaksiyon karışım bileşenleri	Miktarı
DNA	1.5 µl
T. buffer (5x)	5 µl
dNTP (10mM)	1 µl
F primer (10 pmol)	1 µl
R primer (10 pmol)	1 µl
MgCl ₂ (25 mM)	2 µl
Tag DNA Polimeraz	0.3 µl
DMSO	1.25 µl
dH ₂ O	11.95 µl
TOPLAM	25 µl

PCR karışımı hazırlandıktan sonra uygulanan PCR koşulları ise; 94 °C’de 2 dakika, 60 °C’de 30 saniye, 72 °C’de 1 dakika bir döngü, 35 döngü boyunca 94 derece 20 saniye, 59 °C’de 30 saniye, 72 °C’de 1 dakika, her on döngüde 1 °C azaltılan erime sıcaklığı, son döngüde ise 72 °C’de 5 dakika ve 4 °C’de 1 dakika olarak ayarlanmıştır (Şekil 3.22.) (Tan ve Medd, 2002).

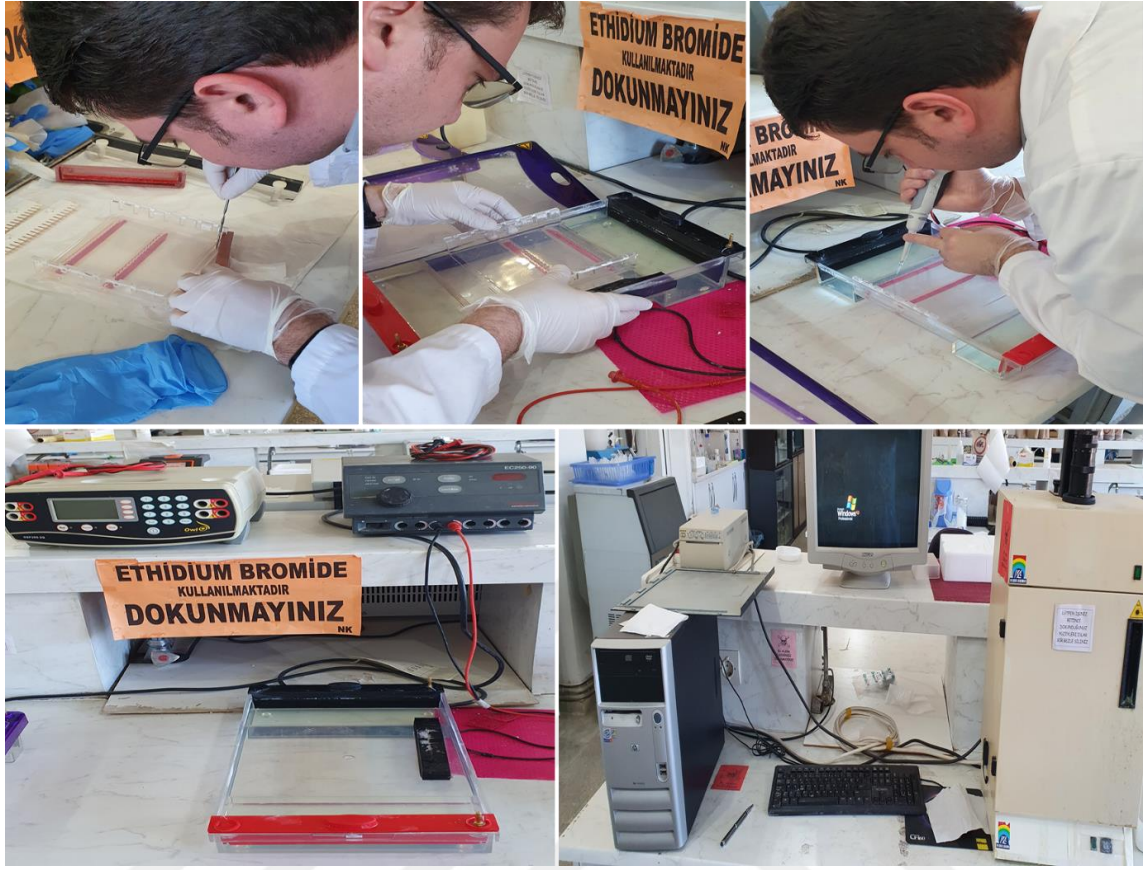


Şekil 3.22. Termal cycler cihazı ile PCR işleminin gerçekleştirilmesi.

PCR işlemi sonucunda elde edilen 25 µl’lik hazırlanmış olan karışım jel elektroferez yapılına kadar -20 °C’de bekletilmiştir.

Agaroz Jelin Hazırlanması

PCR işlemi sonrası elde edilen ürünlerden DNA fragmentlerinin görüntülenmesi için %1’lik agaroz jel hazırlanmıştır. Hazırlanan bu agaroz jel içine 10 mg/ml ethidium bromür ilavesi gerçekleştirilmiştir. Örnekler hazırlanmış olan agaroz jel içerisine konularak 105 V’da 1 saat elektroforez işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.23.). Elektroforez işlemi sonrası örnekler görüntüleme cihazına konularak ultraviyole (UV) ışık altında görüntülenmiştir. Yapılan inceleme sonucuna göre ALS3F ve ALS3R primerleri kullanılmış olan 17 örnekte beklenen büyüklükte PCR ürünleri elde edilmiş olup, ve çift yönlü DNA dizi analizine tabi tutulmuştur.



Şekil 3.23. Agaroz Jel elektroforez işleminin gerçekleştirilmesi

DNA Dizi Analizi

PCR sonucunda elde edilen örneklerden baz dizi analizleri REFGEN firması tarafından gerçekleştirilmiştir. Firma tarafından yollanan baz dizi analizi sonuçları Chromas 2.6.6 programı kullanılarak başta ve sondan kırılarak CAB3 programı ile consensusları yapılmıştır. Analiz sonuçlarında elde edilen sekans verileri NCBI (The National Center for Biotechnology Information) (gen bankası)'da kayıtlı olan diğer benzer sekans sonuçları ile kıyaslama (blast) işlemi gerçekleştirilmiştir. Alınan sekanslar ile analizden gelen sekans sonuçlarının kıyaslanarak amino asit dizilişindeki farklılığın ortaya konması amacıyla MEGAX programı kullanılmıştır.

3.2.6. İstatistik analizlerin yapılması

2018 yılında Amasya, Çorum, Tokat ve Yozgat illerinden toplanan 310 farklı popülasyona uygulanan bioassay çalışması sonucunda 13 farklı dayanıklılık şüpheli popülasyona düşmüş olan ve doz etki çalışmasına tabi tutulan örneklerden elde edilen veriler kullanılmıştır. Doz-etki analizleri R paket programında ve 4 parametrelili Log-Logistic modeline göre yapılmıştır (Ritz ve ark., 2015). Model aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir.

$$y = c + \frac{d - c}{1 + \exp(b(\log(x) - \log(ED_{50})))}$$

Bu formüllerde Y response değişkenini, d üst limiti, c alt limiti, b ise doğal logaritma tabanı (e) tarafından belirlenen regresyonun eğimini, ED₅₀ %50 etkili dozu göstermektedir. Elde edilen bu formül ile birlikte dayanıklı olan popülasyonların dayanıklılık katsayısı ve ED₅₀ değerleri hesaplanabilmektedir.

4. BULGULAR

4.1. Arazi Sürvey Bulguları

Amasya, Çorum, Tokat ve Yozgat illerinde yabani hardal (*Sinapis arvensis*) bitkisinin tribenuron methyl aktif maddesine karşı dayanıklılık kazanıp kazanmadığını belirlemek için ilk olarak 4 ilde buğday yetiştiriciliği yapılan araziler gezilmiş olup bu araziler içerisinde yabani hardal tohum örnekleri toplanmıştır. Bunun için 2018 yılının Mayıs-temmuz ayları içerisinde Şekil 3.4'deki güzergahlar esas alınarak çok sayıda araziye girilmiş ve Şekil 3.5'deki noktalardan olgunlaşmış tohum örnekleri alınmıştır (Şekil 4.1). Arazi kontrolleri sırasında bazı arazilerde yabani hardal varlığına rastlanmamıştır. Sürvey çalışmaları sırasında tohumları siyah renge dönüşmeyen bitkilerden olgunlaşmadığı için örnek alınmamıştır (Şekil 4.2). Arazi çalışmaları sırasında toplamda 310 farklı noktadan tohum örnekleri alınmış ve ilçelere göre dağılımı Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Çorum ilinden 109 lokasyon ile en fazla, en az ise 36 lokasyon ile Amasya ilinden örnek toplanmıştır. Arazi çalışmaları sırasında en çok örnek Çorum'a bağlı Sorgun ilçesinden (40 adet lokasyonda tespit ve örnek alımı) alınmıştır.



Şekil 4.1. Arazide yabani hardal kontrolünün yapılması



Şekil 4.2. Buğday arazisinden alınmış olgunlaşmamış olan yabani hardal bitkisi

Çizelge 4.1. Arazi sürveyleri sırasında ilçelere göre alınan örnek sayıları

İl	İlçe	Örnek Sayısı
AMASYA	MERKEZ	16
	MERZİFON	5
	SULUOVA	1
	TAŞOVA	14
ÇORUM	ALACA	17
	BOĞAZKALE	9
	DODURGA	1
	MECİTÖZÜ	8
	MERKEZ	27
	OĞUZLAR	1
	SUNGURLU	40
	İSKİLİP	1
TOKAT	ARTOVA	1
	ERBAA	10
	MERKEZ	7
	NİKSAR	16

Çizelge 4.1. (devamı) Arazi Sürveyleri Sırasında İlçelere Göre Alınan Örnek Sayıları

TOKAT	PAZAR	1
	REŞADİYE	1
	SULUSARAY	2
	TURHAL	1
	YEŞİLYURT	1
	ZİLE	22
YOZGAT	AKDAĞMADENİ	2
	AYDINCIK	9
	BOĞAZLIYAN	2
	KADIŞEHİRİ	5
	MERKEZ	20
	SARIKAYA	6
	SORGUN	27
	YENİFAKILI	3
	YERKÖY	14
	ÇEKEREK	5
	ŞEFAATLİ	10
TOPLAM		310

4.2. Bioassay Çalışması Sonucunda Elde Edilen Bulgular

Amasya, Çorum, Tokat ve Yozgat illerinde buğday yetiştirilen alanlar içerisinde bulunan yabancı hardal bitkisinin dayanıklılık durumunun tespitinin yapılabilmesi için toplanmış olan 310 adet tohum popülasyonu örneği ile bioassay çalışmalarına başlanmıştır. Toplanan bu örnekler sera koşullarında tribenuron methyl etken maddeli herbisite karşı ön dayanıklılık testine tabi tutulmuştur. Bu amaçla öncelikle materyal ön dayanıklılık testi için herbisit ruhsatlı olduğu doz esas alınarak (1 gr/da) yelpaze huzmeli memeye sahip sırt pulvarizatörü ile uygulamaya tabi tutulmuştur. Uygulamadan itibaren 28 inci gün 0-5 skalasına göre etkinlik değerlendirilmesi yapılmıştır. 2 kez tekrarlanarak yapılan bioassay çalışması sonucunda hayatta kalan bitkiler (0-5 sklasına göre değeri 3 ün altında olanlar), doz etki çalışmasına tabi tutulmuştur. Skala değeri 3 olan ve iki denemeden birisinde elde edilen değeri 3 ün altında olan popülasyonlar 3.cü kez bioassay çalışmasına tabi tutulmuş ve değerlendirmeye alınmıştır. Bioassay çalışması sonucunda elde 13 farklı popülasyon doz etki çalışmasına tabi tutulmuştur. Bioassay çalışmaları sonucunda elde edilen değerler dayanıklı popülasyon Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Yabani hardal bitkisinde tribenuron methyl ile yapılan bioassay çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar (Skala değerleri; 0 canlı, 1 canlı, 2 canlı, 3 canlı, 4 ölü, 5 ölü).

Örnek Kodu	14 cü gün sonrası skala değeri	28 ci gün sonrası skala değeri
A-001	4	5
A-002	4	5
A-003	4	5
A-004	5	5
A-005	4	5
A-006	5	5
A-007	1	2
A-008	5	5
A-009	4	5
A-010	5	5
A-011	5	5
A-012	4	5
A-013	4	5
A-014	5	5
A-015	5	5
A-016	5	5
A-017	5	5
A-018	5	5
A-019	5	5
A-020	4	5
A-021	5	5
A-022	1	2
A-023	5	5
A-024	5	5
A-025	5	5
A-026	4	5

Çizelge 4.2. (devamı) Yabani hardal bitkisinde tribenuron methyl ile yapılan bioassay çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar (Skala değerleri; 0 canlı, 1 canlı, 2 canlı, 3 canlı, 4 ölü, 5 ölü).

A-027	4	5
A-028	5	5
A-029	5	5
A-030	5	5
A-031	4	5
A-032	5	5
A-033	5	5
A-034	4	5
A-035	5	5
A-036	5	5
Ç-001	4	5
Ç-002	4	5
Ç-003	4	5
Ç-004	4	5
Ç-005	4	5
Ç-006	3	4
Ç-007	4	5
Ç-008	3	4
Ç-009	3	4
Ç-010	4	5
Ç-011	3	4
Ç-012	3	4
Ç-013	4	4
Ç-014	3	4
Ç-015	4	5
Ç-016	3	4
Ç-017	2	3
Ç-018	4	5

Çizelge 4.2. (devamı) Yabani hardal bitkisinde tribenuron methyl ile yapılan bioassay çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar (Skala değerleri; 0 canlı, 1 canlı, 2 canlı, 3 canlı, 4 ölü, 5 ölü).

Ç-019	4	5
Ç-020	4	5
Ç-021	4	5
Ç-022	3	4
Ç-023	4	5
Ç-024	4	5
Ç-025	4	5
Ç-026	3	4
Ç-027	3	4
Ç-028	4	5
Ç-029	4	5
Ç-030	4	5
Ç-031	3	5
Ç-032	3	4
Ç-033	4	5
Ç-034	3	4
Ç-035	4	5
Ç-036	4	5
Ç-037	4	5
Ç-038	3	4
Ç-039	4	5
Ç-040	4	5
Ç-041	4	5
Ç-042	4	5
Ç-043	4	5
Ç-044	3	4
Ç-045	4	5
Ç-046	3	4

Çizelge 4.2. (devamı) Yabani hardal bitkisinde tribenuron methyl ile yapılan bioassay çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar (Skala değerleri; 0 canlı, 1 canlı, 2 canlı, 3 canlı, 4 ölü, 5 ölü).

Ç-047	4	5
Ç-048	4	5
Ç-049	3	4
Ç-050	4	5
Ç-051	4	5
Ç-052	3	5
Ç-053	4	5
Ç-054	4	5
Ç-055	4	5
Ç-056	4	5
Ç-057	4	5
Ç-058	4	5
Ç-059	3	4
Ç-060	4	5
Ç-061	4	5
Ç-062	3	4
Ç-063	4	5
Ç-064	3	4
Ç-065	4	5
Ç-066	4	5
Ç-067	3	5
Ç-068	4	5
Ç-069	4	5
Ç-070	4	5
Ç-071	3	4
Ç-072	3	5
Ç-073	4	5
Ç-074	4	5

Çizelge 4.2. (devamı) Yabani hardal bitkisinde tribenuron methyl ile yapılan bioassay çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar (Skala değerleri; 0 canlı, 1 canlı, 2 canlı, 3 canlı, 4 ölü, 5 ölü).

Ç-075	3	4
Ç-076	4	5
Ç-077	4	5
Ç-078	4	5
Ç-079	5	5
Ç-080	4	5
Ç-081	4	5
Ç-082	4	5
Ç-083	4	5
Ç-084	3	5
Ç-085	4	5
Ç-086	4	5
Ç-087	4	4
Ç-088	3	5
Ç-089	4	5
Ç-090	4	5
Ç-091	4	5
Ç-092	4	5
Ç-093	3	5
Ç-094	4	5
Ç-095	4	5
Ç-096	4	5
Ç-097	4	5
Ç-098	3	4
Ç-099	4	5
Ç-100	4	5
Ç-101	4	5
Ç-102	3	4

Çizelge 4.2. (devamı) Yabani hardal bitkisinde tribenuron methyl ile yapılan bioassay çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar (Skala değerleri; 0 canlı, 1 canlı, 2 canlı, 3 canlı, 4 ölü, 5 ölü).

Ç-103	3	5
Ç-104	4	5
Ç-105	4	5
Ç-106	5	5
Ç-107	4	5
Ç-108	5	5
Ç-109	4	5
T-001	4	5
T-002	3	5
T-003	3	4
T-004	3	4
T-005	3	5
T-006	3	4
T-007	4	5
T-008	3	4
T-009	3	5
T-010	2	2
T-011	2	2
T-012	2	2
T-013	3	5
T-014	3	4
T-015	3	5
T-016	3	4
T-017	3	5
T-018	4	4
T-019	3	5
T-020	4	5
T-021	4	5

Çizelge 4.2. (devamı) Yabani hardal bitkisinde tribenuron methyl ile yapılan bioassay çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar (Skala değerleri; 0 canlı, 1 canlı, 2 canlı, 3 canlı, 4 ölü, 5 ölü).

T-022	4	5
T-023	3	4
T-024	4	5
T-025	3	5
T-026	4	5
T-027	4	5
T-028	3	5
T-029	3	4
T-030	3	5
T-031	3	4
T-032	4	5
T-033	3	4
T-034	1	2
T-035	3	4
T-036	1	2
T-037	3	5
T-038	2	3
T-039	3	5
T-040	3	5
T-041	3	5
T-042	4	5
T-043	4	5
T-044	4	5
T-045	3	4
T-046	3	4
T-047	4	5
T-048	3	5
T-049	3	5

Çizelge 4.2. (devamı) Yabani hardal bitkisinde tribenuron methyl ile yapılan bioassay çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar (Skala değerleri; 0 canlı, 1 canlı, 2 canlı, 3 canlı, 4 ölü, 5 ölü).

T-050	2	3
T-051	3	5
T-052	4	5
T-053	3	4
T-054	3	5
T-055	3	5
T-056	4	5
T-057	4	5
T-058	3	4
T-059	3	4
T-060	3	4
T-061	4	5
T-062	3	5
Y-001	3	5
Y-002	3	5
Y-003	3	5
Y-004	4	5
Y-005	4	5
Y-006	4	5
Y-007	4	5
Y-008	3	5
Y-009	4	5
Y-010	3	5
Y-011	4	5
Y-012	3	5
Y-013	3	4
Y-014	4	5

Çizelge 4.2. (devamı) Yabani hardal bitkisinde tribenuron methyl ile yapılan bioassay çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar (Skala değerleri; 0 canlı, 1 canlı, 2 canlı, 3 canlı, 4 ölü, 5 ölü).

Y-015	3	5
Y-016	3	5
Y-017	4	4
Y-018	3	5
Y-019	3	5
Y-020	3	4
Y-021	2	3
Y-022	2	2
Y-023	4	5
Y-024	4	5
Y-025	3	5
Y-026	1	2
Y-027	4	5
Y-028	3	5
Y-029	4	4
Y-030	3	5
Y-031	3	4
Y-032	3	5
Y-033	5	5
Y-034	4	5
Y-035	4	5
Y-036	3	5
Y-037	3	5
Y-038	3	4
Y-039	4	5
Y-040	4	5
Y-041	3	5
Y-042	4	4

Çizelge 4.2. (devamı) Yabani hardal bitkisinde tribenuron methyl ile yapılan bioassay çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar (Skala değerleri; 0 canlı, 1 canlı, 2 canlı, 3 canlı, 4 ölü, 5 ölü).

Y-043	3	4
Y-044	3	5
Y-045	4	5
Y-046	3	5
Y-047	5	5
Y-048	3	5
Y-049	3	4
Y-050	3	5
Y-051	4	5
Y-052	3	5
Y-053	4	4
Y-054	4	5
Y-055	4	5
Y-056	3	5
Y-057	4	5
Y-058	4	4
Y-059	4	5
Y-060	4	5
Y-061	4	4
Y-062	3	5
Y-063	5	5
Y-064	4	5
Y-065	4	5
Y-066	4	5
Y-067	3	5
Y-068	4	5
Y-069	4	5

Çizelge 4.2. (devamı) Yabani hardal bitkisinde tribenuron methyl ile yapılan bioassay çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar (Skala değerleri; 0 canlı, 1 canlı, 2 canlı, 3 canlı, 4 ölü, 5 ölü).

Y-070	4	5
Y-071	3	5
Y-072	4	5
Y-073	3	5
Y-074	4	5
Y-075	4	5
Y-076	4	4
Y-077	4	5
Y-078	4	5
Y-079	3	5
Y-080	4	5
Y-081	4	5
Y-082	4	5
Y-083	4	5
Y-084	4	5
Y-085	4	5
Y-086	3	5
Y-087	3	4
Y-088	3	4
Y-089	4	5
Y-090	4	5
Y-091	4	4
Y-092	4	5
Y-093	4	5
Y-094	4	5
Y-095	3	5
Y-096	4	4

Çizelge 4.2. (devamı) Yabani hardal bitkisinde tribenuron methyl ile yapılan bioassay çalışmaları sonucunda elde edilen sonuçlar (Skala değerleri; 0 canlı, 1 canlı, 2 canlı, 3 canlı, 4 ölü, 5 ölü).

Y-097	4	5
Y-098	4	5
Y-099	4	5
Y-100	4	4
Y-101	4	5
Y-102	4	4
Y-103	4	4

*Çizelgede koyu renkli olarak işaretlenmiş olan popülasyonlar dayanıklılığında şüphe edilen popülasyonlardır.

Bioassay çalışması sırasında 310 farklı noktadan alınan örnekler tribenuron methyl etken maddeli herbisit N dozunda denemeye alındığında 13 popülasyonda bitkilerin canlılıklarını korudukları tespit edilmiştir. Bu popülasyonlara bakıldığında Amasya'dan 2, Çorum'dan 1, Tokat'tan 7 ve Yozgat'tan ise 3 popülasyon tribenuron methyl etken maddeli herbisit ruhsatlı dozunun uygulanmasını takip eden 28 gün boyunca hayatta kalmayı ve skala değerlendirmesinde canlı grubunda kalmayı başarmışlardır. Bioassay tarama testinde skala değeri 0-3 arasında olan 4 ile ait 13 farklı popülasyon ile örneklerin alındığı ilçeler birlikte Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Bioassay tarama testinde canlılıklarını sürdüren dayanıklı şüpheli popülasyonların bilgileri

Popülasyon Kodu	İli	İlçesi	Yükseklik (m)
A-007	Amasya	Taşova	343
A-022	Amasya	Merkez	420
Ç-017	Çorum	İskilip	603
T-010	Tokat	Erbaa	225
T-011	Tokat	Erbaa	221
T-012	Tokat	Erbaa	203
T-034	Tokat	Zile	598

Çizelge 4.3. (devamı) Bioassay tarama testinde canlılıklarını sürdüren dayanıklı şüpheli popülasyonların bilgileri

T-036	Tokat	Zile	628
T-038	Tokat	Zile	628
T-050	Tokat	Turhal	558
Y-021	Yozgat	Yerköy	791
Y-022	Yozgat	Yerköy	787
Y-026	Yozgat	Yerköy	763

Bioassay tarama testi sonuçlarına göre farklı popülasyonlarda gelişim ve ölümler 28 gün boyunca düzenli olarak kontrol edilmiş ve görülen belirtiler Şekil 4.3., Şekil 4.4., Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.'te verilmiştir.



Şekil 4.3. Farklı lokasyondan toplanan yabani hardal'ın kontrol olarak yetiştirilmesi



Şekil 4.4. Bioassay çalışması sırasında canlılığını koruyan dayanıklı şüpheli olan popülasyon



Şekil 4.5. Bioassay çalışması sırasında ölüm olayı gerçekleşen yabancı hardal bitkisi



Şekil 4.6. Bioassay çalışması sırasında ölüm olayı gerçekleşmeye başlayan yabancı hardal bitkisi

4.3. Doz-etki Çalışmalarının Yapılması

ALS grubu bir herbisit olan tribenuron methyl, buğday yetiştiriciliğinde sorun olan yabancı otlara karşı çıkış sonrası [hububatın 2 yapraklı devresinden kın devresine (başak kın içerisinde) kadar olan dönem içinde] kullanılmakta olup tavsiye edilen dozu 1 g/da'dır. Arazi sürveyi sonucunda toplanmış olan 310 adet örnek popülasyonun bioassay çalışması sonucunda canlılığını koruyan yani dayanıklılığında şüphe duyulan 13 popülasyonu doz-etki çalışmasına alınmıştır. Doz etki çalışmaları için yabancı hardal bitkileri saksı başına iki adet kalacak şekilde ayarlandıktan sonra N, 2N, 4N, 8N ve 16N katı dozlarda uygulamaya tabi tutulmuştur. 28 gün boyunca takibi yapılan bitkiler 0-5 skolasına göre değerlendirmesi yapılmıştır (Çizelge 4.4) Yapılan değerlendirme ardından bitki kuru ağırlıkları alınması için kök boğazından kesilmiş (Şekil 4.7) ve kuru ağırlıkları alınarak ED₅₀ değeri hesaplanmış ve bu değerler ile dayanıklılık katsayısı Çizelge 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.7. Kök boğazından kesilerek kurutulacak olan yabani hardal bitkisi

Çizelge 4.4. Yabani hardal popülasyonlarının doz etki çalışmasında 0-5 skolasına göre değerlendirilmesi (Skala değerleri; 0 canlı, 1 canlı, 2 canlı, 3 canlı, 4 ölü, 5 ölü).

	K	N	2N	4N	8N	16N
A-007	0	1	2	2	3	3
A-022	0	1	2	2	2	3
Ç-017	0	2	2	2	3	4
T-010	0	2	3	3	4	4
T-011	0	2	2	3	4	4
T-012	0	2	3	3	3	4
T-034	0	1	2	3	4	4
T-036	0	1	1	2	2	3
T-038	0	2	3	4	4	5
T-050	0	2	3	3	4	4
Y-021	0	2	2	3	3	3
Y-022	0	2	2	2	3	3
Y-026	0	2	2	3	3	4
Kp	0	5	5	5	5	5

Kp: Kontrol Popülasyonu, K: Kontrol, N: Ruhsatlı doz, 2N: Ruhsatlı dozun iki katı, 4N: Ruhsatlı dozun 4 katı, 8N: Ruhsatlı dozun 8 katı, 16N: Ruhsatlı dozun 16 katı.

Çizelge 4.4'te şüpheli olan 13 popülasyon ile ilaç kullanılmamış bölgeden alınmış olan hassas popülasyon kontrol bitkileri kıyaslanmıştır. Doz etki çalışmaları sonucunda

hassas kontrol grubu bitkilerde ilacın ruhsat almış olduğu N dozunda 5 skala değeri olarak bitkilerin tamamen öldüğü görülmüştür. T-038 popülasyonu hariç diğer popülasyonlarda herbisit ruhsat dozunda simptom oluşumu gözlemlenmemiştir. Ruhsatlı olan dozun 2 katına (2N) çıkıldığı zaman dahi A-007, A-022 ve T-036 popülasyonlarında bitkilerde herhangi bir simptom gözlemlenmemiştir. T-038 nolu popülasyonda ruhsatlı dozun 4 katında (4N) ölümler görülmeye başlamıştır. Ruhsat dozunun 8 katına (8N) çıkıldığı zaman T-010, T-011, T-034, T-038 ve T-050 nolu popülasyonlarda geri dönüşü mümkün olmayan bitki ölümleri meydana gelmiştir (Şekil 4.8.). Ç-017, T-012 ve Y-026 nolu popülasyonlarda ise geri dönüşü olmayan bitki ölümleri en yüksek doz olan 16 kat (16N) dozda gerçekleşmiştir.



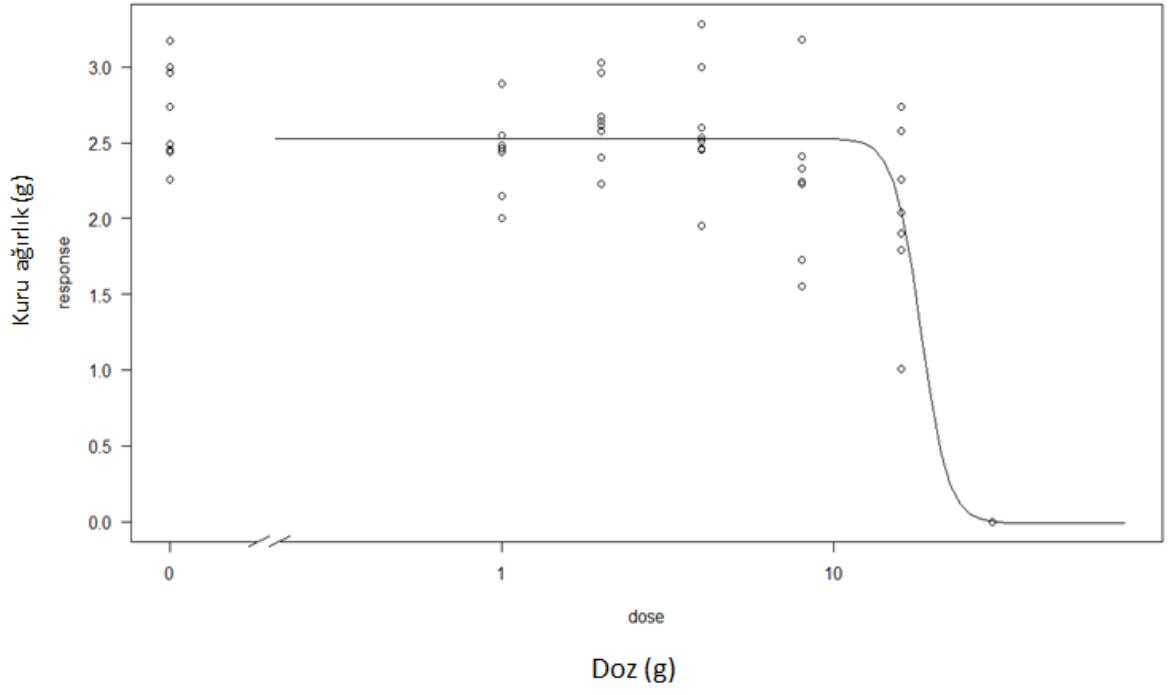
Şekil 4.8. Yüksek doz tribenuron-methyl uygulaması sonucunda yabani hardal bitkisinin ölmesi ve kuruması

Çizelge 4.5. Yabani hardal popülasyonlarının tribenuron methyl'e karşı ED₅₀ değerleri ve dayanıklılık katsayıları.

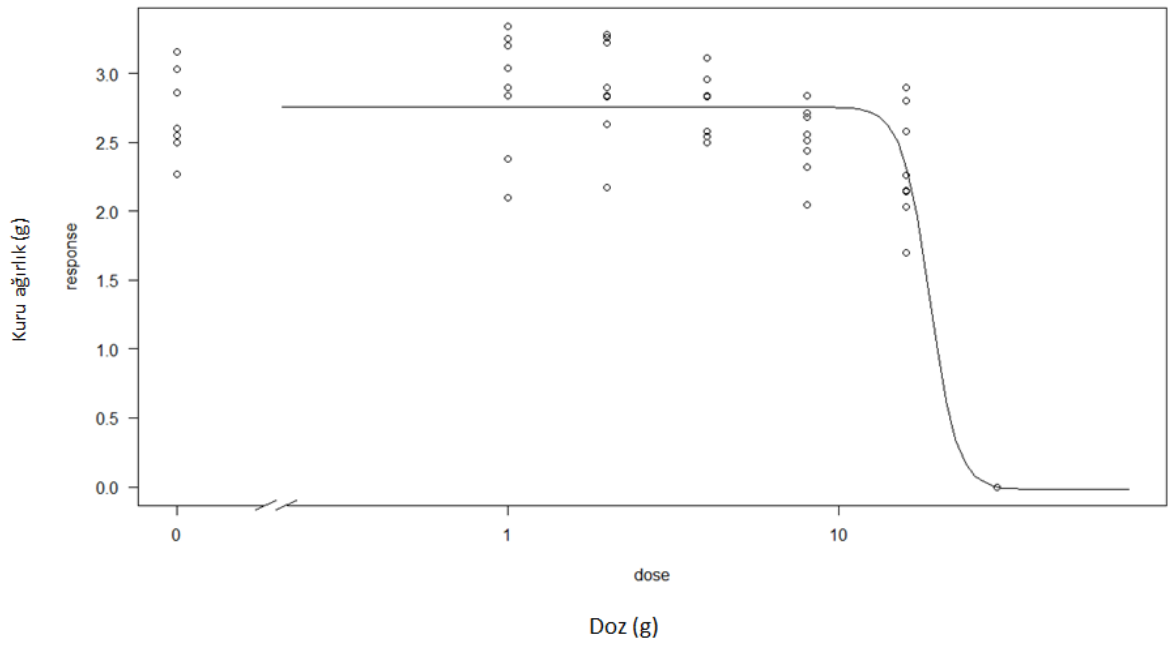
Populasyon No	ED	Standart hata	ED50 alt limit (c)	ED50 üst limit (d)	Dayanıklılık Katsayısı
A-007	7.157	0.873	5.986	8.625	7.2
A-022	3.891	0.360	3.164	4.618	3.9
Ç-017	6.894	0.621	5.146	8.011	6.9
T-010	3.927	0.145	2.986	4.863	3.9
T-011	4.251	0.287	3.881	4.914	4.3
T-012	7.656	0.544	5.719	9.271	7.7
T-034	1.029	0.102	0.837	1.405	1.0
T-036	2.141	0.349	1.452	2.992	2.1
T-038	3.213	0.405	2.067	4.118	3.2
T-050	5.444	0.109	5.187	5.972	5.4
Y-021	3.168	0.857	1.546	4.639	3.2
Y-022	2.878	0.382	2.108	3.649	2.9
Y-026	2.330	0.578	0.164	3.495	2.3

ED₅₀: Etkili doz %50

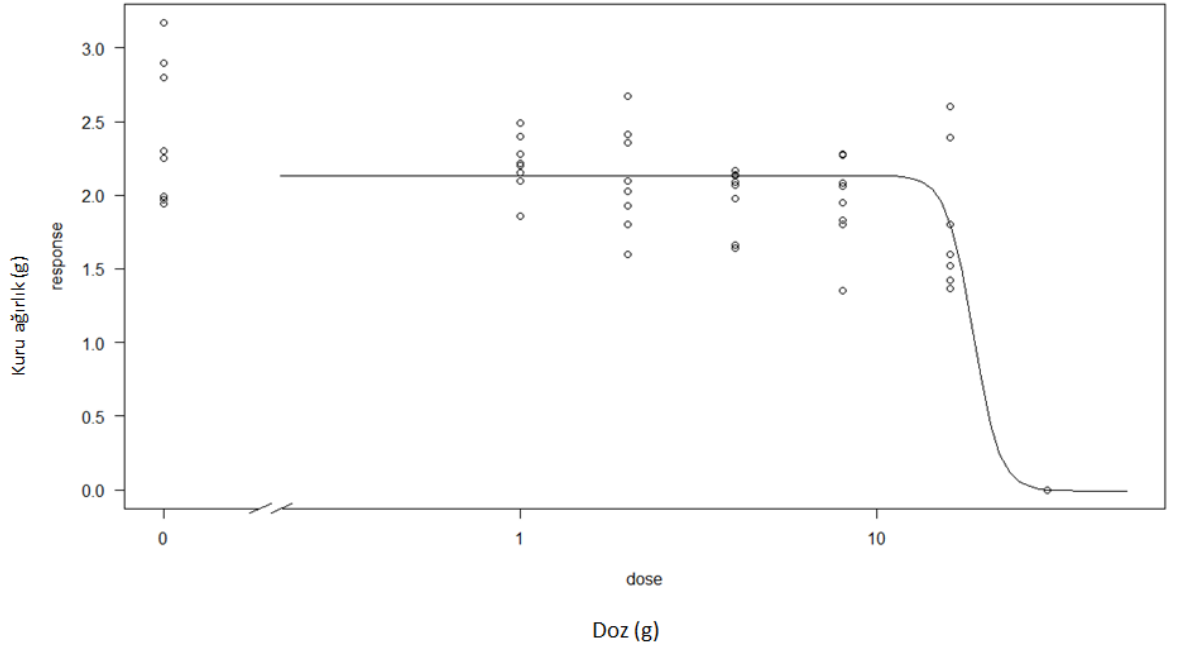
Şüpheli olarak ayrılan ve doz-etki taramasına tabi tutulan 13 popülasyonun ED₅₀ değeri ve dayanıklılık katsayı değerleri hesaplanmıştır. Dayanıklılık katsayısı tribenuron methyl'in ruhsatlı olan N dozuna (1 gr/da) göre kuru ağırlık kaybı açısından mevcut olan popülasyonun %50'ını öldürmek için gerekli olan dozu belirlemek amacıyla kullanılmıştır. T-034 nolu popülasyonun dayanıklılık katsayısının en az olduğu (1.029), en yüksek dayanıklılık katsayısının ise T-012 nolu Tokat popülasyonunda (7.656) olduğu tespit edilmiştir. Bu popülasyonları sırasıyla A-022 ve Ç-017 popülasyonları takip etmiştir (Çizelge 4.5). Elde edilen kuru ağırlık verilerine göre oluşturulan doz-etki grafikleri de Şekil 4.9-4.21 aralığında verilmiştir.



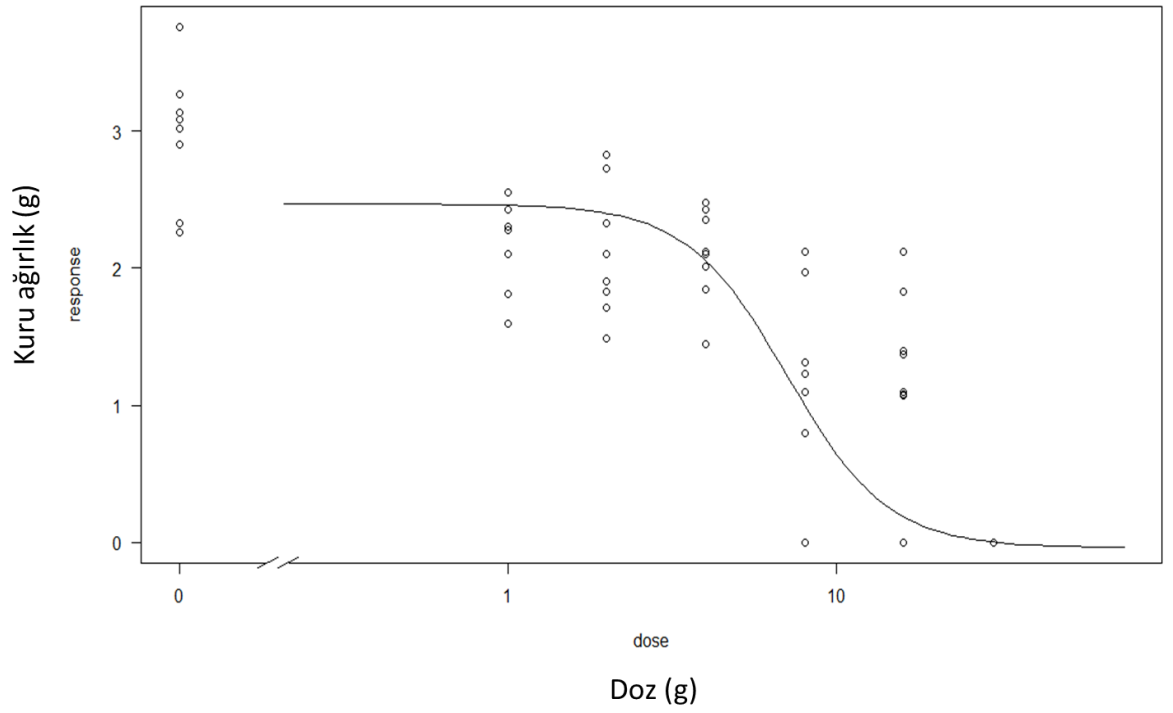
Şekil 4.9. A-007 popülasyonunun doz-etki eğrisi



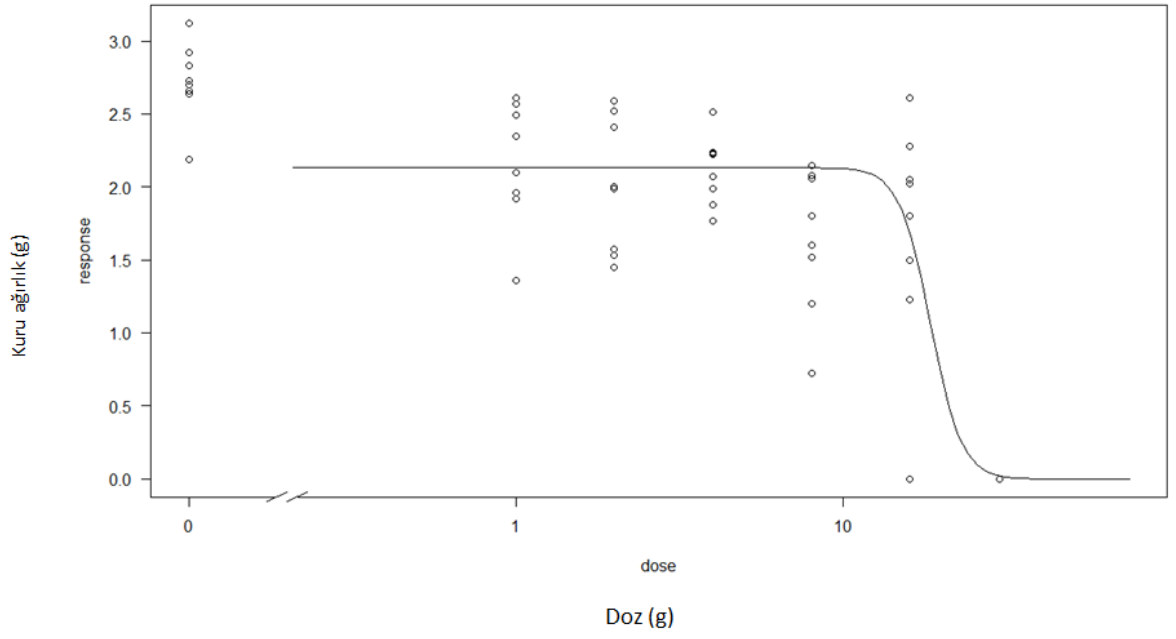
Şekil 4.10. A-022 popülasyonunun doz-etki eğrisi



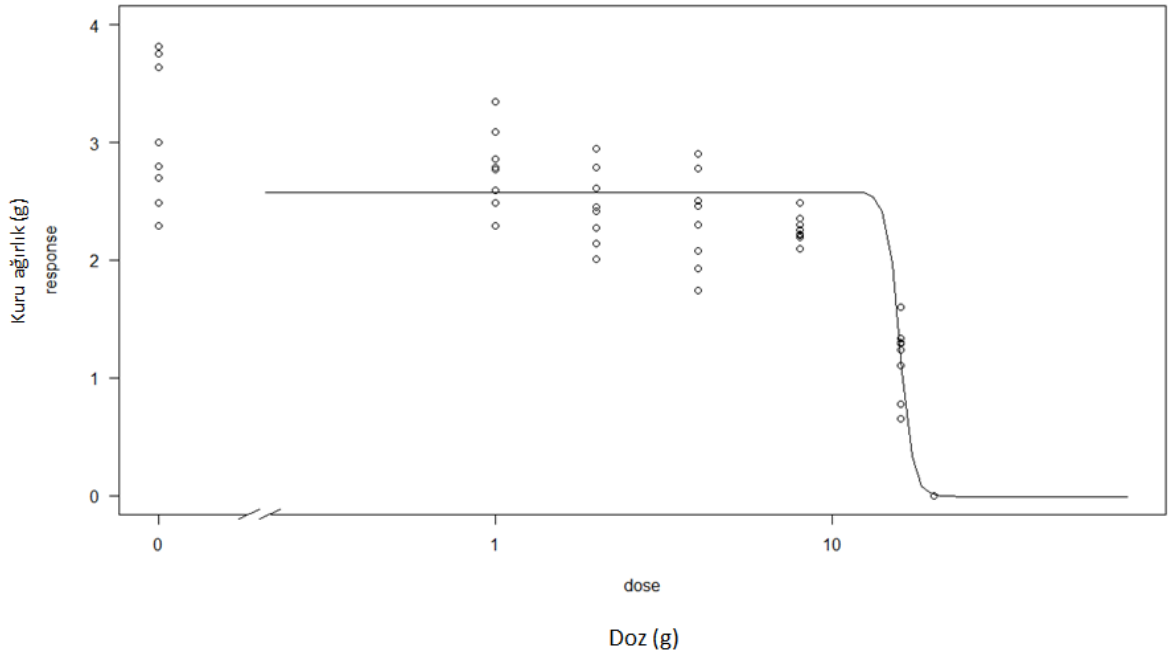
Şekil 4.11. Ç-017 popülasyonunun doz-etki eğrisi



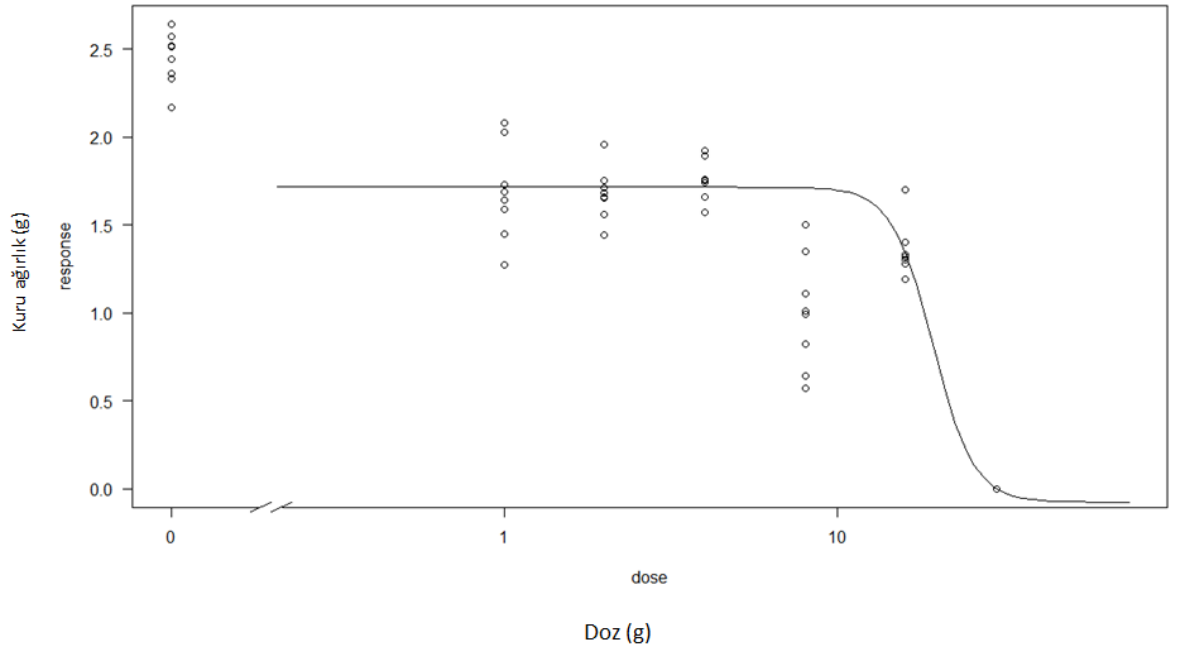
Şekil 4.12. T-010 popülasyonunun doz-etki eğrisi



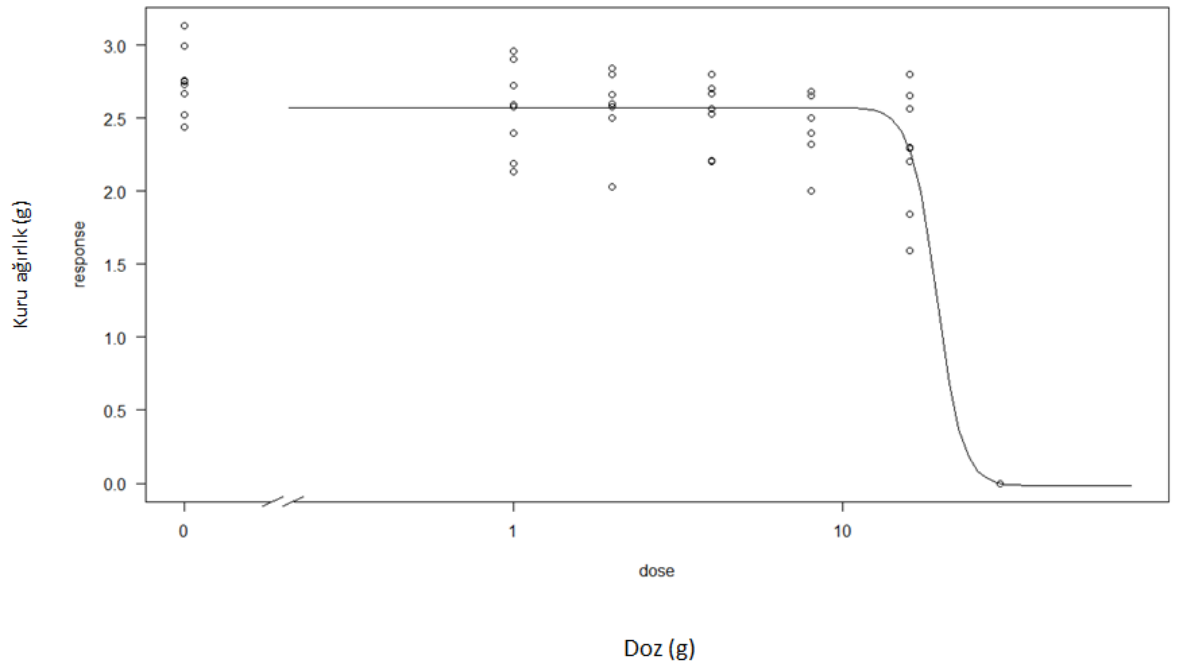
Şekil 4.13. T-011 popülasyonunun doz-etki eğrisi



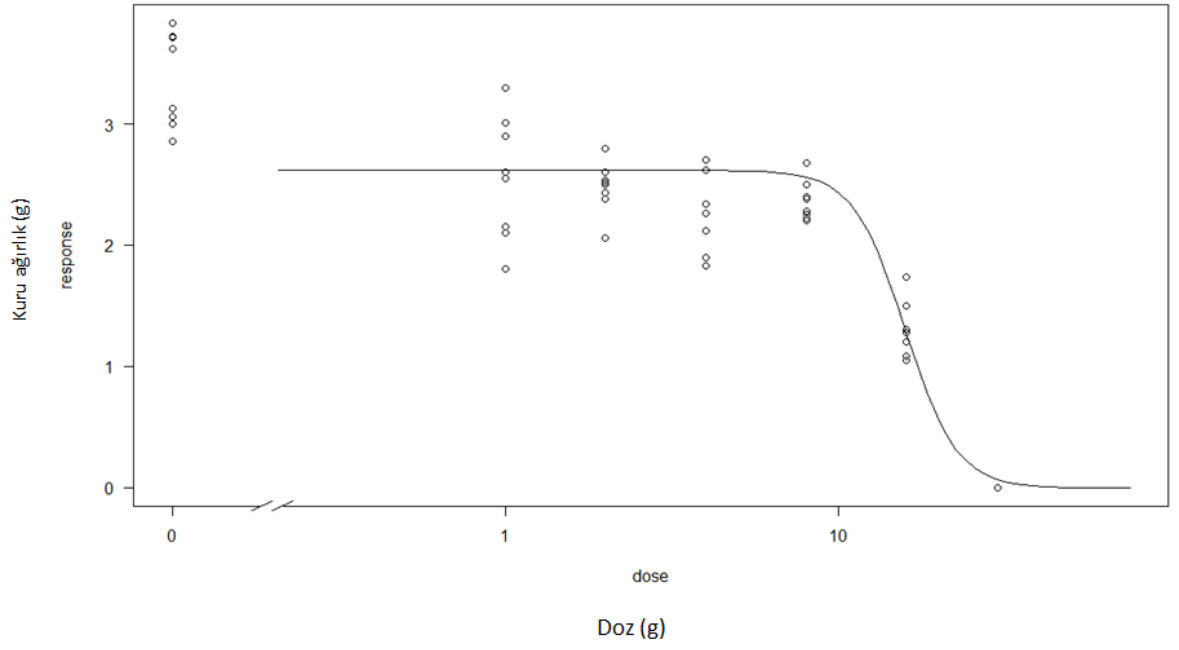
Şekil 4.14. T-012 popülasyonunun doz-etki eğrisi



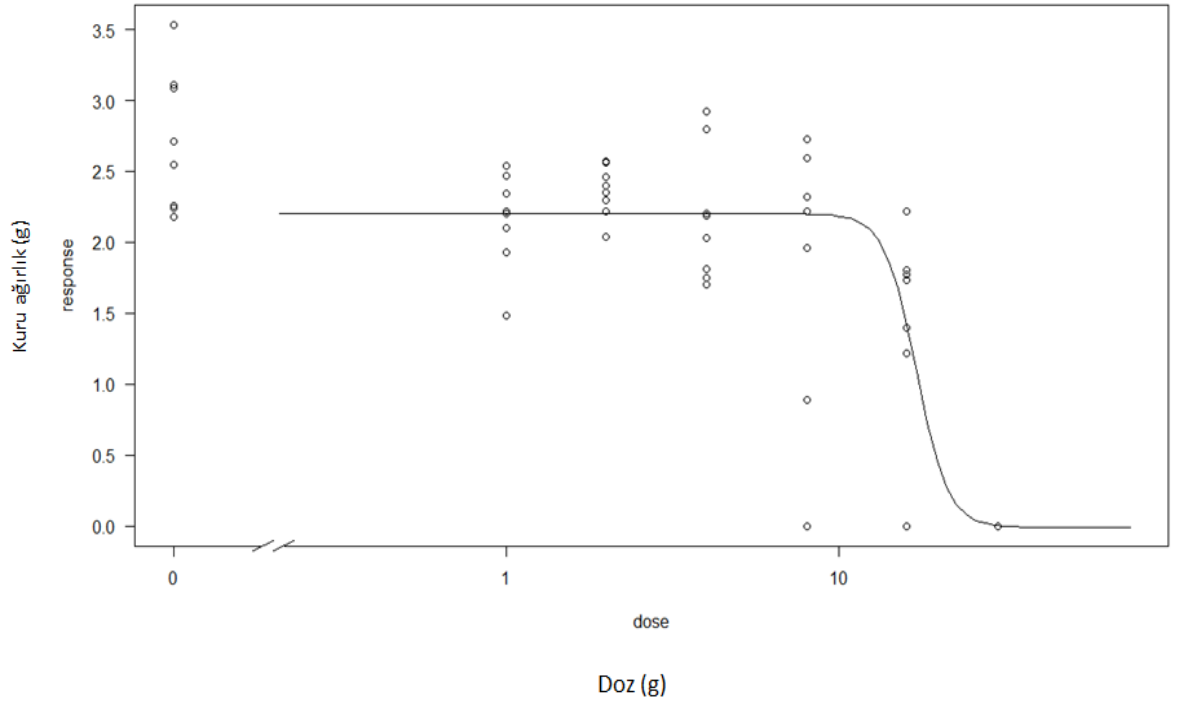
Şekil 4.15. T-034 popülasyonunun doz-etki eğrisi



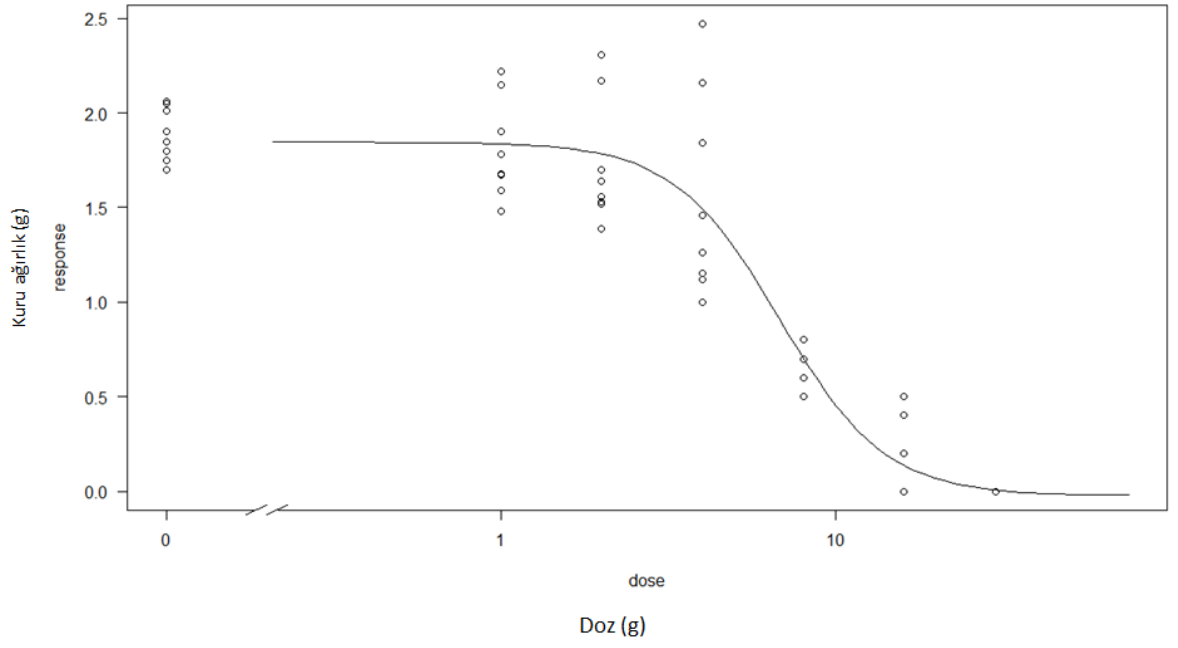
Şekil 4.16. T-036 popülasyonunun doz-etki eğrisi



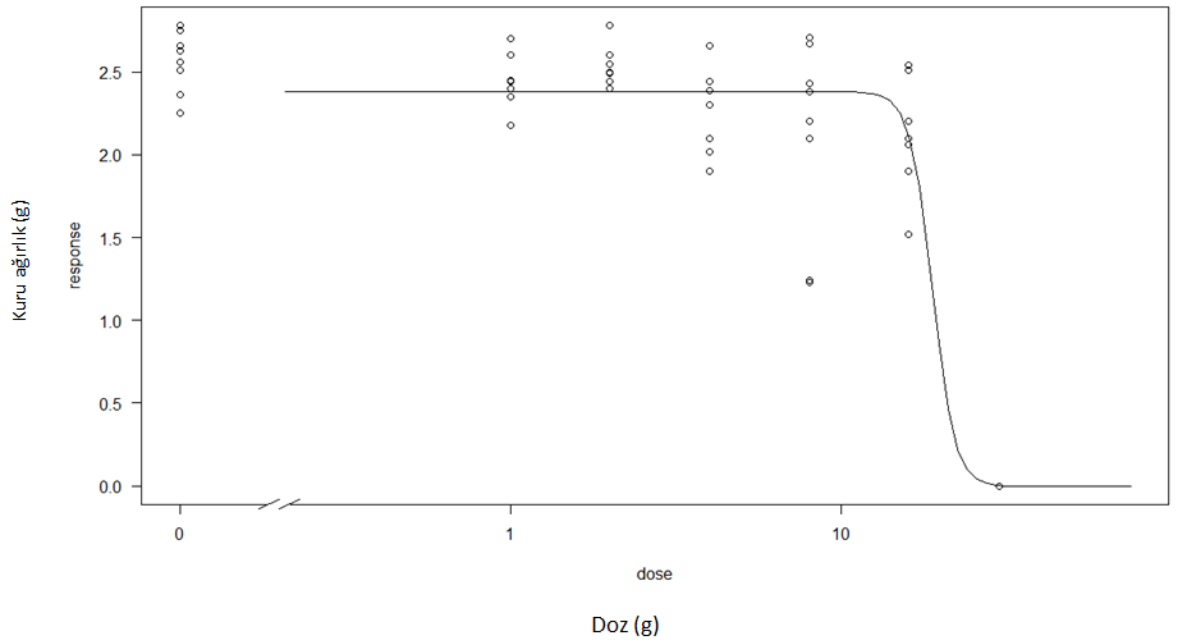
Şekil 4.17. T-038 popülasyonunun doz-etki eğrisi



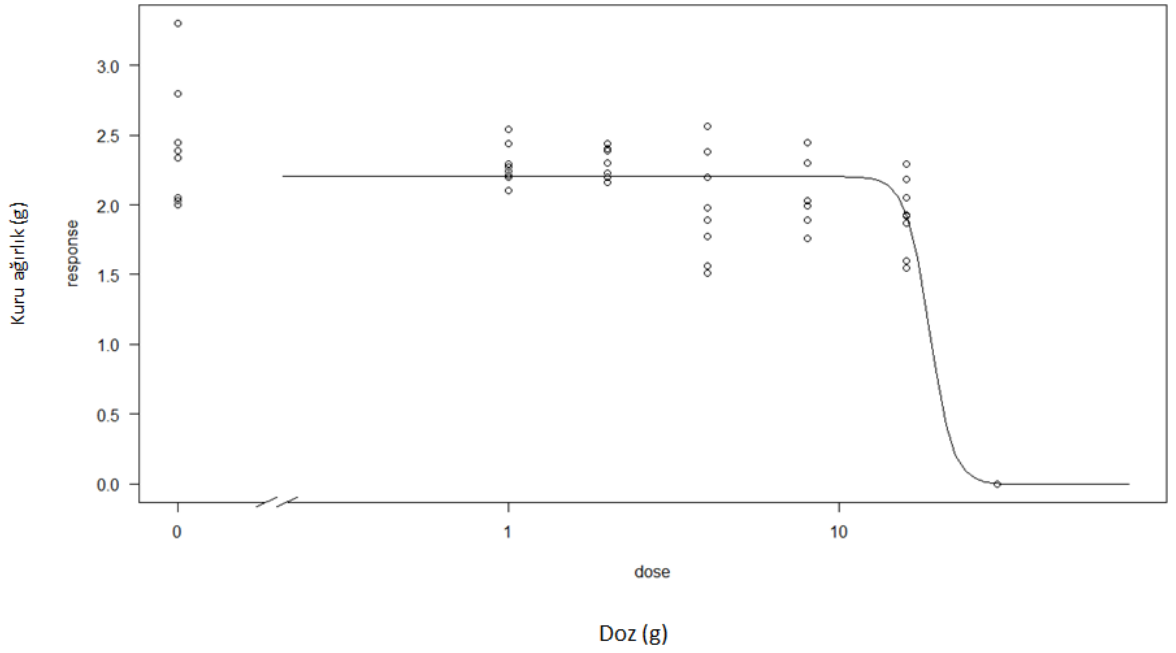
Şekil 4.18. T-050 popülasyonunun doz-etki eğrisi



Şekil 4.19. Y-021 popülasyonunun doz-etki eğrisi



Şekil 4.20. Y-022 popülasyonunun doz-etki eğrisi



Şekil 4.21. Y-026 popülasyonunun doz-etki eğrisi

Hazırlanan doz-etki grafikleri incelendiği zaman Amasya popülasyonlarında 10 kat doz uygulamasından sonra bitkilerde tribenuron methyl etken maddesine karşı tepki verdiği görülmektedir. En yüksek doz olan 16 kat doz kullanıldığında bu popülasyonlarda ölümlerin gerçekleşmeye başladığı elde edilen kuru ağırlık miktarları ile de gösterilmektedir. Çorum'dan toplanmış olan Ç-017 nolu popülasyon'da Amasya örnekleri ile benzer sonuç göstermiştir. Tokat örneklerine ait olan doz-etki çizelgesi incelendiği zaman ise Tokattan toplanan popülasyonlar arasında çeşitli değişiklikler olduğu, bu durumun en belirgin örneğinin T-010 popülasyonunda gerçekleştiği gözükmemektedir. 2 kat dozdan sonra T-010 nolu popülasyonda düşüş gerçekleşmeye başlamıştır. Tokat popülasyonları arasında en yüksek kuru ağırlığa sahip olan popülasyon ise T-036 nolu popülasyondur. Her ne kadar T-038 nolu popülasyonda doz-etki grafiğine göre 10 kat doz uygulaması sonucunda kuru ağırlıkta azalış gözükse de, 0-5 skalasına göre 4N dozdan sonra bitkilerde ölüm olayı gerçekleşmeye başlamıştır. Yozgat ili popülasyonları içerisinde doz-etki değerlendirmesine alınan 3 popülasyon içinde Y-021 nolu izolatin doz-etki eğrisinin ilk olarak kırıldığı görülmektedir. Yozgat popülasyonları arasında en yüksek ED₅₀ değerine Y-021 nolu popülasyon sahip olduğu halde grafik olarak ilk kırılma noktası Y-021 nolu popülasyonda gerçekleşmiştir. Tüm

popölasyonlar kıyaslandığı zaman ise en yüksek ED₅₀ değerini T-012 ve A-007 nolu popölasyonda en yüksek değerlere ulaştığı gözlemlenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda bitkilerin değerlendirilmesi yapılr iken sadece kuru ağırlık ya da 0-5 skala değerine göre değil de bu iki değerin birlikte kıyaslanarak yapılmasının daha doğru olacağı kanaatine varılmıştır.

4.4. Doz-Etki Çalışması Sırasında Oluşan Bazı Simptomlar

Doz etki çalışmalarında ruhsat dozu da dahil olmak üzere farklı dozların uygulanması sonucunda ölümler meydana gelmiştir. Ancak ruhsat dozunda ve hassas popölasyonlarda 10-14 günlük süreç içerisinde ölümler meydana gelirken, dayanıklı olduğundan şüphe edilen 13 popölasyonda uygulamadan 1 ay sonraki zaman içerisinde ölümlerin gerçekleşmesi (Şekil 4.22) dışında farklı belirtiler görölmüş olup bunlar da Şekil 4.23-4.29'da verilmiştir.

ALS inhibitörleri herbisitlerin uygulaması sonucunda genellikle belli başlı bazı belirtiler görölebilmektedir. Bu grup herbisitler ile ilişkisi görölen belirtiler genellikle ALS inhibitörlerinden kaynaklanan tanı belirtileridir ve çoğunlukla kloroz ile başlamaktadır. Bu tür ALS maruziyetiyle ilişkili kloroz, bazen renksiz yeşil damar parlak veya benekli. Yaprakların alt tarafları genellikle morumsu/kırmızımsı bir renk geliştirir. Son olarak, yapraklar ölebilir veya nekrotik hale gelebilir. ALS inhibitör hasarı belirtileri, etkilenmeden önce tamamen genişleyen yapraklarda çoğunlukla en az durumdadır. Tamamen genişlemiş yapraklar solgun, kırışık ve klorotik bir görünüm alırlar. Uygulamadan sonra gelişen yapraklar klorotik, buruşuk, bodur ve bozuktur. Etkilenen bitkiler ayrıca interveinal kloroz (damarlar arası kloroz), çim yapraklarında klorotik bantlama, kırmızı yaprak venasyonu (damarlanması), purpling (morarma), nekrotik (kahverengi) yaprak kenarları ve kademeli ölüm sergileyebilir. ALS inhibitörleri terminal ve lateral büyümeyi durdurabilir ve sürgün uçlarının ölmesine neden olabilir. Saplar nekrotik lezyonlar ve çatlaklar ile koyu kırmızı bir renk geliştirebilir.



Şekil 4.22. Doz-etki çalışması sırasında yabani hardal bitkisinin tribenuron methyl etken maddesi nedeniyle ölmesi



Şekil 4.23. Doz-etki çalışmasında tribenuron methyl uygulamasının yabani hardalın büyüme noktasına etkisi

Şekil 4.23.'te gösterilmiş olan büyüme konisinin etkilenmesiyle bitkinin bundan sonraki dönemde yaşayamamasına ve tohum üretememesine neden olmaktadır.



Şekil 4.24. Doz-etki çalışmasında tribenuron methyl uygulamasının yabani hardalda kloroz oluşturmaları

Özellikle N, 2N ve 4N dozlarda yabani hardal bitkisinde en çok görülen semptom bitkide klorozların görülmesidir (Şekil 4.24.). Normal koşullarda uygulamadan 10 gün sonra ruhsatlı dozda gözükmeye gerekirken doz etki çalışması sırasında özellikle 2 ve 4 kat dozlarda 15-20 gün sonunda klorozlar görülmeye başlanmıştır. Kloroz görülen bitkiler 1 aylık süreçte takip edildiğinde kloroz sonucunda bazıları ölür iken, bazılarında ise bodurlaşma ve gelişme gerilikleri tespit edilmiştir.



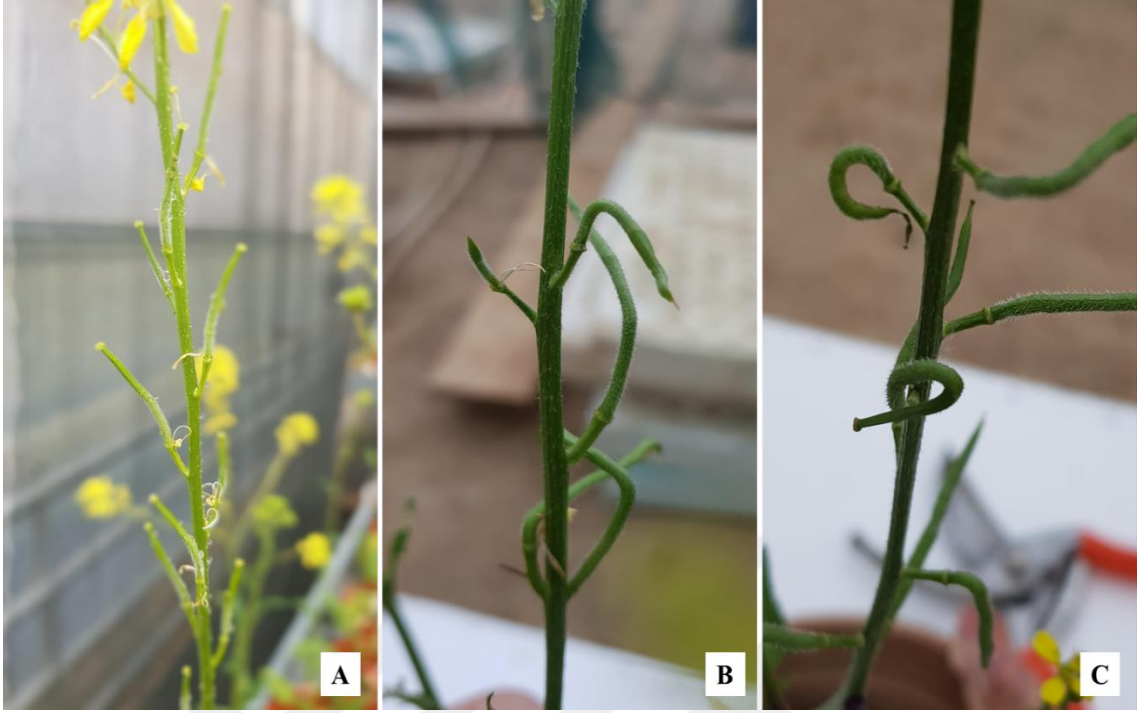
Şekil 4.25. Doz-etki çalışmasında tribenuron methyl uygulamasının yabani hardalda çalılşma görüntüsü

Şekil 4.25’te görüldüğü gibi özellikle 4N, 8N ve 16N kat dozlarda dayanıklılık şüphesi olan popölasyonların bazılarında çalılşma belirtisi gözlemlenmiştir. Bu bitkilerin 1 aylık süreçleri takip edildiğı zaman bazılarının çiçek açtığı ve devamında ise çok düşük oranda da olsa bakla oluşturduğu, oluşan bu baklalarda miktarı ve boyutu küçük tohum oluşturmaya yöneldiğı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.26. Doz-etki çalışmasında tribenuron methyl uygulamasının yabani hardal bitkilerinde bodurlaşma

Şekil 4.26’te belirtilmiş olan yüksek dozlarda bitkilerde bodurlaşma sonucunda bitki alt yapraklarını güçlü şekilde oluşturmakta ancak üst kısımlarda yaprak oluşturmamaktadır. Bu tür bitkiler boyca kısa kalmanın yanı sıra gövdesinde kalınlaşma, küçük ve şekilsiz bakla oluşumu gibi devam eden belirtiler göstermektedir.



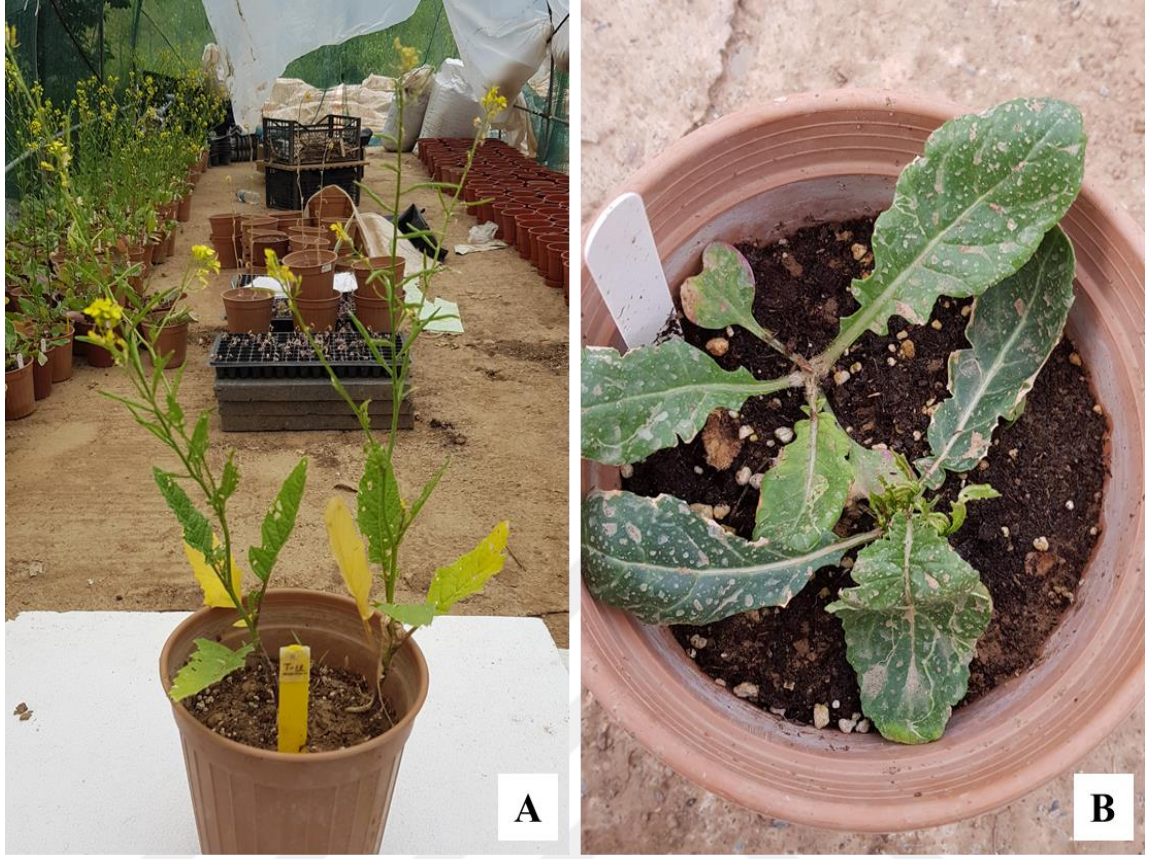
Şekil 4.27. Doz-etki çalışmasında tribenuron methyl uygulamasının yabani hardal baklalarında deformasyonları (A: İlaç uygulanmayan bitkide bakla oluşumu, B-C: Yüksek doz uygulama sonrasında bakla deformasyonları)

Şekil 4.27.'te görüldüğü gibi yüksek dozda herbisit uygulaması sonrasında yabani hardal bitkisinin oluşturmuş olduğu bakla yapısında şekil bozuklukları ve baklalardaki tohum miktarında azalış, ayrıca oluşturmaya çalıştığı tohum boyutunda da küçülmelerin olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.28. Doz-etki çalışmasında tribenuron methyl uygulamasının yabani hardalda çiçek deformasyonları (A: İlaç uygulanmayan bitkide bakla oluşumu, B-C: Yüksek doz uygulama sonrasında çiçek deformasyonları)

Şekil 4.28.'te sağlıklı (kontrol) yabani hardal ile, yüksek dozlar da (8N, 16N doz gibi) bitkilerde çiçek oluşmadığı veya oluşan çiçeklerin çok hızlı şekilde döküldüğü gözlemlenmiştir. Bu hızlı çiçek dökümü sonucunda bitkilerde ya bakla oluşmadığı ya da oluşsa bile oluşan baklaların çok seyrek ve deforme olduğu görülmüştür.

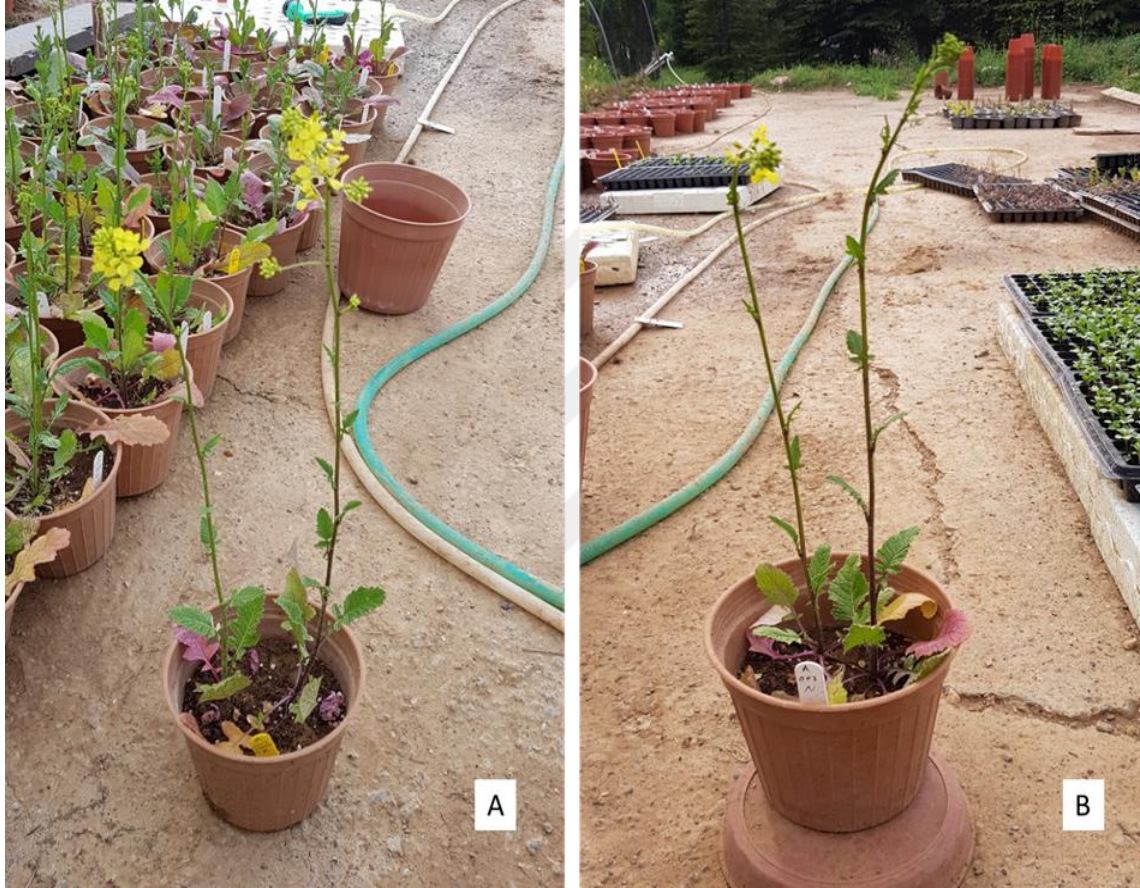


Şekil 4.29. Doz-etki çalışmasında tribenuron methyl uygulamasının yabani hardalda görülen genel şekil bozuklukları (A: İlaçsız kontrol, B: Yüksek doz uygulama sonrasında deformasyon).

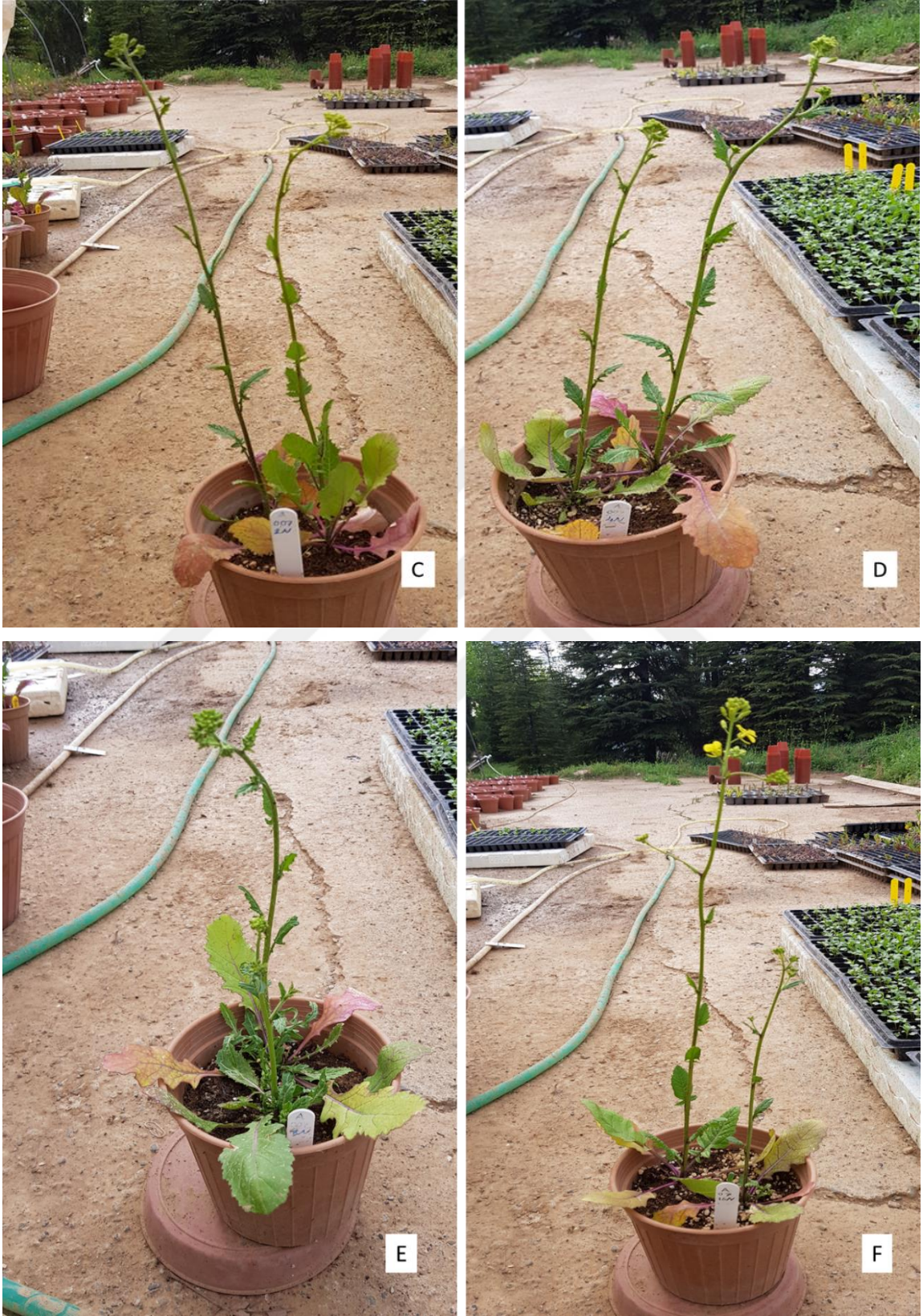
Şekil 4.29.'da görüldüğü gibi doz-etki çalışması sırasında kontrol bitkileri normal gelişimlerini sürdürmekteyken, özellikle 4N ve üzeri olan dozlarda (8N ve 16N) bitkilerde uç noktalarda kurumanın yanı sıra çiçek dökümleri, bakla deformasyonları dışında alt ana yapraklarda kalınlaşma sonucunda irileşme, gevrekleşme ve sertleşme gibi belirtiler ortaya çıkmıştır. Bu bitkilerden alınan örneklerin kuru ağırlıklarına bakıldığı zaman ise alt yapraklardaki kalınlaşmalar neticesinde kuru ağırlıklarının yüksek çıktığı, ancak bitkilerin uç noktalarının tamamen öldüğü saptanmıştır. Elde edilen bu sonuç doğrultusunda değerlendirme yapılırken sadece kuru ağırlık bakımından bitkilere bakmanın yanı sıra ayrıca skala değeri açısından da değerlendirilmesinin önemi ortaya çıkmaktadır.

Populasyon fitotoksisitelerinin ayrı ayrı değ erlendirilmesi

Dayanıklılık şüphesi taşıyan 13 farklı popülasyonda farklı dozlarda uygulanan herbisitlerin etkinliğine yönelik bitkilerde oluşan farklılaşmalar ayrı ayrı incelendiğinde ortaya çıkan belirtiler şekil 4.30–4.42. arasında verilmiştir.

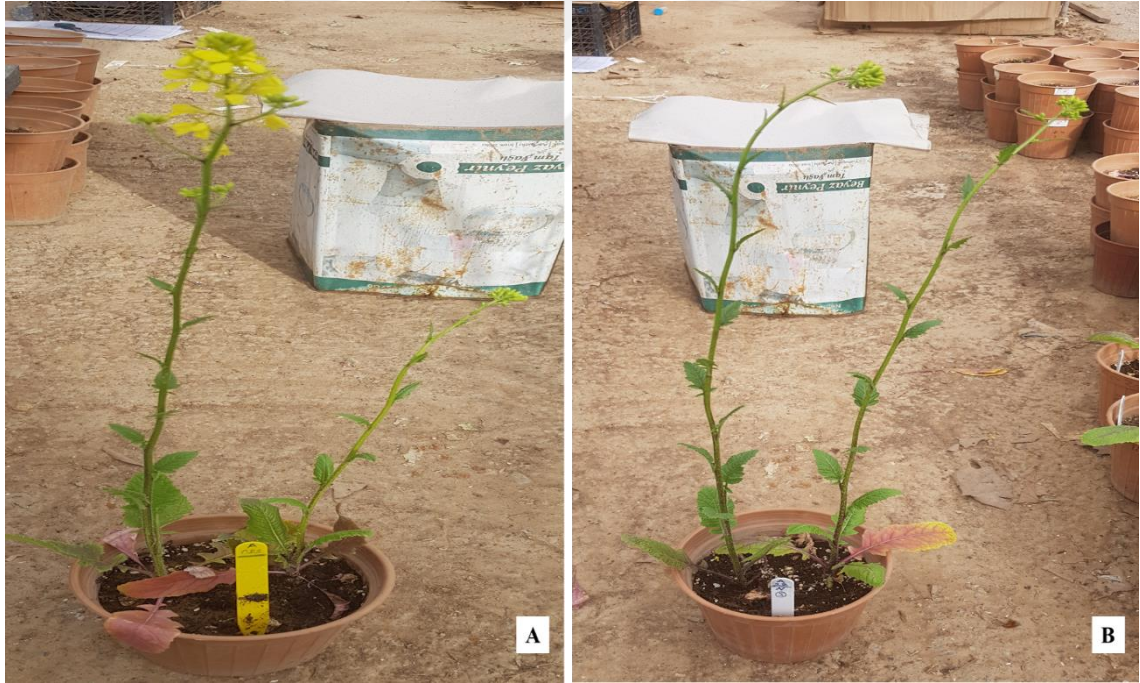


şekil 4.30. A-007 nolu popülasyonun doz etki çalışması belirtileri (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu).



Şekil 4.30. (devamı) A-007 nolu popülasyonun doz etki çalışması simptomları (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu).

Şekil 4.30'da A-007 nolu yabani hardal popülasyonunda farklı dozlarda tribenuron methyl uygulaması sonucunda bitkide farklılaşmalar ve belirtiler görülmektedir. A'da ilaçsız kontrol bitkisi verilmiş olup, bitkinin fenolojik gelişim dönemi olarak çiçeklenme ve bakla oluşumunun başlangıcı olduğu görülmektedir. Bu durumun tribenuron methyl uygulamasında doz artışıyla birlikte az miktarda gerilediği gözlemlenmiştir (Şekil 4.30 B, C ve D). İlaç uygulanmamış olan bitkiler düzenli çiçek açmış ve bakla oluşumuna başlamışken doz artışıyla birlikte çiçek açımının ve oluşumun gerilediği gözlemlenmiştir. Uygulama dozu 8 ve 16 kata çıktığında ise hiç ilaç uygulanmayan bitkilere göre fenolojik dönem gerilemesi (çiçek oluşumunda gerileme ve sayısında azalma), bitkide bazı deformasyonlar (alt yaprakların gevreksi yapı kazanması gibi) ve yer yer ölümlerin gerçekleştiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.30 E ve F).



Şekil 4.31. A-022 nolu popülasyonun doz etki çalışması belirtileri (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu).



Şekil 4.31. (devamı) A-022 nolu popülasyonun doz etki çalışması simptomları (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu).

Şekil 4.31’da A-022 nolu yabani hardal popülasyonunda farklı dozlarda tribenuron methyl uygulaması sonucunda bitkide oluşan farklılaşmalar ve simptomlar görülmektedir. Fotoğraf A’da ilaçsız kontrol bitkisi verilmiş olup, bitkinin fenolojik gelişim dönemi olarak çiçeklenme ve bakla oluşumunun başlangıcı olduğu

görülmektedir. Doz uygulanmasının başlanması ile birlikte bitki gelişiminde (çiçek açımı ve bakla oluşumunda) ilaçsız bitkilere oranla çiçeklenme dönemi ve çiçek sayısında gerilemenin olduğu, özellikle alt yapraklarda gevreksi yapının oluşmaya başladığı görülmüştür (Şekil 4.31 B, C ve D). Doz artışı 8 ve 16 kata ulaştığında ise benzer durumların daha yoğun olarak karşılaşıldığı görülmektedir. (Şekil 4.31 E ve F). Her ne kadar iki popülasyonda (A-007 ve A-022) Amasya ili örnekleri olsalar da yüksek dozlara A-022 nolu popülasyonun vermiş olduğu reaksiyon fenolojik olarak daha güçlü olduğunu gösterirken, alt yapraklardaki gevrekleşme olayının gerçekleşmesi sonucunda kuru ağırlık olarak A-007 popülasyonunu daha ağır göstermektedir.



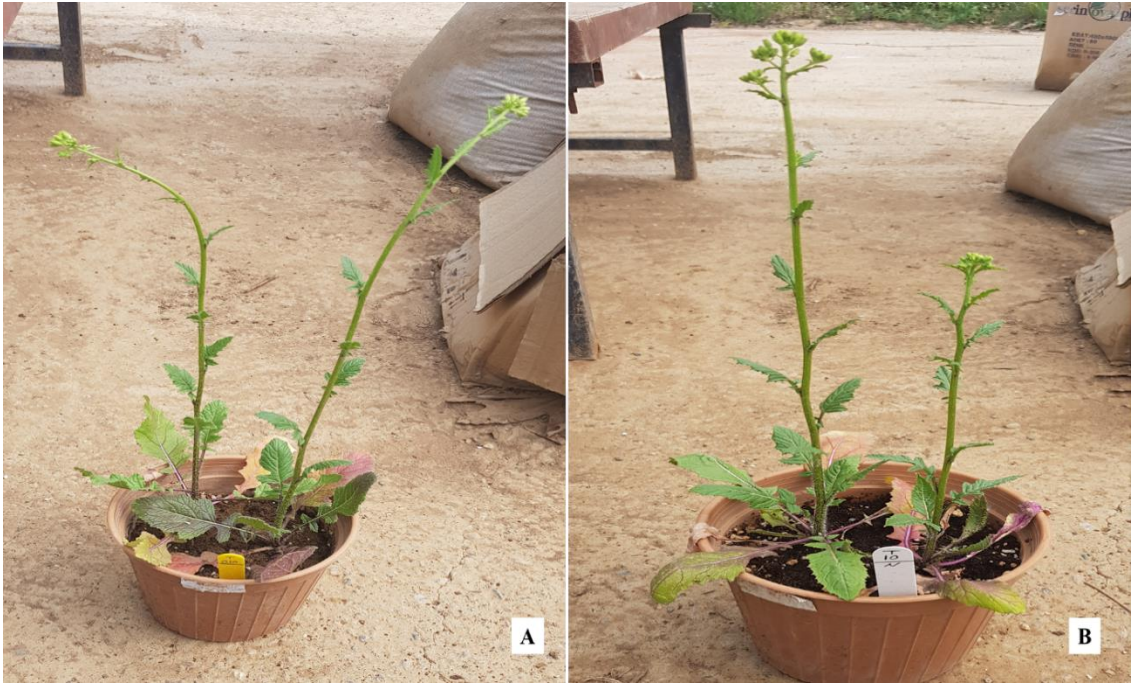
Şekil 4.32. Ç-017 nolu popülasyonun doz etki çalışması simptomları (A: İlaçsız Kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu).



Şekil 4.32. (devam) Ç-017 nolu popülasyonun doz etki çalışması simptomları (A: İlaçsız Kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu).

Şekil 4.32’de Ç-017 nolu popülasyonda farklı dozlardaki tribenuron methyl uygulaması sonucunda yabancı hardal bitkisinde oluşan farklılaşmalar ve belirtiler görülmektedir. Şekil 4.32. A’da ilaç uygulanmayan bitkiler görülmekte olup kontrol bitkileri çiçek açmış, fenolojik döneme girmiştir. N doz uygulamasının olduğu Şekil 4.32. B’de ise bitkide fenolojik dönem gerilemesinin olduğu, yer yer ise bitkide klorozlar ve uç

büyüme noktasında ise hasarlanmaların olduğu gözlemlenmiştir. Doz artışının gerçekleştiği Şekil 4.32 C ve D 'de ise (2N ve 4N dozlarında) başlangıçta bitkide fenolojik gerileme, bodurlaşma ve çalılışma olduğu görülmüştür. Yüksek doz uygulaması olan (8 ve 16 kat dozlar) Şekil 4.32 E ve F'de ise bitkide bodurlaşma, çalılışma, uç nokta kurumaları ve hatta bitkide ölümler gerçekleşmiştir. Amasya popülasyonlarına göre Çorum popülasyonunda görülen simptomlar çok daha yoğun ve bitki hasarlanmasının fazla olduğu sonucunu vermiştir.



Şekil 4.33. T-010 nolu popülasyonun doz etki çalışması simptomları (A: İlaçsız Kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu).



Şekil 4.33. (devam) T-010 nolu popülasyonun doz etki çalışması sonuçları (A: İlaç uygulanmayan bitki, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu).

Şekil 4.33’de T-010 numaralı popülasyonda tribenuron methyl uygulaması sonucunda yabani hardal bitkisinde oluşan farklılaşmalar ve belirtiler görülmektedir. Şekil 4.33 A’da kontrol bitkisi görülmektedir. İlaç uygulaması yapılmamış olan bitkilerde çiçek tomurcukları oluşmaya başlamış olup, fenolojik dönem olarak bitki çiçeklenme döneminin başlangıç aşamasındadır. N ve 2N dozlarının T-010 popülasyonundaki etkilerini gösteren fotoğraf B ve C’de ise çiçek tomurcuk oluşumunda gerileme ve bitki boyunda kısalma gözlemlenmiştir. 4N dozunun olduğu Fotoğraf D’de ise bitkide bodurlaşma, çalılışma ve anormal gelişmeler gözlenmiş olup, çalışmada kullanılan yüksek dozlar 8 ve 16 kat dozda ise bitki ölümleri, uç nokta kurumaları ve bodurlaşmalar olduğu gözlemlenmiştir.

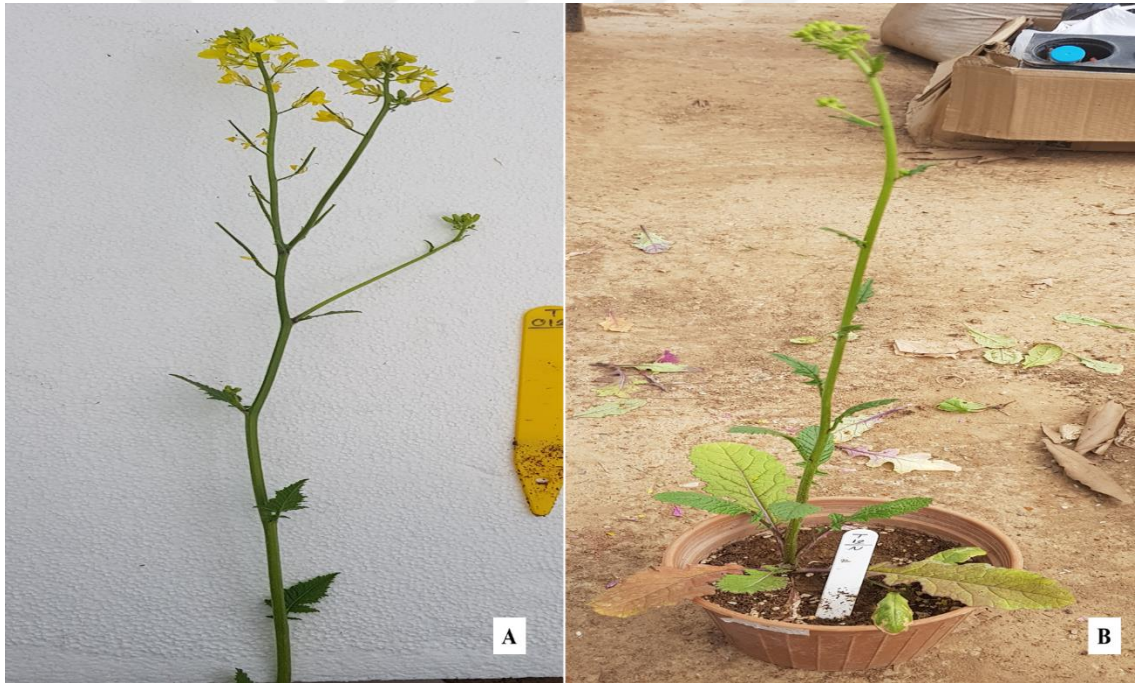


Şekil 4.34. T-011 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu belirtiler (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu).



Şekil 4.34. (devam) T-011 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu belirtiler (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu).

Şekil 4.34’de T-011 numaralı popülasyonda tribenuron methyl uygulaması sonucunda yabani hardal (*S. arvensis*) bitkisinde oluşan farklılaşmalar ve belirtiler gözlemlenmektedir. Şekil 4.34 A’da kontrol bitkisi gözlemlenmektedir. Kontrol bitkilerinde çiçek tomurcukları oluşmaya başlamış olup, fenolojik dönem olarak bitki çiçeklenme döneminin başlangıç aşamasındadır. N ve 2N dozlarının T-011 popülasyonundaki etkilerini gösteren Şekil 4.34 B ve C’de ise bitkide boy kısalması, yer yer çalılışma ve bodurlaşma ayrıca çiçek tomurcuklarının oluşumunda gerilemeler olduğu gözlemlenmiştir. 4N dozunun olduğu Şekil 4.34. D’de ise bitkide klorozlar, bodurlaşma ve çalılışma gözlemlenmiştir. Çalışmada kullanılan yüksek dozlar 8 ve 16 kat dozda ise bitkide klorozlar, bodurlaşma, çalılışma, uç büyüme noktalarında kurumalar ve yer yer bitki ölümleri gözlemlenmiştir.



Şekil 4.35. T-012 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu belirtiler (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu)



Şekil 4.35. (devam) T-012 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu belirtiler (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu)

Şekil 4.35’de T-012 numaralı popülasyonda tribenuron methyl uygulaması sonucunda yabani hardal (*S. arvensis*) bitkisinde oluşan farklılaşmalar ve belirtiler görülmektedir. Şekil 4.35 A’da kontrol bitkisi görülmektedir. Kontrol bitkilerinde çiçekler açmış ve bitki fenolojik olarak bakla oluşum dönemine girmiştir. N ve 2N dozlarının T-012 popülasyonundaki etkilerini gösteren Şekil 4.35 B ve C’de ise bitki fenolojik dönem olarak çiçek tomurcuk dönemine girmiş olup, bitkide boy kısalması ve klorozlar gözlemlenmiştir. 4N ve 8N dozunun olduğu Şekil 4.34 D-E’de ise bitkide fenolojik olarak gerileme, boy kısalığı, klorozlar ve şekilsel bozukluklar gözlemlenmiştir. Çalışmada kullanılan en yüksek doz olan 16 kat dozda ise bitkide klorozlar, bodurlaşma, çalılışma, uç büyüme noktalarında kurumalar ve yer yer bitki ölümleri gözlemlenmiştir.

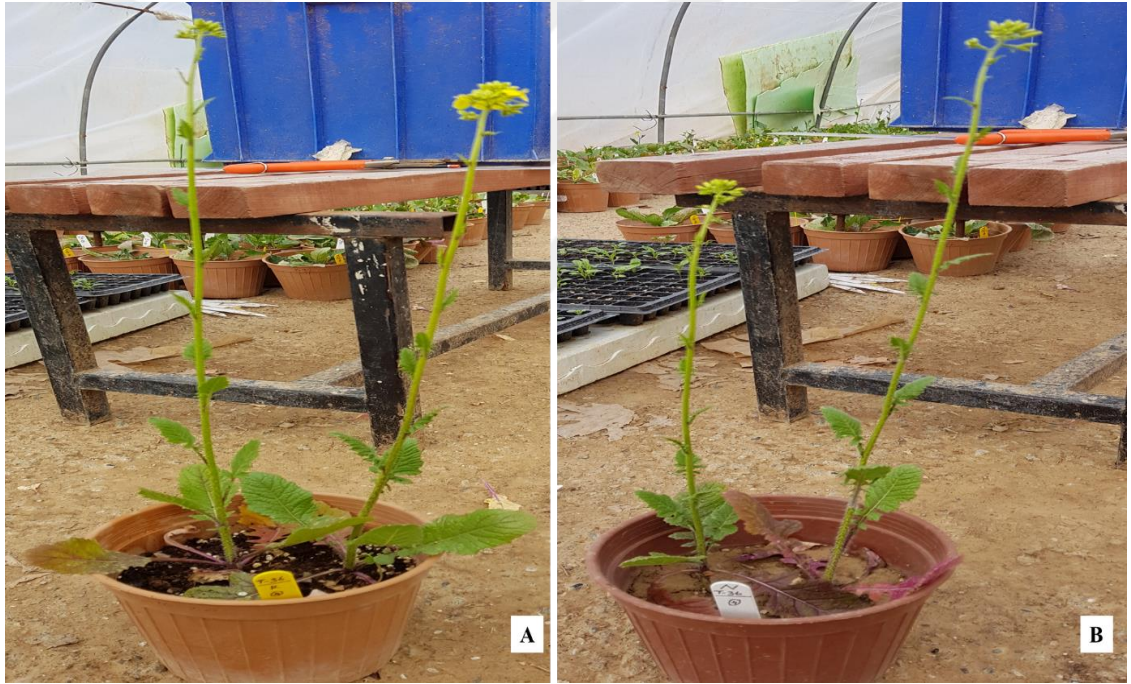


Şekil 4.36. T-034 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu belirtiler (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu)



Şekil 4.36. (devam) T-034 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu belirtiler (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu)

Şekil 4.36’de T-034 numaralı popülasyonda tribenuron methyl uygulaması sonucunda yabani hardal (*S. arvensis*) bitkisinde oluşan farklılaşmalar ve belirtiler görülmektedir. Şekil 4.36 A’da kontrol bitkisi görülmektedir. Kontrol bitkilerinde yabani hardal bitkisi fenolojik olarak çiçek tomurcuk döneminde olduğu görülmüştür. Ruhsatlı doz olan N dozunda ise bitki tomurcuk aşamasında olup, ayrıca bitkide boy kısalması gözlemlenmiştir (Şekil 4.36. B). Şekil 4.36. C’de 2N doz uygulamasında bitkide fenolojik gerileme ve ciddi oranda boy kısalması ve klorozlar gözlemlenmiştir. 4N ve 8N dozlarında ise bitkide boy kısalması, uç nekrozları, yer yer ölümler saptanmıştır (Şekil 4.36. D-E). 16N dozda ise bitkilerde uç kurumaları ve ölümler görülmüştür (Şekil 4.36. F).



Şekil 4.37. T-036 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu belirtiler (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu)



Şekil 4.37. (devam) T-036 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu belirtiler (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu)

Şekil 4.37’de T-036 numaralı popülasyonda tribenuron methyl uygulaması sonucunda üst dozlarda yer yer klorozlar, belli oranda da bitki boyunda kısaltmalar olmuş, şekilsel olarak çok büyük bir farklılık gözlemlenmemiştir.



Şekil 4.38. T-038 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu belirtiler (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu).



Şekil 4.38. (devam) T-038 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu belirtiler (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu).

Şekil 4.38’de T-038 numaralı popülasyonda tribenuron methyl uygulaması sonucunda yabani hardal (*S. arvensis*) bitkisinde oluşan farklılaşmalar ve simptomlar görülmektedir. Şekil 4.38 A’da kontrol bitkisi görülmektedir. Kontrol bitkilerinde çiçekler açmış ve bitki fenolojik olarak bakla oluşum dönemine girmiştir. N doz uygulamasında ise bitkide boy kısalması, fenolojik olarak gerileme gözlemlenmiştir (Şekil 4.38. B). 2N dozda ise T-038 popülasyonunda bitkide klorozlar, şekilsel bozukluklar ve çalılışma olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.38. C). 4N, 8N ve 16N dozlarda ise başlarda bitkilerde klorozlar tespit edilmiş olup, ilerleyen zamanlarda bitkide şekil bozuklukları, çalılışma ve uç noktada kuruma ve ölümler görülmüştür.



Şekil 4.39. T-050 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu simptomlar (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu).



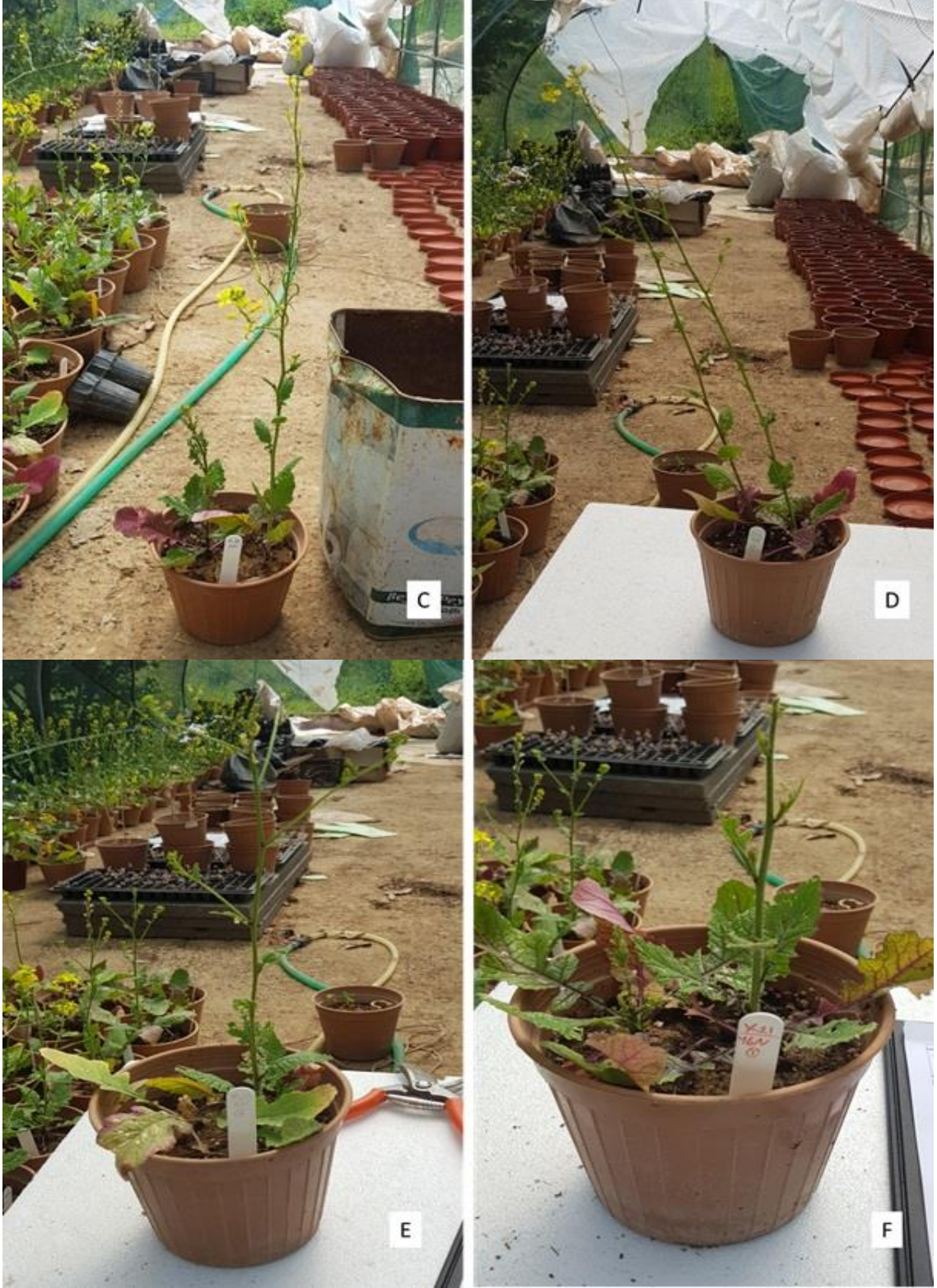
Şekil 4.39. (devam) T-050 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu belirtiler (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu).

Şekil 4.39’da T-050 numaralı popülasyonda tribenuron methyl uygulaması sonucunda yabani hardal (*S. arvensis*) bitkisinde oluşan farklılaşmalar ve belirtiler görülmektedir. Şekil 4.39 A’da kontrol bitkisi görülmektedir. Kontrol bitkilerinde çiçekler açmış ve bitki fenolojik olarak bakla oluşum dönemine girmiştir. N ve 2N doz uygulamalarında ise bitkide boy kısalması, fenolojik olarak gerileme ve klorozlar gözlemlenmiştir (Şekil 4.39. B-C). 4N, 8N ve 16N dozlarda ise başlarda bitkilerde klorozlar görülmüş ilerleyen zamanlarda bitkide şekil bozuklukları, çalılışma ve uç noktada kuruma ve ölümler tespit edilmiştir.

Doz-etki çalışmasına tabi tutulan Tokat popülasyonlarında tribenuron methyl uygulaması ile farklı dozlara karşı popülasyonlar arasında değişik reaksiyonların olduğu gözlemlenmiştir. Tokat örnekleri içerisinde kontrol uygulamasına en yakın olan popülasyonun T-036 numaralı popülasyon olduğu gözlemlenmiştir. Çizelge 4.4.’te incelendiği zaman T-036 nolu popülasyonun diğerlerine göre daha dayanıklı olduğu görülmektedir. T-036 nolu popülasyona en yakın belirtiler T-012 nolu popülasyondan elde edilmiştir.



Şekil 4.40. Y-021 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu belirtiler (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu).

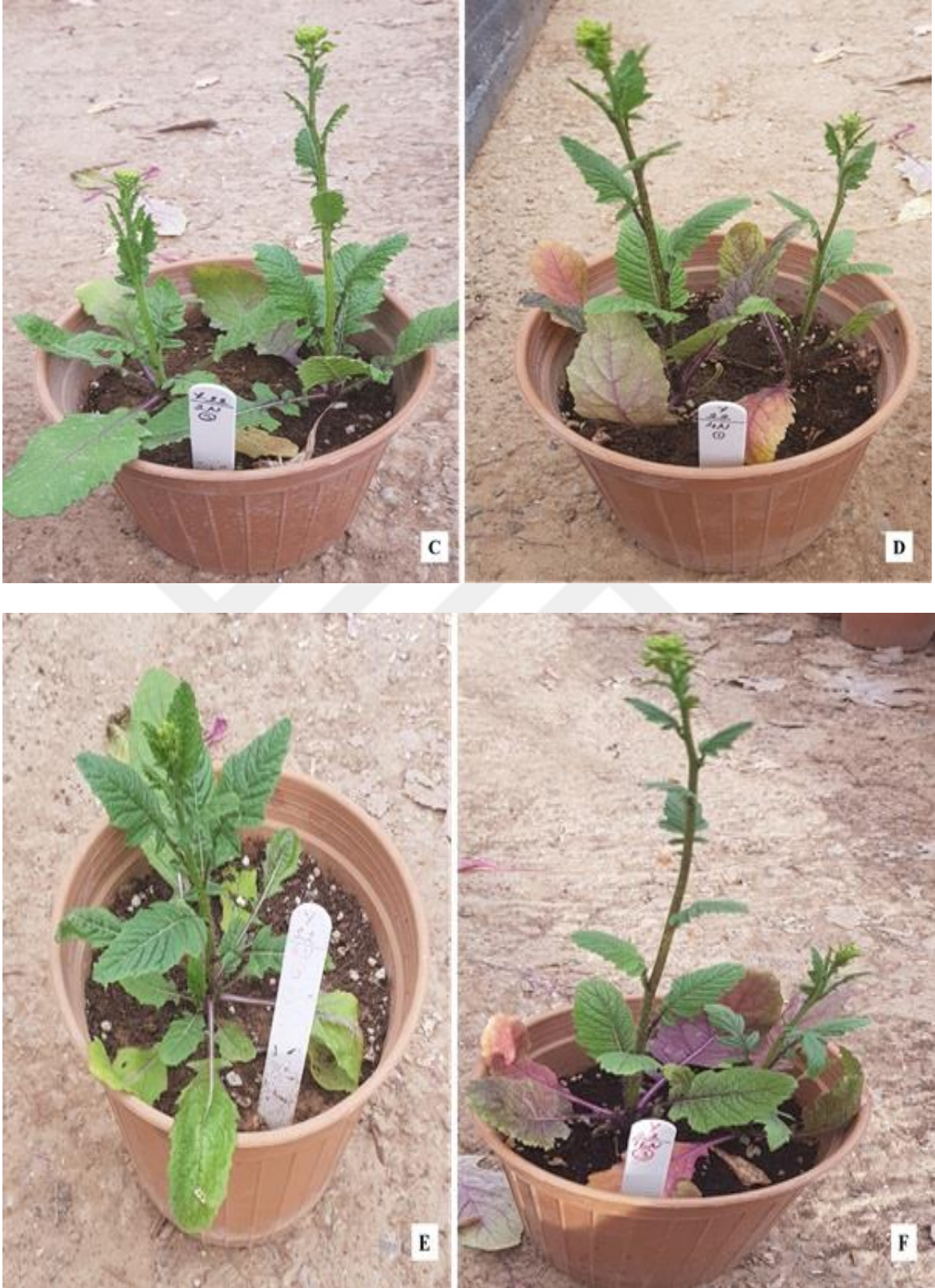


Şekil 4.40. (devam) Y-021 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu belirtiler (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu).

Şekil 4.40'da Y-021 numaralı popülasyonda tribenuron methyl uygulaması sonucunda yabani hardal (*S. arvensis*) bitkisinde oluşan farklılaşmalar ve belirtiler görülmektedir. Şekil 4.40 A'da kontrol bitkisi görülmektedir. Kontrol bitkilerinde çiçekler açmış ve bitki fenolojik olarak bakla oluşum dönemine girmiştir. Tribenuron methyl'in ruhsatlı olan (N) doz uygulamasında bitkide kontrol bitkilerinde olduğu şekilde fenolojik gelişme gözlemlenmiştir (Şekil 4.40 B). 2N ve 4N doz uygulamasının olduğu bitkilerde ise çiçek açımı ve bakla oluşumu başlamış olup, çiçeklerde ve baklalarda deformasyonlar, bazı bitkilerde ise bodurlaşmalar ve klorozların oluşmuştur (Şekil 4.40 C-D). 8N ve 16N doz uygulamalarında ise bitkilerde klorozlar, çalılışma, bodurlaşma ve fenolojik olarak dönemsel gerilemeler belirlenmiştir (Şekil 4.40 E-F).



Şekil 4.41. Y-022 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu belirtiler (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu).



Şekil 4.41. (devamı) Y-022 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu belirtiler (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu).

Şekil 4.41’de Y-022 numaralı popülasyonda tribenuron methyl uygulaması sonucunda yabani hardal (*S. arvensis*) bitkisinde oluşan farklılaşmalar ve belirtiler görülmektedir. Şekil 4.41 A’da kontrol bitkisi görülmektedir. Kontrol bitkilerinde çiçekler açmış ve bitki fenolojik olarak bakla oluşum dönemine girmiştir. Tribenuron methyl’in ruhsatlı olan (N) doz uygulamasında ise bitkiler çiçek oluşturmuş (kontrol bitkilerine göre çiçek miktarında ciddi bir azalma görülmüştür), bakla tutumu ve baklalarda şekilsel bozulmalar gözlemlenmiştir (Şekil 4.41 B). 2N ve 4N doz uygulamasının olduğu bitkilerde ise bodurlaşma ve fenolojik olarak dönem gerilemesi olduğu, yer yer klorozların olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.41 C-D). 8N ve 16N doz uygulamalarında ise bitkilerde klorozlar, bodurlaşma ve fenolojik olarak dönemsel gerilemeler ve ölümler saptanmıştır (Şekil 4.41 E-F).



Şekil 4.42. Y-026 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu belirtiler (A: İlaçsız kontrol, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu).



Şekil 4.42. Y-026 nolu popülasyonun doz etki çalışması sırasında göstermiş olduğu belirtiler (A: Kontrol doz, B: N dozu, C: 2N dozu, D: 4N dozu, E: 8N dozu, F: 16N dozu).

Şekil 4.42’de Y-026 numaralı popülasyonda tribenuron methyl uygulaması sonucunda yabancı hardal (*S. arvensis*) bitkisinde oluşan farklılaşmalar ve belirtiler görülmektedir. Kontrol bitkilerinde ve ruhsatlı olan N doz uygulamalarında Y-026 nolu popülasyonda bitkiler çiçeklenme döneminde (Şekil 4.42 A-B). 2N ve 4N doz

uygulamasının olduğu bitkilerde ise bodurlaşma ve fenolojik olarak dönem gerilemesi olduğu ve klorozların olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.42 C-D). 8N ve 16N doz uygulamalarında ise bitkilerde klorozlar, bodurlaşma, çalılışma, fenolojik olarak dönemsel gerilemeler, uç noktalarda kurumalar ve ölümler, gerçekleşmiştir (Şekil 4.42 E-F).

Bioassay çalışması sırasında ruhsatlı doz uygulamasında hassas olduğundan şüphelenilen popülasyonlardan bazıları hassaslık bakımından da kontrol edilebilmesi için N/2 ve N/4 dozları uygulanarak doz etki çalışmasına uygulamasına da tabi tutulmuştur. Çalışma sonrası hassas olduğundan şüphelenilen popülasyonlarda sadece ruhsatlı olan doz da değil (N) ruhsatlı dozun yarısı ve çeyrek dozlarında da bitkilerin öldüğü tespit edilmiştir (Şekil 4.43.).



Şekil 4.43. Hassas popülasyon yabani hardal bitkisinin farklı dozdaki tribenuron methyl uygulamasındaki etkisi

Tribenuron methyl'in farklı dozlarının uygulanmasına karşılık yüksek dozlarda bile bitkilerde ölüm olayı gerçekleşmemesi durumunda bakla yapısının ve az miktarda da olsa tohum oluşumunun gerçekleştiği gözlemlenmiştir.

Doz etki çalışmaları sonucunda denemeye tabi tutulan 13 farklı popölasyondan elde edilen sonuçlar doğrultusunda, fenolojik ve simptomolojik olarak yapılan gözlemler açısından popölasyonlar arasında ve doz uygulamaları ile birlikte farklılaşmaların olduğu ortaya çıkmıştır. Bu durum, özellikle 0-5 skalasına göre değerlendirmenin fenolojik gözlemlerle kıyaslandığı zaman ortaya çıkmaktadır. Özellikle tribenuron methyl'in yüksek doz uygulamaları sonucunda bitkilerde bodurlaşma veya çalılışma oluşması sırasında alt yapraklarda sertleşmeler oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu durum hasat edilen bitkilerde özellikle kuru ağırlık verilerinin alınmasında önem arz ederek ED₅₀ değerlerinin veya doz-etki grafiklerinin oluşturulması sırasında farklı sonuçların çıkabilmesine neden olabilmektedir. Yine yüksek doz uygulamaları sonucunda bitkilerde baklalarda deformasyonların oluşmasına rağmen kontrol bitkilerine göre az miktarda da olsa tohum oluşturduğu gözlemlenmiştir. Buğdayda yabani hardal (*S. arvensis*)'a karşı ruhsatlı olan tribenuron methyl'e karşı dayanım göstermesi ve bu dayanım gösteren bitkilerin tohum oluşturması dayanıklı bireylerin yayılması anlamına gelmektedir.

4.5. Çapraz Dayanıklılık Testinin Sonuçları

Bioassay alışması sonucunda doz-etki çalışmasına tabi tutulan 13 dayanıklılık şüpheli olan popölasyon ile kontrol popölasyonu ve hassas olduğundan şüphelenilen bazı popölasyonlardan örnek olarak alınmış ve çapraz dayanıklılık testine tabi tutulmuştur. Çapraz dayanıklılık testi için 2,4-D amin etken maddeli bir herbisit ruhsatlı olduğu N dozunda (200 ml/da) uygulaması yapılmıştır. Uygulamalar yabani hardalın 2-4 yapraklı olduğu dönemde yapılmıştır (Şekil 4.44).



Şekil 4.44. 2,4-D amin uygulaması esnasında yabani hardal bitkileri

2,4-D amin uygulamasından 3 gün sonra bitkilerde susuz kalmış tarzda bir görüntü oluşmaya başlamıştır (Şekil 4.45.). 2,4-D'nin en önemli belirtileri yaprak aralarının daralması, yaprak damarlarının birbirine yaklaşması ve çalılma denilen oluşumun meydana gelerek, yaprakların kıvrılması suretiyle şekil bozukluklarının oluşmasıdır.



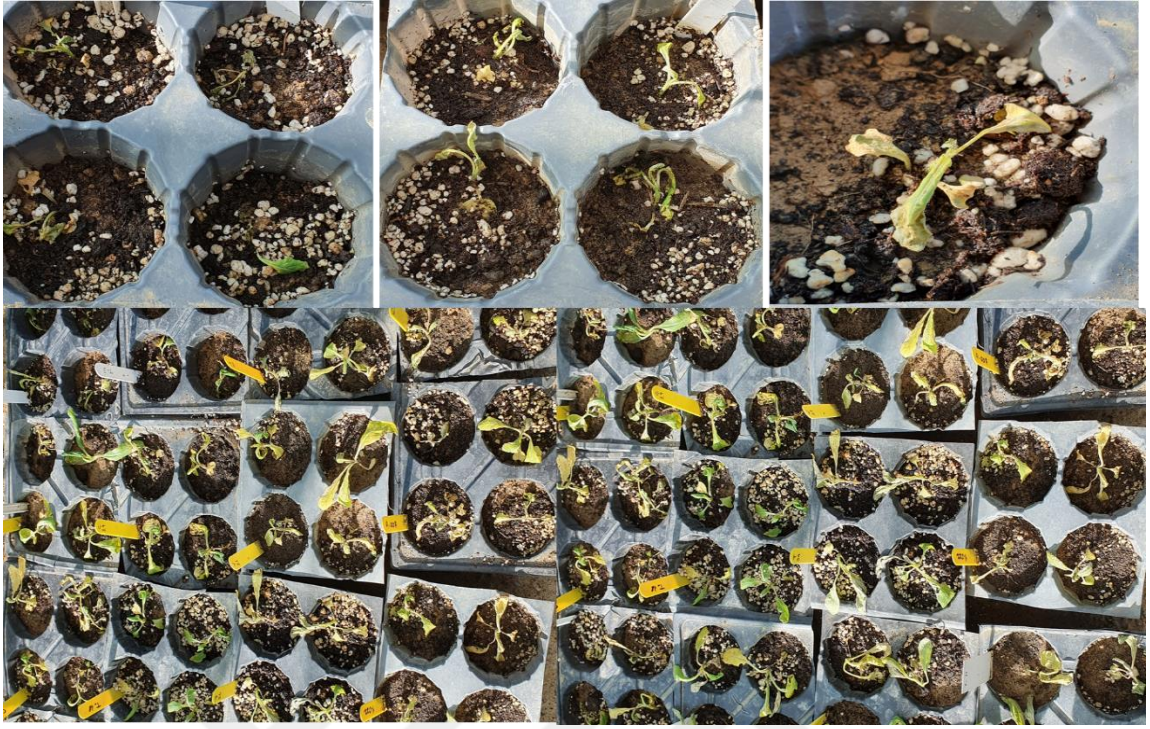
Şekil 4.45. 2,4-D amin uygulamasından 3 gün sonra yabani hardal bitkisinde susuzluk benzeri belirtilerin ortaya çıkması

2,4-D amin uygulamasının 5. gününde bitkilerde kloroz oluşması sonucunda sararmalar ve yapraklarda kurumalar görülmeye başlanmıştır (Şekil 4.46).



Şekil 4.46. 2,4-D amin uygulamasından 5 gün sonra yabani hardal bitkisinde klorozlar ve yapraklarda kurumaların gerçekleşmesi

2,4-D amin uygulamasının 7. gününden itibaren bitkilerde kurumalar sonucunda ölümler gerçekleşmiştir. Doz-etki çalışması sonucunda belirlenmiş olan 13 popülasyon ile birlikte denemeye tabi tutulmuş olan bütün bitkilerde 7-10 gün içerisinde ölüm gerçekleşmiştir (Şekil 4.47.).



Şekil 4.47. 2,4-D amin uygulamasından 7 gün sonra yabani hardal bitkisinde kurumalar sonucunda bitkilerin ölmeye başlaması.



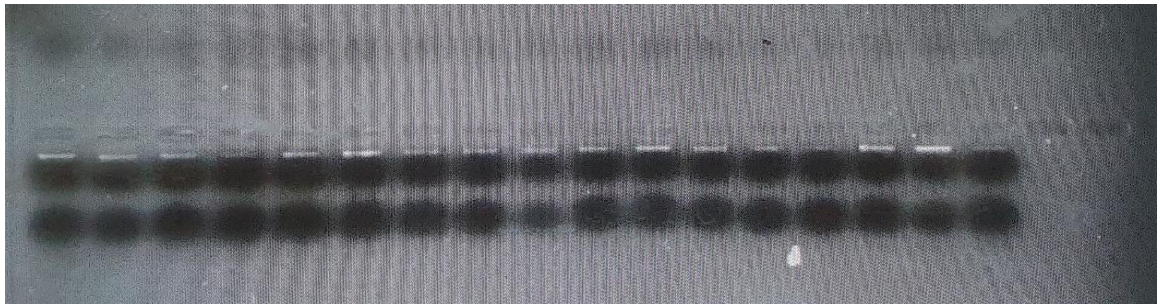
Şekil 4.48. Kontrol uygulaması (10. gün) sonucunda yabani hardal (*S. arvensis*) bitkileri.

Çapraz dayanıklılık testi sonucunda yabancı hardal bitkilerinde 2,4-D amin uygulamasından 7-10 gün sonra ölümler gerçekleşmiştir. Doz-etki çalışması sonucunda dayanıklılığın şüphe edilen 13 popülasyonun 2,4-D amin ile ölmesi sonucunda bu bitkilerde çapraz dayanıklılığın oluşmadığı, ayrıca teste tabi tutulan diğer popülasyonlarda da 2,4-D amin'e karşı herhangi bir dayanıklılığın gelişmediği ortaya konmuştur.

4.6. Moleküler Olarak Dayanıklılığın Araştırılması

Çalışma için yabancı hardal'ın toplanan popülasyonlarından doz-etki çalışmasına tabi tutulan dayanıklılığın şüphelenilen 13 farklı popülasyonun analiz sonuçlarına göre genetik olarak herhangi bir dayanıklılığın olup oluşmadığını tespit etmek için moleküler testlemeler yapılmıştır. Bunun için dayanıklılık şüphesi taşıyan 13 popülasyon ile şimdiye kadar hiç kimyasal maddeye maruz kalmadığı düşünülen kontrol popülasyonu ve ayrıca buğday arazilerinden toplanmış 3 farklı popülasyon birlikte moleküler testlemeye tabi tutulmuştur.

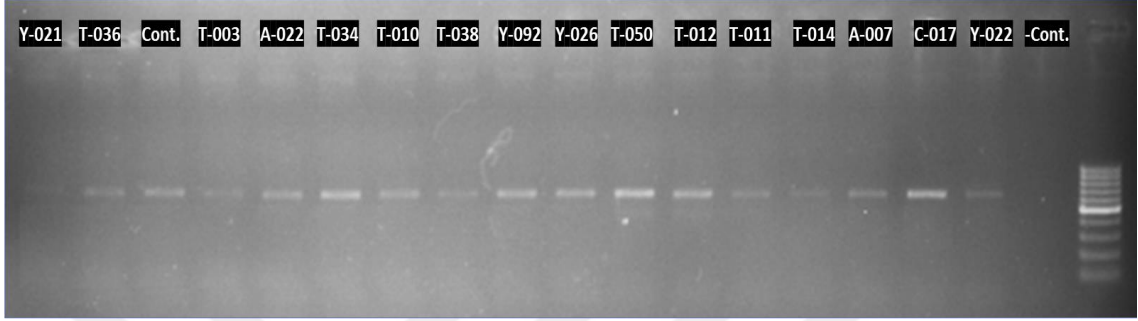
PCR işlemi sonrasında elde edilen ürünler jel elektroforez yapılarak sadece elde edilen PCR ürünleri konulmak suretiyle DNA'ların varlığı tespit edilmiştir (Şekil 4.49.). Yapılan elektroforez işlemi sonrasında DNA'ların varlığı tespit edilmiş olup daha sonra bu DNA'lar jel elektroforez'e tabi tutulmuştur.



Şekil 4.49. PCR işlemi sonrasında DNA varlığının jel elektroforez ile tespit işleminin yapılması.

Çalışmada kullanmış olduğumuz ALS3F ve ALS3R kodlu primerler Trp-574 nolu aminoasit mutasyonunun olduğu domain B bölgesini kapsamaktadır. Bu amaçla yapılan PCR ve jel elektroforez görüntüsü sonrasında elde edilen örnekler DNA

fragment analizine yollanmış ve elde edilen sonuçlar Chromas 2.6.6 programı ile düzenlendikten sonra referans değerleri ile birlikte Mega X isimli programda hem kendi aralarında hem de NCBI Gen bankasında yayınlanmış olan diğer sekanslar ile kıyaslama analizine tabi tutulmuşlardır.



Şekil 4.50. ALS3 primerinin jel elektroforez görüntüsü

Yapılan dizi analizi sonucunda dayanıklı ve duyarlı popülasyonlar arasında yabancı hardal bitkisinde bulunan ALS gen bölgesinin B domaininde amino asit düzeyinde mutasyonun olduğu tespit edilmiştir. Sekans sonuçları incelendiği zaman nükleotid düzeyi bakımından hassas olduğu bilinen X51514 NCBI koduyla tanımlanmış olan *Arabidopsis* bitkisi ile yine literatüre hassas olarak kayıt edilmiş olan AY964648 kodlu hassas yabancı hardal bitkisi mukayese için kullanılmıştır. Kontrol olarak kullanılmış olan sekans sonuçlarda kıyaslamaya tabi tutulmuştur. Oluşan mutasyonun belirlenmesi için ayrıca FJ655876, FJ655877, AY964658, AY964661 ve AY964663 NCBI kodlu daha önceden dayanıklılık tanımlaması yapılmış olan referans değerler kullanılmıştır. Yapılan dizi analizi kıyaslamaları sonucunda çalışmada kullanılan örnekler ile referans değer niteliği taşıyan örnekler arasında çeşitli noktalarda nükleotid sel değişimlerin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.51.). Her ne kadar çeşitli noktalarda baz farklılıkları olduğu görülse de elde edilen nükleotidlerden amino asit analizi yapıldığı zaman bu baz farklılaşmalarının amino asit düzeyi bakımından anlamsız olabilecekleri gözlemlenmiştir (Şekil 4.52.).

Species/Abbrev	
1. X51514.1_Arabidopsis_thaliana	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
2. FJ655077.1_Sinapis_arvensis_biotype_MRS_acetolactate_synthase_JAL51_gene_partial_cds2	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
3. FJ655077.1_Sinapis_arvensis_biotype_MRS_acetolactate_synthase_JAL51_gene_partial_cds	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
4. FJ655078.1_Sinapis_arvensis_biotype_KNF1_acetolactate_synthase_JAL51_gene_partial_cds	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
5. Sample_1	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
6. Sample_2	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
7. Sample_3	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
8. Sample_4	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
9. Sample_5	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
10. Sample_6	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
11. Sample_7	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
12. Sample_8	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
13. Sample_9	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
14. Sample_10	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
15. Sample_11	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
16. Sample_12	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
17. Sample_13	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
18. Sample_14	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
19. Sample_15	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
20. Sample_16	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
21. Sample_17	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
22. AY964663.1_Sinapis_arvensis_Theodore_1_putative_acetolactate_synthase_JAL51_gene_partial_cds2	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
23. AY964661.1_Sinapis_arvensis	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
24. AY964658.1_Sinapis_arvensis	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC
25. AY964648.1_Sinapis_arvensis	GGGAAGATCGGTTCTACAAAGCTAACAGAGGCTCACACATATCTCGGGGACCCGGCAAGGGAACGAGATCTTCCCAAAACATGCTGCAGTTTGCAGGAGCTTTGTGGGATTCGAGC

Şekil 4.51. DNA dizi analizi sonucunda nükleotidler arasında oluşan farklılaşmalar

Species/Abbrev	
1. X51514.1_Arabidopsis_thaliana	Y A I K V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
2. FJ655077.1_Sinapis_arvensis_biotype_MRS_acetolac	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
3. FJ655077.1_Sinapis_arvensis_biotype_MRS_acetolac	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
4. FJ655078.1_Sinapis_arvensis_biotype_KNF1_acetolac	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
5. Sample_1	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
6. Sample_2	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
7. Sample_3	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
8. Sample_4	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
9. Sample_5	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
10. Sample_6	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
11. Sample_7	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
12. Sample_8	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
13. Sample_9	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
14. Sample_10	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
15. Sample_11	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
16. Sample_12	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
17. Sample_13	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
18. Sample_14	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
19. Sample_15	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
20. Sample_16	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
21. Sample_17	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
22. AY964663.1_Sinapis_arvensis_Theodore_1_putative	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
23. AY964661.1_Sinapis_arvensis	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
24. AY964658.1_Sinapis_arvensis	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V
25. AY964648.1_Sinapis_arvensis	Y A I Q V L D E L T H G K A I I S T V G V Q H Q M W A A Q F Y K Y R K P R Q W L S S S G L G A M G F G L P A A I G A S V

Şekil 4.52. DNA dizi analizi sonucunda amino asit diziliminin yapılması

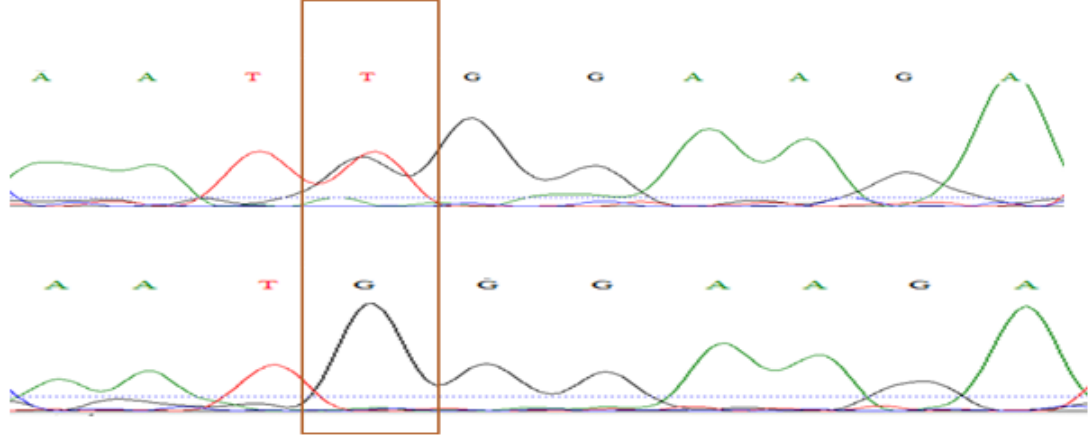
Amino asit sentezi sırasında oluşan mutasyonlar değerlendirildiği zaman Trp-574 numaralı amino asit'in hassas ve normal bireylerde TGG nükleotidinden oluşması gerekirken bu bölgede oluşan mutasyon sonucunda TTG nükleotid dizilimine değiştiği tespit edilmiştir. Oluşan bu değişim ise Triptophan (W) amino asidinin Leucine (L) aminoasidine dönüşmesine ve mutasyonun bu bölgede oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 4.52.). Nükleotid bazında bu bölgede oluşan baz değişikliği ise Şekil 4.53.'de verilmiştir. Dayanıklı olan 2 nolu örneğin kontrol olarak kullanılan 3 nolu örneğe göre mutasyona uğramış olduğu baz dizilimi kıyaslaması Şekil 4.54. ve Şekil 4.55.'de verilmiştir.

DNA Sequences	Translated Protein Sequences
Species/Abbrv	
1. X51514.1_Arabidopsis_thaliana	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T F L G D
2. FJ655877.1_Sinapis_arvensis_biotype_MRS_acetolac	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
3. FJ655877.1_Sinapis_arvensis_biotype_MRS_acetolac	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
4. FJ655876.1_Sinapis_arvensis_biotype_KNF1_acetola	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
5. Sample_1	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
6. Sample_2	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
7. Sample_3	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
8. Sample_4	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
9. Sample_5	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
10. Sample_6	D A M V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
11. Sample_7	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
12. Sample_8	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
13. Sample_9	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
14. Sample_10	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
15. Sample_11	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
16. Sample_12	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
17. Sample_13	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
18. Sample_14	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
19. Sample_15	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
20. Sample_16	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
21. Sample_17	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
22. AY964663.1_Sinapis_arvensis_Theodore_1_putativ	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
23. AY964661.1_Sinapis_arvensis	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
24. AY964658.1_Sinapis_arvensis	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D
25. AY964648.1_Sinapis_arvensis	D A I V V D I D G D G S F I M N V Q E L A T I R V E N L P V K I L L L N N Q H L G M V M Q W E D R F Y K A N R A H T Y L G D

Şekil 4.53. DNA dizi analizi sonucu yabancı hardal bitkisinde dayanıklı ve hassas popülasyonların ALS B domaininde protein dizilerinin karşılaştırılarak mutasyonun belirlenmesi

DNA Sequences	Translated Protein Sequences
Species/Abbrv	
1. X51514.1_Arabidopsis_thaliana	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
2. FJ655877.1_Sinapis_arvensis_biotype_MRS_acetolac	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
3. FJ655877.1_Sinapis_arvensis_biotype_MRS_acetolac	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
4. FJ655876.1_Sinapis_arvensis_biotype_KNF1_acetola	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
5. Sample_1	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
6. Sample_2	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
7. Sample_3	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
8. Sample_4	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
9. Sample_5	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
10. Sample_6	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
11. Sample_7	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
12. Sample_8	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
13. Sample_9	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
14. Sample_10	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
15. Sample_11	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
16. Sample_12	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
17. Sample_13	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
18. Sample_14	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
19. Sample_15	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
20. Sample_16	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
21. Sample_17	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
22. AY964663.1_Sinapis_arvensis_Theodore_1_putativ	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
23. AY964661.1_Sinapis_arvensis	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
24. AY964658.1_Sinapis_arvensis	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C
25. AY964648.1_Sinapis_arvensis	C A A C C A G C A T C T T G G C A T G G T T A T G C A A T G G G A A G A T C G G T T C T A C A A A G C

Şekil 4.54. Yabancı hardal bitkisinde oluşan proteinsel farklılaşmanın nükleotit dizisi olarak gösterilmesi



Şekil 4.55. *Sinapis arvensis* bitkisinde Trp-574 nolu amino asitte oluşan mutasyonun T-036 (üstteki) ve Kontrol (alttaki) bitkisindeki baz dizilişinin kıyaslanması

Yapılan bu çalışma ile yabani hardal bitkisinin ALS B domain bölgesinde bulunan Trp-574 nolu aminoasitinde mutasyonun olduğu ve bu mutasyon sonucunda ise Triptophan (W) aminoasidinin Leucine (L) aminoasidine dönüştüğü tespit edilmiştir. Oluşan bu mutasyon sonucunda bitkilerde ALS grubu herbisitlere karşı oluşan mutasyonel dayanıklılıkta önemli bir nokta olduğu çeşitli literatürler ile desteklenmektedir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Buğday, Dünya’da ve Türkiye’de tarımı yapılan önemli kültür bitkilerinden birisidir. Buğday tarımında bitki koruma sorunlarının başında yabancı otlar yer almaktadır. Yabancı otlar türüne, yoğunluğuna ve bulunduğu bölgenin ekolojik koşullarına bağlı olarak önemli verim kayıplarına neden olmaktadır. Buğdayın bir çapa bitkisi olmaması nedeniyle yabancı ot sorununa karşı en etkili mücadele yöntemi olarak herbisit kullanılması zorunluluğu vardır. Yabani hardal (*Sinapis arvensis*) Brassicaceae familyası içerisinde yer alan ve başta buğday yetiştiriciliği yapılan alanlarda görülen önemli yabancı otlardan birisidir. Buğday yetiştirilen arazilerde yabani hardal sorununa karşı kullanılan kimyasal mücadelede ALS grubu ve 2,4-D’li herbisitler önemli bir yere sahiptir.

Bu çalışmada Amasya, Çorum, Tokat ve Yozgat illerinde bulunan buğday ekim alanlarından toplanan *S. arvensis* popülasyonlarının ALS grubu herbisitlerden tribenuron methyl ve Sentetik Auksin grubu herbisitlerden olan 2,4-D amin etken maddeli herbisitlere karşı kazanılmış dayanıklılık potansiyelinin var olup olmadığının belirlenmesi amaçlanmıştır. *S. arvensis* yabancı otunun buğday alanlarında mevcut durumunun ve yaygınlığının da saptanmaya çalışıldığı bu çalışmada 4 ilde toplam 310 tarlada *S. arvensis* tespit edilmiştir. Bölgede en yaygın Çorum ilinde (109 tarla) tespit edilmiş ve bunu Yozgat (103 tarla), Tokat (62 tarla) ve Amasya (36 tarla) illerinde bulunan buğday arazileri izlemiştir.

İllerin buğday üretim alanları artışı ile *S. arvensis* yaygınlığı arasında paralellik bulunmuştur. Genel olarak Turhal, Gümüşhacıköy ve Bayat ilçeleri hariç üretim alanları arttıkça genellikle yabancı ot bulunma sıklığı da artmış ve dolayısıyla alınan örnek sayısında da artış gözlemlenmiştir. Amasya’da en çok rastlanma en yüksek ekiliş alanına sahip Merkez (318.715 da/16 tarla) ve Taşova (216.404 da/14 tarla), Çorum’da Alaca (384.257 da/17 tarla), Merkez (399.891 da/27 tarla), Sungurlu (472.377 da/40 tarla), Yozgat’ta Sorgun (402.829 da/ 27 tarla), Merkez (402.026 da/ 20 tarla), Yerköy (378.301 da/ 14 tarla) ve Tokat’ta Zile (362.682 da/ 20 tarla), Niksar (165.451 da/16 tarla) ve Erbaa (145.458 da/ 10 tarla) ilçelerinde tespit edilmiştir. Buna karşın Amasya’da Göynücek, Gümüşhacıköy ve Hamamözü ilçelerinde, Çorum’da Bayat,

Kargı, Laçın, Ortaköy, Osmancık, Uğurluköy ilçelerinde, Tokat'ta Almus ve Başçiftlik İlçelerinde, Yozgat'ta ise Saraykent, Çandır ve Çayıralan ilçelerinde yabancı hardala ya hiç rastlanmamış ya da oluşan bitkiler henüz erken evrede olduğu için olgun tohum bağlayamadıklarından dolayı örnek alınamamıştır.

Bölgede farklı araştırmacılar tarafından yapılan sürvey çalışmalarında benzer sonuçlar alınmış ve *S. arvensis* sorun teşkil eden bir yabancı ot olarak bildirilmiştir. Bu yabancı otun Tokat ilinde buğday alanlarında yaygın olduğu bildirilmiş (Sırma ve Güncan, 1997), ekonomik zarar eşiği ise 0,67-1,37 adet/m² olarak rapor edilmiştir (Başaran ve Kadioğlu, 2016).

Diğer bölgelerimizde ise yabancı hardal Doğu Anadolu Bölgesi'nde Erzurum ilinde, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Diyarbakır, Mardin ve Siirt illerinde, Marmara Bölgesi'nde Tekirdağ, Bursa ve İstanbul illerinde, İç Anadolu Bölgesi'nde Niğde ilinde, Karadeniz'de Bayburt ilinde, Akdeniz Bölgesi'nde Kahramanmaraş ve Çukurova'da en yaygın yabancı ot olarak bildirilmiştir (Kaplan, 1989; Orel, 1996; Boz, 1997; Kaya ve Zengin, 2000; Üstüner ve Güncan, 2002; Tursun ve ark., 2006; Kordali ve Zengin, 2007; Topuz, 2007; Özaslan, 2011; Gökalp ve Üremiş, 2015; Pala ve Mennan, 2017; Ceylan, 2017; Pala ve ark., 2020). İşte bu yaygınlık ve yoğunluk çalışmalarının bilinmesi nedeniyle gelişen herbisit kullanımına da paralel olarak böyle bir çalışmanın gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Yabancı ot zararları bilimsel olarak belirlenmeye başlayınca buna paralel olarak herbisit kullanımı da artmaya başlamıştır. Bilinçsiz kullanımlar artınca da dayanıklılık problemleri ortaya çıkmıştır. Bugün Dünya'da 263 tür (152 dikotiledon, 111 monokotiledon) bitkide dayanıklılık tespiti yapılmıştır. Bilinen 26 herbisit grubundan 23'ünde toplamda 164 farklı herbisit etken maddesinde, 71 ülkeden 94 ürün grubunda toplamda 521 vaka (tür-etki alanı) kayıt altına alınmıştır (Corbertt ve Tardif, 2006; Heap, 2014; Heap, 2020; Heap, 2021). İlk kez 1957 yılında *Senecio vulgaris*'te dayanıklılık rapor edilmiştir (Holt, 1988). ALS grubu herbisitler 1980'li yıllarda satışa çıkmış olup, yabancı otlarla mücadelede yoğun şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Mallory-Smith ve ark., 1990). İlk defa ALS grubu herbisitlere karşı dayanıklılık ise

1982 yılında *Lolium rigidum*'a karşı Avusturalya'da tespit edilmiştir (Heap, 2020). *S. arvensis*'in dayanıklılığı ise ilk defa 1983 yılında Kanada'da Mısır ekimi yapılan arazilerde atrazine (Photosystem II İnhibitorü) karşı tespit edilmiştir (Ali ve ark., 1986). 2,4-D'ye karşı bildirilen ilk dayanıklılık ise Kanada da yol kenarlarında bulunan yabancı havuç (*Daucus carota*) bitkisinde belirlenmiştir (Whitehead ve ark., 1963), 1990 yılında yine Kanada'da kışlık arpa ve buğdayda yabancı hardalda dayanıklılık tespiti yapılmıştır (Debreuil ve ark., 1996). Tribenuron methyl'de dayanıklılık ise ilk kez 1987 yılında A.B.D'de kanola, nohut, bezelye yetiştiriciliği yapılan alanlarda bulunan *Lactuca seriola* bitkisinde saptanmıştır (Heap, 2020).

Yine tribenuron methyl'in yabancı hardala karşı oluşturmuş olduğu ilk dayanıklılık Kanada'da kanola bitkisinde 2002 yılında tespit edilmiştir (Heap, 2020).

Amasya, Çorum, Tokat ve Yozgat illerinin genelinde buğday yetiştirilen alanlarda dikotiledon yabancı otlara karşı en çok kullanılan herbisitler 2,4-D ve ALS (tribenuron methyl) grubu herbisitler olarak bilinmektedir. Bahsi geçen illerde buğday yetiştiren üreticiler ile yapılan görüşmeler sonucunda sözü edilen herbisitlerin kullanımının arttığı halde etkilerinin azaldığına yönelik çeşitli şikayetler bulunmaktadır. Bu durum dünyada olduğu gibi bölgemizde de buğday arazilerinde sorun oluşturan yabancı hardal bitkisinin dayanıklılık kazanmış olabileceği şüphesini akla getirmektedir. Yapılan bu çalışma özellikle buğday arazileri içerisinde bulunan yabancı hardalın bölgede dayanıklılık oluşturup oluşturmadığını anlayabilmek için önem teşkil etmektedir. Erken (2016), Orta Karadeniz Bölümü geçit kuşağı illerinden olan Samsun, Amasya ve Çorum'da buğday ekimi yapılan alanlarda sorun olan *Lolium rigidum*, *L. perenne*, *L. multiflorum* ve *L. temulentum*'un ALS ve ACCase inhibitörü herbisitlere karşı dayanıklılık olup olmadığını, çiftçilerden gelen yoğun şikayetler üzerine ve bu konuda yapılmış bir çalışmanın olmaması nedeniyle incelemiştir. Çalışma sonucunda 17 popülasyonda ALS, 5 popülasyonda ise ACCase inhibitörü herbisitlere karşı bir dayanıklılık belirlenmiştir. Moleküler olarak yapılan testlemede ise sadece 1 popülasyonda ALS gen bölgesinde amino asit farklılaşmasının olduğu tespit edilmiştir. Doğar (2016)'ise Tokat ilinde buğday yetiştirilen alanlarda bulunan kısır yabancı yulaf (*Avena sterilis*) ve yabancı yulaf (*A. fatua*)'nın uygulanan herbisitlere rağmen çiftçilerden uygulanan herbisitlerin etkisiz

kaldığı şikâyeti üzerine dayanıklılığa yönelik araştırma yapmıştır. Araştırmada *A. sterilis*'in 20 farklı *A. fatua*'nın 2 popülasyonu ACCase inhibitörü herbisitlere (fenoxaprop-p-ethyl ve diclofop methyl) karşı denenmiş ve *A. sterilis*'in 2, *A. fatua*'nın 2 popülasyonunda ACCase grubu herbisitlere karşı dayanıklılığının olduğu tespit edilmiştir.

Yabancı otun herbisitlere olan reaksiyonu çalışmalarında öncelikle 1 gr/da oranında tribenuron methyl etken maddeli herbisit 2-4 yapraklı *S. arvensis* bitkiciklerine püskürtme yoluyla uygulandıktan sonra 0-5 skalasına göre canlılık ve ölüm durumu değerlendirildiğinde; 28. gün sonunda 3 skala değerinde yer bulan Amasya'da Taşova ve Merkez ilçelerinden A-007 ve A-022 popülasyonları, Tokat'ta Erbaa, Zile ve Turhal ilçelerinde 2 veya 3 skala değerine giren T-010, T-011, T-012, T-34, T-36, T-38, T-50 popülasyonları, Çorum'da İskilip ilçesinden 3 skala değerinde yer alan Ç-017 popülasyonu, Yozgat'ta Yerköy ilçesinde 2 veya 3 skala değerine giren Y-021, Y-022, Y-026 popülasyonlarının canlılığını koruduğu tespit edilmiştir. Bu 13 popülasyonda bitki canlılığı tamamen korunmuş ya da bitkilerde sadece şekil bozuklukları görülmüştür. Toplam 310 popülasyondan diğer 297 popülasyon ise 4 veya 5 skala değerini almış, bitkiler canlılığını kaybetmiş ve ölü olarak değerlendirilmiştir.

İlk aşamada canlılığını koruyan 13 popülasyon doz-etki denemesine alınmış ve çalışma sırasında bitkiler tribenuron methyl'in 2 (2 gr/da), 4 (4 gr/da), 8 (8 gr/da) ve 16 (16 gr/da) kat dozlarına da maruz bırakılmış ve uygulamadan 28. gün sonunda 0-5 skalasına göre canlılık ve ölüm durumu değerlendirilmiştir. Ruhsatlı dozda 1-2 skala değerinde yer alan tüm popülasyonlar canlılığını korumuş, T-038 popülasyonunun ise canlı kalmış ancak şekil bozuklukları oluşturduğu görülmüştür. 2 (2 gr/da) dozunda da sadece T-010, T-012, T-038, T-050 popülasyonlarında şekil bozuklukları görülmüş, ancak tüm popülasyonlar canlı kalmıştır. 4 (4 gr/da) dozunda A-007, A-022, Ç-017, T-011, T-036, Y-021, Y-022 popülasyonları canlı kalmış, T-038 popülasyonunda ölüm görülmüş, diğerlerinde ise şekil bozuklukları gözlemlenmiştir. 8 (8 gr/da) kat doz uygulamasında T-010, T-011, T-034, T-038, T-050 popülasyonlarında bitkiler canlılığını kaybetmiş, Amasya ve Yozgat'tan toplanan tüm popülasyonlar ise canlı kalmıştır. 16 (16 gr/da) kat doz uygulaması sonrasında ise A-007 ve A-022, T-036, Y-021 ve Y-022 popülasyonları

sadece canlılığını koruyabilmiştir. Bu çalışma sonuçlarına göre; Amasya'dan A-007 ve A-022, Tokat'tan T-036, Yozgat'tan Y-021 ve Y-022 popülasyonlarının ruhsatlı doz dahil tüm herbisit dozlarına dayanıklı olduğu doz-etki çalışmaları sonucunda belirlenmiştir. Uygulama dozları arttıkça bitkilerde, uç bölgesinde ölüm, kloroz, bakla deformasyonu gibi simptomlar gözlemlenmiştir.

Bioassay çalışmaları sonucunda hassas olarak belirlenen popülasyon herbisitinin ruhsatlı dozunun 1/2 ve 1/4 kat dozuna maruz bırakıldığında da bitkilerin öldüğü görülmüştür. Bununla birlikte doz-etki taramasına tabi tutulan 13 popülasyonun ED₅₀ değerlendirmesi sonucunda T-034 nolu popülasyonun dayanıklılık katsayısının en az olduğu (1.8), en yüksek dayanıklılık katsayısının ise A-007 nolu Amasya popülasyonunun (12.9) olduğu, bunu sırasıyla T-050 ve Ç-017'nin izlediği tespit edilmiştir. Budak (2012)'in yapmış olduğu çalışmada çeltik alanlarında bulunan *Alisma plantago-aquatica* (kurbağa kaşığı) bitkisinin ALS grubu herbisitlere karşı dayanıklılık durumu araştırılmış ve dayanıklılık indeksleri incelendiği zaman en yüksek dayanıklılık kat sayısının 12.35 olduğu tespit edilmiştir. A.B.D.'de *Kochia scoraria*'nın dayanıklı popülasyonlarının duyarlılara kıyasla ALS grubu olan bazı herbisitlere karşı (chlorsulfuron, metsulfuron-methyl, trifensulfuron-methyl ve sulfometuron-methyl) 22 ile 350 katlık yüksek dozları bile tolare edebildiğini raporlamışlardır (Saari ve ark., 1990). Yine A.B.D.'de *Kochia* biyotiplerinde chlorsulfuron ve trifensulfuron'a karşı oluşan dayanıklılığın derecesinin 28 ile 500 kat olduğu belirlemişlerdir (Foes ve ark., 1999). İsrail'de ALS inhibitörleri herbisitlere karşı *Amaranthus blitoides*'in 6 ile 790 kat daha dayanıklı olduğu saptanmıştır (Sybony ve Rubin, 2003). Topuz (2007)'a göre ise bazı yabancı hardal popülasyonlarının chlorsulfuron'a karşı ruhsatlı olan tarla dozunun 8 katında canlı kalabildiği, hatta 128 katı dozda da bu popülasyonlarda dayanıklılığının devam ettiğini bildirmiştir. Oluşan bu durum çalışmamızda tarla dozunun 16 katına çıkıldığında bile bazı popülasyonların hayatta kalabildiği ve daha üst dozlarda da hayatta kalabileceğini göstermektedir.

Kültür bitkileri içerisinde bulunan yabancı ot zararını en aza indirmek için en çok kullanılan yöntem herbisit kullanımıdır. Her ne kadar herbisit kullanımı yabancı otlarla mücadele de önem arz edip kolaylık sağlasa da gereğinden fazla ve bilinçsiz kullanılan herbisitler çevresel sorunların ortaya çıkmasının yanında yabancı otlarda dayanıklılığın ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Tarım alanlarında yoğun ve bilinçsiz olarak kullanılmakta olan herbisitler erken uyarı ve entegre mücadele için büyük önem taşımaktadır (Molaei, 2013). *S. arvensis*'te herbisit dayanıklılığı ile ilgili birçok vaka rapor edilmiştir. Trifensulfuron, chloramsulan, ethametsulfuron, flumetsulam, imazamox, imazethapyr, triflusaluron, imazethabenz-methyl imazethapyr, imazamox, thibenuron, chlorsulfuron, chloransulam-methyl, trifensulfuron methyl, tribenuron ve metsulfuron-methyl etken maddelerine dayanıklılık birçok ülkede saptanmıştır (Christopffers ve ark., 2006; Heap, 2007; Szmigielski ve ark., 2015). Tribenuron methyl etken maddeye karşı *S. arvensis*'te dayanıklılık daha önce Kanada'da rapor edilmiştir (Morrison ve Devine, 1994; Warwick ve ark., 2005; Szmigielski ve ark., 2015). Ülkemizde Marmara Bölgesinde *S. arvensis*'e karşı sulfonilüre grubu herbisitlere karşı oluşturmuş oldukları dayanıklılık durumu araştırılmıştır. Topuz (2007), yapmış olduğu çalışmada chlorsulfuron etken maddesi kullanılmış olup, 3 popülasyonda dayanıklılık olduğu tespit edilmiştir. Dayanıklılık tespit edilen bu üç popülasyon metsulfuron-methyl, imazamethabenz-methyl ve trifensulfuron'a karşı çapraz dayanıklılık testlerine tabi tutulmuştur. Yaptığımız bu çalışma sonucunda tribenuron methyl uygulamaları sonrasında bitkilerin canlı kaldığı ülkemizde ilk defa tespit edilmiştir.

Çapraz dayanıklılık testine yönelik olarak Güney Afrika'da chlorsulfuron'a dayanıklı *Raphanus raphanistrum* popülasyonlarının 2,4-D herbisitlerinden MCPA ve bromoxynil'e karşı hassas oldukları tespit edilmiştir (Smit ve Cairns, 2001). Ülkemizde Marmara Bölgesi'nden toplanmış olan yabancı hardal popülasyonlarının chlorsulfuron ve trifensulfurona etken maddesine dayanıklılıkları bulunmalarına karşın 2,4-D'ye duyarlı oldukları raporlanmıştır (Topuz, 2007). Bu çalışma sırasında doz-etki çalışması için dayanıklılığından şüphe edilen 13 popülasyon ve yanında seçilen bazı hassas çeşitlere karşı 2,4-D amin etken maddesi uygulanmıştır. Herbisit etkili ruhsatlı olduğu 200 ml/da dozunda uygulama yapılmış olup uygulamadan sonraki 10 gün içerisinde tüm bitkilerin öldüğü tespit edilmiştir. Uygulamadan 3 gün sonra bitkilerde susuzluk benzeri

simptomlar görülmüş, 5. günde kloroz ve yaprak kurumaları saptanmış, 7. günde ise yaprak kurumasını takiben bitki ölümleri gerçekleşmiştir. 7-10 günlük sürede 2,4-D amin ile bitki ölümleri neticesinde bu bitkilerde çapraz dayanıklılığın oluşmadığı, ayrıca teste tabi tutulan diğer popülasyonlarda da 2,4-D amin'e karşı herhangi bir dayanıklılığın gelişmediği ortaya konmuştur. Elde etmiş olduğumuz bu sonuçlar diğer yapılmış çalışmalar ile benzerlik göstermiştir.

Yabancı otlarda herbisit dayanıklılığının gelişimi, dayanıklılık kazanan bitkilerin ekolojik uyumu ile yakından ilişkilidir. Özellikle yabancı otlarda ortaya çıkan herbisite karşı yabancı otların kazanmış olduğu dayanıklılığın erken tahmin veya oluşum sürecinde, stratejik yöntemler geliştirilerek dayanıklılığa sahip olan bitkilerin ekolojik ve çevresel koşullara adaptasyonuna yönelik bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bitkinin üreme yeteneği, gelişimi, çimlenme ve büyüme hızı ile diğer bitkilerle rekabet gücü, ekolojik ve çevresel koşullara uyumuyla yakından bağlantılıdır (Warwick ve Black, 1994; Molaei, 2013). Yabani hardal bitkisinin dayanıklı ve duyarlı popülasyonlarının tohumlarını toprağa farklı zamanlarda bıraktıkları ve bu durumun özellikle dayanıklı bitkilerle mücadele stratejisi geliştirme bakımından önem teşkil ettiği Topuz (2007) da bildirilmiştir. Yapılan bu çalışma ile dayanıklılık şüphesi taşıyan *S. arvensis*'te tribenuron methyl'in farklı dozlarında fenolojik olarak gerilemelerin olabileceği tespit edilmiştir. Ayrıca uygulamaya tabi tutulan bitkilerde dozun yükselmesi ile birlikte oluşan bakla sayısında deformasyonların olduğu ve oluşan tohum sayısında önemli düşüşlerin olduğu belirlenmiştir. Yapılmış olan bu çalışma ile tribenuron methyl etken maddesine maruz kalan dayanıklılık şüpheli olan bitkilerde fenolojik gerilemeler ve bakla deformasyonlarının olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuç ile literatürde benzer şekilde yapılmış olan çalışmalarla benzerlik göstermiş olduğu görülmektedir.

Yabancı otlarda herbisit dayanıklılığı veya direncin artması herbisitlere spesifik olan enzimlerin mutasyonları, herbisit bağlanmasını azaltan enzimler ve mutasyonlar sonucunda oluşmaktadır. Şayet mevcut olan dayanıklılık ve direnç amino asit mutasyonundan kazanıldı ise ALS grubu herbisitlere karşı farklı amino asitlerde hedef bölge mutasyonu gerçekleşebilir. Bu mutasyonların gerçekleşebileceği amino asitlerin bulunduğu pozisyonlar ise Ala-122, Ala 205, Asp 376, Gly 654, Pro 197, Trp 574 ve

Ser 653 olarak bildirilmiştir (Powles ve Yu, 2010; Vencill ve ark., 2012). Kullanılmakta olan herbisit etken maddesine göre mutasyona uğrayan amino asit bölgesinde farklılıklar görülebilmektedir. Sulfonylurea grubu herbisitler Pro 197 ve Trp 574 nolu amino asitlerde (Tranel ve Wright, 2002) bazen de Asp-376'te mutasyona neden olabilmektedir. Yapılan bu çalışma ile yabancı hardal bitkisinin ALS B domain bölgesinde bulunan Trp-574 nolu aminoasitinde mutasyonun olduğu ve bu mutasyon sonucunda ise Triptophan (W) aminoasidinin Leucine (L) aminoasidine dönüştüğü tespit edilmiştir. Yapılan benzer çalışmalara bakılacak olur ise ALS inhibitörleri içerisinde bulunan SU (sulfonylurea) etken maddeli herbisitlerin en yüksek oranda Trp-574 nolu amino asitte mutasyona neden olduğu bildirilmektedir. Bunu ise Pro-197 ve Asp-376 nolu amino asitlerde gerçekleşen mutasyonlar takip etmektedir (Powles ve Yu, 2010). Ayrıca yapılan çalışmalar göstermektedir ki SU ve IMI (Imidazolinone) grubu herbisitlerin ikisinde de oluşan ortak mutasyon Trp-574 nolu amino asitte oluşmaktadır. Ayrıca ALS grubu herbisitler nedeniyle bitkide oluşan Trp-574-Leu mutasyonunun çapraz dayanıklılık açısından da önem taşıdığı yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Yu ve Powles, 2014).

Warwick ve ark. (2005) Kanada'da ALS inhibitörü herbisitlere karşı dayanıklılık gösteren yabancı hardallar üzerine yapmış oldukları çalışmada, Saskatchewan biyotipinin B domain bölgesinde bulunan Trp-574 amino asidinin Leu amino asitine dönüştüğünü belirlemişlerdir. Yapmış oldukları bu çalışma sonucunda oluşan mutasyonel dayanıklılık sekans sonucunu AY964663 koduyla NCBI'ya eklemişlerdir. Çalışmada örneklerin toplandığı araziler incelendiği zaman Kanada'nın Saskatchewan eyaletinin Theodore bölgesindeki arazilerde ilk kez dayanıklı yabancı hardal popülasyonunun 2002 yılında bulunduğu, 1996-2002 yılları arasında bu bölgede SU ve IMI grubu herbisitlerin kullanıldığı bildirilmiştir.

Gherekhloo ve ark. (2018), İran'da kışlık buğdayda bulunan yabancı hardal bitkisinde Tribenuron methyl'in çapraz dayanıklılığını araştırmışlardır. Yapmış oldukları çalışma ile Trp-574 nolu amino asit'in baz diziliminin TGG olması gerekir iken AL-3, G-5 ve Ag-Rs popülasyonlarında bu dizilimin TTG olarak değiştiğini saptamışlardır. Çalışma İran'da tribenuron methyl'e karşı *Sinapis arvensis*'in dayanıklılık kazandığını belirleme

bakımından önem teşkil etmekle birlikte, bizim çalışmamızda da aynı noktada mutasyon olduğu için benzerlik taşıması açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada T-036 nolu örnekte aynı noktada baz değişimi sonucunda bir mutasyonun olduğu, ayrıca tribenuron methyl etken maddesine karşı dayanıklılık gösteren bitkilerde 2,4-D uygulaması yapıldığında ruhsatlı olan doza karşı halen hassasiyetlerinin olduğu görülmüştür. Benzer sonuçlar Ntoanidou ve ark. (2017)'nin Yunanistan'da yapmış oldukları bir başka çalışmada da elde edilmiştir. Araştırmada, yabancı hardal bitkisinin tribenuron methyl ve imazamox etken maddelerine karşı dayanıklılığının tespit edilmeye çalışıldığı çalışmalarda; çapraz dayanıklılık testleri sonucunda dayanıklı olduğu belirlenen bitkilerin sekans analizleri sonucunda 9 popülasyonda Trp-574 nolu amino asit bölgesinde noktasal mutasyon oluştuğunu tespit etmişlerdir. Çalışmada aldıkları sonuçlar doğrultusunda P2, P3, P4, P5, P6, P7 ve P9 popülasyonlarında TGG baz diziliminin TTG baz dizilimine dönüştüğü, MCPA'nın uygulama dozuna karşı bu bitkilerin hassas olduğu sonucunu ortaya konulmuştur.

13 popülasyondan 1'inde Trp-574 nolu amino asitte nokta mutasyonunun olduğu tespit edilmiştir. Geriye kalan 12 popülasyonda ise uygulanan herbisite karşı gösterilen dayanıklılığın Pro-197 nolu amino asit ile ya da yoğun olarak gerçekleşen enzim aktivitesi neticesinde oluşmuş olacağı düşünülmektedir. Topuz (2007) yabancı hardalın chlorsulfuron'a karşı dayanıklılığını araştırdığı çalışmasında Pro-197 ve Trp-574 nolu amino asitlerde noktasal mutasyon olmadığını, oluşan dayanıklılığın enzim aktivitesinden kaynaklı bir dayanıklılık olduğunu bildirmiştir.

Tribenuron methyl ile farklı yabancı otlarda yapılan çalışmalarda da benzer verilere rastlanmıştır. Zhang ve ark. (2017) Çin’de kışlık buğdayda sorun olan *Descurainia sophia* L. bitkisinde tribenuron methyl etken maddesine karşı dayanıklılık durumunu araştırmaya yönelik yürüttükleri çalışmada dayanıklılığa etki eden Pro-197, ASp-376 ve Trp-574 nolu amino asitlerdeki mutasyonu incelemiş olup pHB42 nolu örneklerinde Thr-574’uncu amino asitlerinin Leu amino asidine dönüştüğünü ve mutasyona yönelik dayanıklılık kazandığını bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışmadaki mutasyon ile Thr-574 nolu amino asitte TTG baz dizilimi sonucunda Leucine dönüştüğü tespit edilmiştir. Elde ettikleri sonuç bu çalışmada T-036 nolu örnekte yapmış olduğumuz tespit ile benzerlik göstermektedir.

Tan ve Medd (2002) *Raphanus raphanistrum* L. bitkisinde yapmış oldukları çalışmaya göre 1758 bp büyüklüğündeki ALS gen bölgesinin sekans verilerini çıkartmışlardır. Çalışma yabancı otun tüm domainleri kontrol edilmiş olup, B domaini içinde bulunan Trp-574 nolu amino asitin Leu amino asidine değiştiği 4 popülasyonda tespit edilmiştir. Ayrıca, 161825R0 nolu popülasyonun sekans chromatogramındaki fragment analizine mutasyonun olduğu yerde T bazının dışında G bazının da pik oluşturduğu bu pik durumunun bu çalışmadaki T-036 nolu örnek ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Arazi çalışmaları sırasında her bir örnek popülasyonun koordinatlarının alınması sonucunda T-036 nolu popülasyonun sahibi olan üretici tespit edilip ikili görüşme yapılmıştır. Üretici ile yapılan görüşmeler sonucunda arazide üst üste 2 sene buğday, ardından ayçiçeği ile rotasyon yapıldığı, bu arazilerdeki yabancı otları kontrol etmek için ise buğdayda tribenuron methyl (Granstar), ayçiçeğinde ise ALS grubunda yer alan IMI grubuna bağlı olan imazamox (Intervix) etken maddesini kullandığı belirlenmiştir. Yapılan literatür çalışmaları Trp-574 nolu aminoasitte oluşan mutasyonların SU grubu ve IMI grubu herbisitlere karşı dayanıklılık oluşturduğunu göstermektedir. Üreticiden alınan bu bilgiler ve yapılan literatür çalışmaları sonucunda elde edilen mutasyonun uyumlu olduğu görülmektedir.

Bu çalışma ile Amasya, Çorum, Tokat ve Yozgat ili buğday yetiştirilen alanlarda yabani hardal'a karşı tribenuron methyl ve 2,4-D etken maddeli herbisitlere karşı dayanıklılık tespitine yönelik çalışmalar yapılmış olup bahsi geçen illerde tribenuron methyl etken maddeli herbisitlere karşı dayanıklılık sorununun ortaya çıktığı belirlenmiştir.

Çalışma gereği belirtilen 4 ilden toplamda 310 farklı popülasyonda bioassay çalışması yapılmıştır. Bioassay çalışması sonucunda da 13 farklı popülasyonda tribenuron methyl'e karşı dayanıklılık kazandığı doz etki çalışması ile tespit edilmiştir. Yürütülen denemelerde Amasya'dan A-007 ve A-022, Çorum'dan Ç-017, Tokat'tan T-010, T-011, T-012, T-034, T-036, T-038 ve T-050, Yozgat'tan Y-021, Y-022 ve Y-026 popülasyonlarının ruhsatlı doz dahil tüm herbisit dozlarına dayanıklı olduğu kanaatine varılmıştır. Çalışma sonucunda Amasya, Çorum, Tokat ve Yozgat illerinde buğday tarımı yapılan arazilerde yabani hardal bitkisinde tribenuron methyl'e karşı kazanmış olduğu dayanıklılığın varlığı açısından yapılmış ilk çalışma olma özelliğini açısından önem taşımaktadır.

Buğdayın bir çapa bitkisi olmaması nedeniyle yabancı otlara karşı herbisit kullanımı son derece önem taşımaktadır. Her ne kadar herbisit kullanımı yabancı ot sorununa karşı önemli bir çözüm yolu sağlasa da sürekli olarak aynı etki mekanizmasına sahip olan herbisitlerin üst üste kullanılması ve hatalı doz uygulamaları sonucunda yabancı otlarda dayanıklılık sorununun ortaya çıktığı görülmektedir. Bölgemizde buğday tarımı alanlarında geniş yapraklı yabancı otlara karşı en çok kullanılan herbisitlerin başında gelen 2,4-D ve tribenuron methyl'e karşı dayanıklılığın bulunması ve çiftçilerin bu konuda uyarılarak herbisit münavebesi yapması tavsiye edilmelidir.

Dayanıklılığın tespiti dışında ayrıca yayılması ve takibi de önem arz etmektedir. Çalışmada bölgede mevcut olan dayanıklı bitkilerin lokasyonları tespit edilmiştir. Buna göre Amasya ilinin Taşova ve Merkez ilçelerinde, Tokat'ta Erbaa, Zile ve Turhal ilçelerinde Çorum'da İskilip ilçesinde, Yozgat'ta dayanıklı bitkilere rastlanmıştır. Buradaki bitkilerin alternatif etken maddeler ve farklı mücadele yöntemlerinin kullanılması gibi dayanıklılığın ilerlemesini engellemeye yönelik çalışmalar yapılması ve şüpheli olan bölgelerinde takip altında tutulması gerekmektedir.

Yüksek dozda kullanılan herbisitler sonucunda yabancı hardal popülasyonunda fenolojik gerilemelerin olduğu ortaya konulmuştur. Özellikle tek yıllık yabancı otların tohumla yayıldığı, dayanıklı bitkilerde az miktarda da olsa tohum ürettiği de göz önünde bulundurulduğunda bu tür bitkilerle daha tohum oluşturmada mücadele edilmesi gerektiği büyük önem taşımaktadır.

Yüksek dozlarda hayatta kalan bitkilerin az miktarda bile bakla oluşturmaları ve oluşan bu baklalardan üreme yeteneğine sahip tohumların gelişmesi sonucunda oluşan tohumlar ne kadar az olursa olsun bu tohumlar sayesinde tribenuron methyl etken maddesine karşı dayanım gösteren bitkilerin çoğalarak yayılabileceği sonucuna varılmıştır.

Moleküler olarak yapılan çalışmalar sonucunda ALS grubu herbisitlere karşı en yüksek oranda dayanıklılığın olduğu Trp-574 nolu aminoasit bölgesinde Tokat 036 nolu popülasyonda mutasyonun olduğu tespit edilmiştir. Trp-574 nolu aminoasit bölgesinde oluşan mutasyonlar özellikle SU ve IMI grubu herbisitlere karşı dayanıklılık oluşmasını sağlaması açısından da son derece önem taşımaktadır. T-036 nolu popülasyonun arazi sahibi ile yapılan görüşmelerden alınan sonuçlara göre üst üste aynı etken maddeli herbisitlerin kullanılması sonucunda moleküler olarak da kontrol edilmek sureti ile T-036 popülasyonundaki dayanıklılık tespiti yapılmıştır. Elde edilen veriler sonucunda bulunan Trp-574 nokta mutasyonu Türkiye’de yabancı hardal bitkisinde ilk kez tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda yabancı hardal bitkisinin tribenuron methyl etken maddesine karşı dayanıklılığının gelişip gelişmediğinin düzenli olarak takip edilerek kontrol altında tutulması tavsiye edilmektedir.

Sonuç olarak;

1. Buğday Dünya’da ve Ülkemizde yetiştirilen önemli bir kültür bitkisidir. Kaliteli ve iyi bir ürün eldesi edilebilmesi için yabancı otlar ile mücadele edilmesi gerekir.
2. Amasya (36), Çorum (109), Tokat (62) ve Yozgat (103) illerinden toplanan 310 adet yabani hardal populasyonunun 13 tanesinde ALS grubu herbisitlere karşı dayanıklılık olduğu tespit edilmiştir.
3. Tokat’tan toplanmış olan T-036 nolu popülasyonda ise mutasyonel dayanıklılık tespit edilmiştir. Trp-574 nolu amino asit bölgesinde tespit edilen bu mutasyonun münavebe bitkileri de dahil özellikle IMI ve SU grubu herbisitlerin üst üste kullanılması ile artış gösterdiği düşüncesindeyiz.
4. 2,4-D amin etken maddeli herbisitlere karşı ise herhangi bir dayanıklılık tespit edilmemiştir.
5. Tribenuron-methyl etken maddesinin kullanımı sonucunda bölgede sadece dayanıklı populasyonların olduğu lokaliteler değil genelde bir riskin olduğu ortaya konulmuştur.
6. Bu tür çalışmaların daha yaygın bölgelerde de yapılması gerekir kanaatindeyiz. Aynı zamanda buğdayda oldukça fazla yabancı ot bulunduğu için başka yabancı otlar ve son zamanlarda dayanıklılık riski bulunan farklı herbisitlerle çalışmaların da yapılmasının önerilmesi gerekmektedir.
7. Dayanıklılığın sebebi olan üst üste aynı etkili maddeli ve aynı etki mekanizmasına sahip herbisitlerin kullanılmaması konusunda çiftçilerimizin uyarılması gerekir.
8. Bu çalışmanın uygulayıcılara ve bundan sonraki bu konuda çalışacak araştırmacılara yol gösterici olması dileğimizdir.

6. KAYNAKLAR

- Abbas, T., Zahir, Z.A., Naveed, M. ve Kremer, R.J., 2018. Limitations of Existing Weed Control Practices Necessitate Development of Alternative Techniques Based on Biological Approaches. *Advances in Agronomy*, Vol 147: 239-280.
- Aksoy, A., Kural, D., Şimşek, M., Öncü, Ş. ve Sizer, V., 2010. Türkiye’de Buğday Ekim Alanlarında Kullanılan Herbisitlere Karşı Dayanıklılık Problemi. 2010 Tarım İlaçları Kongresi, Ankara. 235-244s.
- Ali, A., McLaren R.D. ve Souza Machado, V., 1986 Chloroplastic resistance to triazine herbicides in *Sinapis arvensis* L. (Wild mustard). *Weed Res.* 26:39-44.
- Al-Shehbaz, 2020. https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=23310#null (01.08.2020)
- Andersson, L. ve Milberg, P., 1998. Variation in Seed Dormancy Among Plants, Population and Years of Seed Collection. *Seed Science Research*, 8, 29-38.
- Anfoka, G., Altaieb, M., Ahmad, F.H. ve Obaida, M.A., 2017. Charlock Mustard (*Sinapis arvensis*): A Weed Reservoir for Begomoviruses and Associated Betasatellite in Jordan. *Canadian Journal of Plant Pathology* 39(3). Doi: 10.1080/07060661.2017.1354332
- Anonim, 2008. Ziraî Mücadele Teknik Talimatları, Cilt 6. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, 286s, Ankara.
- Anonim, 2013. <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-2476411> (01.08.2020)
- Anonim, 2017. Buğday Entegre Mücadele Teknik Talimatları. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü. Ankara, 138 sayfa.
- Anonim, 2019a. Herbicide- Encyclopaedia Britannica, <https://www.britannica.com/science/herbicide> (01.03.2020).
- Anonim, 2019b. <http://www.fmcturkey.com.tr/Portals/FMCTurkey/FMC/labels/plant-protection/herbicides/Granstar%20Etiket%2019.03.2019.pdf> (01.03.2020)
- Anonim, 2019c. <http://www.agrobestgrup.com/ilac.php?dilkod=TR&ilacid=12&kat=best-amin-500-sl> (12.03.2020).
- Anonim, 2019d. <https://amasya.ktb.gov.tr/> (01.03.2020).
- Anonim, 2019e. <https://www.mgm.gov.tr> (19.09.2019).
- Anonim, 2019f. <https://corum.ktb.gov.tr/> (01.03.2020).
- Anonim, 2019g. <https://tokat.csb.gov.tr/cografi-yapi-i-1211> (01.03.2020)
- Anonim, 2019h. [https://tr.wikipedia.org/wiki/Yozgat_\(il\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/Yozgat_(il)) (19.09.2019).
- Anonim, 2020a. Tubives, <http://194.27.225.161/yasin/tubives/index.php?sayfa=1&taxid=488> (01.03.2020).
- Anonim, 2020b. <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/655.htm> (01.02.2020).
- Anonim, 2020c. <http://www.fao.org/3/ca3878en/ca3878en.pdf> (03.02.2020).
- Anonim, 2020d. http://herbicidesymptoms.ipm.ucanr.edu/MOA/ALS_or_AHAS_inhibitors/ (01.03.2020).
- Anonim, 2020e. <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.15356.html> (01.03.2020).
- Anonim, 2020f. https://en.wikipedia.org/wiki/2,4-Dichlorophenoxyacetic_acid (01.03.2020).

- Atak, M., 2004. Farklı Triticale Hatlarının Morfolojik ve DNA Markörleriyle Genetik Karakterizasyonu. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. 116 sy.
- Avcı, Ç., 2009. Çukurova Bölgesi Buğday Ekim Alanlarında Sorun Olan *Phalaris brachystachys* Link. (Kanlı Çayır) Bazı Buğday Herbisitlerine Karşı Oluşturduğu Dayanıklılık Sorunlarının Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana. 63 sayfa.
- Ayata, M.U., 2014. Adana İli Buğday Ekim Alanlarında Kısır Yabani Yulaf (*Avena sterilis* L.)'ın ACCase (Acetyl-CoA Carboxylase) Enzimi İnhibitörü Herbisitlere Karşı Oluşturduğu Dayanıklılığın Önemi ve Dayanıklı Popülasyonların Haritasının Oluşturulması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana. 200 sayfa.
- Aydın, N., Bayramoğlu, H.O., Mut, Z. ve Özcan, H., 2005. Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Çeşit ve Hatlarının Karadeniz Koşullarında Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. AÜZF Tarım Bilimleri Dergisi, Cilt 11, Sayı 3, 257-262 Ankara.
- Baillargeon, G., 1986. Eine taxonomische Revision der Gattung *Sinapis* (Cruciferae: Brassiceae). PhD. Thesis, Universität Berlin, Berlin, Germany.
- Başaran, B. ve Kadioğlu, İ., 2016. Tokat İli Buğday Ekim Alanlarında Sorun Olan Yabani Hardal (*Sinapis arvensis* L.)'ın Ekonomik Zarar Eşiğinin Belirlenmesi. Turk. J. Weed Sci., 19(1):1-5.
- Bi, Y., Liu, W., Guo, W., Li, L., Yuan, G., Du, L. ve Wang, J., 2015. Molecular Basis of Multiple Resistance to ACCase and ALS Inhibiting Herbicides in *Alopecurus japonicus* from China. Pesticide Biochemistry and Physiology. 126.10.1016/j.pestbp.2015.07.002.
- Boylu, D., 2017. Tilki kuyruğu (*Alopecurus myosuroides* Huds.) Yabancı Otunda Herbisit Dayanıklılığının ve Basit Dizi Tekrarlarıyla Genetik Çeşitliliğinin Belirlenmesi. Ondokuzmayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 108 sayfa.
- Boz, Ö., 1997. Buğday Ekim Alanlarındaki Yabani Hardal (*Sinapis arvensis* L.) ve Yabani Fiğın (*Vicia sativa* L.) Bazı Biyolojik Özellikleri ve Ekonomik Zarar Eşiklerinin Belirlenmesi ile İlgili Araştırmalar. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. 102 sayfa.
- Bölük, E., 2016. Köppen İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye İklimi. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Brosnan, J.T., Vargas, J.J., Breeden, G.K., Grier, L., Aponte, R.A., Tresch, S. ve LaForest, M., 2016. A New Amino Acid Substitution (Ala-205-Phe) in Acetolactate Synthase (ALS) Confers Broad Spectrum Resistance to ALS Inhibiting Herbicides. Planta 243:149-159.
- Budak, Ü., 2012. Çeltik Ekim Alanlarında Sorun Olan *Alisma plantago-aquatica* L. (Kurbağa Kaşığı)'nın ALS İnhibitörü Herbisitlere Dayanıklılık Durumlarının Araştırılması. Ondokuzmayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 75 sayfa.
- Bülbül, F. ve Aksoy, E., 2005. Çukurova'da Buğday Tarlalarında Görülen Önemli Yabancı Otlar ve Mücadelesi. Bereket, 2005-1, Adana Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü, Adana, 2 sayfa (Çiftçi Mektubu).

- Calha, I.M., Machado, C. ve Rocha, F., 1999. Resistance of *Alisma plantago-aquatica* to Sulfonylurea Herbicides in Portuguese Rice Fields. *Hydrobiologia* 416:289-293.
- Ceylan, N.A., 2017. İstanbul İli Buğday Ekim Alanlarında Görülen Önemli Yabancı Ot Türleri, Yoğunlukları ve Rastlanma Sıklıklarının Belirlenmesi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 51 sayfa.
- Christoffers, M.J., Nandula, V.K., Howatt, K.A. ve Wehking, T.R., 2006. Target-site Resistance to Acetolactate Synthase Inhibitors in Wild Mustard (*Sinapis arvensis*). *Weed Science* 54:191-197.
- Christopher, J.T., Powles, S.B. ve Holtum, J.A.M., 1992. Resistance to Acetolactate Synthase-Inhibiting herbicides in Annual Ryegrass (*Lolium rigidum*) Involves at Least Two Mechanisms. *Plant Physiol* 100:1909-1913.
- Cocker, K.M., Moss, S.R. ve Coleman, J.O.D., 1999. Multiple Mechanisms of Resistance to Fenoxaprop-P-Ethyl in United Kingdom and Other European Population of Herbicide Resistant *Alopecurus myosuroides* (black-grass) Pest. *Biochem. Physiol.* 65:189-195.
- Combella, J.H., 1987. Weeds in Cropping Their Cost to the Australian Economy. *Plant Protection Quarterly* 2:2.
- Corbett, C.L. ve Tardif, F.J., 2006. Detection of Resistance to Acetolactate Synthase Inhibitor in Weeds With Emphasis on DNA Based Techniques. *Pest Mang. Sci.* 62:584-597 (2006).
- Cramer, H.H., 1967. Pflanzenschutz und Welterente, Pflanzenschutz Nachrichten Bayer. Aus der Abteilung Beratung Pflanzenschutz der Farbenfabriken, Bayer A.G., Leverkusen.
- Dangwal, L.R., Singh, A., Singh, T., Sharma, A. ve Sharma, C., 2010. Common Weeds of Rabi (Winter) Crops of Tehsil Nowshera, District Rajouri (Jammu&Kashmir), India, *Pakistan Journal of Weed Science Research*, Vol. 16, No. 1, 2010, pp 39-45.
- Danquah, E.T., Johnson, D.E., Riches, C., Arnold, G.M. ve Karp, A., 2002. Genetic Diversity in *Echinochloa* spp. Collected from Different Geographic Origins and Within Rice Fields in Cote d'Ivoire, 42-5, 394.
- Davis, P.H., 1965. Flora of Turkey and The East Aegean Islands, Vol: 1. Edinburg, UK: Edinburg University Publication, pp 567.
- De Prado, R.A. ve Franco, A.R., 2004. Cross-resistance and Herbicide Metabolism in Grass Weeds in Europe: Biochemical and Physiological Aspects. *Weed Science*. 52; 441-447.
- Debreuil, D.J., Friesen, L.F. ve Morrison, I.N., 1996. Growth and Seed Return of Quin Type Herbicide Resistant Wild Mustard (*Brassica kaber*) in Wheat. *Weed Sci.* 44:871-878.
- Demir, A. ve Tepe, I., 2001. Diyarbakır İli Nohut Ekiliş Alanlarında Saptanan Önemli Yabancı Ot Türleri Yaygınlık ve Yoğunlukları. *Türkiye Herboloji Dergisi*, 4(1), 21-29.
- Demirci, M. ve Nemli Y., 1997. In vitro Testlerle Trifluralin'e Karşı *Setaria verticillata* (L.) P.B.'nin Dayanıklılığının Saptanmasına Yönelik Bazı Çalışmalar. *Türkiye II. Herboloji Kongresi*. 1-4 Eylül 1997, İzmir-Ayvalık, Bildiriler Kitabı, 73-80.
- Demirkan, H., 2009. Herbisitlere Dayanıklılık Konusunda Dünya'da Yapılmış Bildirimlerin Değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46 (2009):71-78.

- Deng, W., Yang, Q., Zhang, Y., Jiao, H., Mei, Y. ve Li, X., 2017. Cross-resistance Patterns to Acetolactate Synthase (ALS) Inhibiting Herbicide of Flixweed (*Descurainia sophia* L.) Conferred by different Combinations of ALS Isozymes with a Pro-197-Thr mutation or a Novel Trp-574-Leu Mutation. *Pest Biochem Physiol.* 2017; 136:41-45.
- Dhole, J.A., Lone, K.D., Dhole, N.A. ve Bodke, S.S., 2013. Studies on Weed Diversity of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Crop Fields of Marathwada Region. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci* (2013) 2(6):293-298.
- Doğar, G., 2016. Tokat İli Buğday Ekim Alanlarında Sorun Olan Kısır Yabani Yulafın (*Avena sterilis* L.) Bazı Herbisitlere Karşı Dayanıklılık Durumunun Araştırılması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 88 sayfa.
- Erken, S., 2016. Orta Karadeniz Bölgesi Buğday Ekim Alanlarında Sorun Olan *Lolium* spp.'nin ALS ve ACCase İnhibitörü Herbisitlere Karşı Dayanıklılığının Moleküler Olarak Araştırılması. Ondokuzmayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 123 sayfa.
- Eşitmez, B. ve Işık, D., 2016. Kayseri İli Elma Bahçelerinde Görülen Yabancı Ot Türlerinin Belirlenmesi. *Meyve Bilimi* 3 (2016):1-9.
- Eymirli, S., 2021. Herbisitlere Dayanıklılık. http://turkiyeherboloji.org.tr/dosya/Dayaniklilik_ve_Yonetimi.pdf (Erişim: 01.04.2021).
- Feng, Y., Gao, Y., Zhang, Y., Dong, L. ve Li, J., 2016. Mechanisms of Resistance to Pyroxulam and ACCase Inhibitors in Japanese Foxtail (*Alopecurus japonicus*). *Weed Science.* 64 10.1614/WS-D-16-00042.1.
- Fischer, A.J., Ateh, C.M., Bayer, D.E. ve Hill, J.E., 2000. Herbicide-resistant Early (*Echinochloa orizoides*) and Later (*E. phyllopogon*) Watergrass in California Rice Fields. *Weed Sci* 48: 225-230.
- Foes, M.J., Lui, G., Stoller, E.W., Wax, L.M. ve Tranel, P.J., 1999. A Kochia (*Kochia scoparia*) Biotype Resistant to Triazine and ALS Inhibiting Herbicides. *Weed Science* Vol. 47. P.20-27.
- Galon, L., Panozzo, L.E., Noldin, J.A., Concenco, G., Tarouco, C.P., Ferreira, E.A., Agostinetto, D., Silva, A.A. ve Ferreira, F.A., 2008. Herbicide Resistance of *Cyperus difformis* to ALS Inhibitors in Paddy Rice of Santa Catarina. *Planta Daninha*, 26:419-427.
- Geçgel, Ü., Apaydın, D., Gıdık, B. ve Önemli, F., 2016. Yabani Hardal (*Sinapis arvensis* L.) Yağının Fizikokimyasal Özellikleri ve Biyodesizel Endüstrisinde Değerlendirme Olanakları. 2. Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu, 27-30 Eylül 2016, Samsun.
- Gherekhloo, J., Hatami, Z.M., Alcantara-de la Cruz, R., Sadehipour, H.R. ve De Prafo, R., 2018. Continuous Use of Tribenuron-Methyl Selected for Cross-Resistance to Acetolactate Synthase Inhibiting Herbicides in Wild Mustard (*Sinapis arvensis*). *Weed Science.* Volume 66, Issue 4 July 2018, pp. 424-432.
- Ghorbani, R., Leifert, C. ve Seel, W., 2005. Biological Control of Weeds with Antagonistic Plant Pathogens. *Adv. Agron.* 86, 191–225.
- Gökalg, Ö. ve Üremiş, İ., 2015. Mardin Buğday Ekim Alanlarında Bulunan Yabancı Ot Türlerinin Yaygınlıklarının ve Yoğunluklarının Belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (1), 13-22.
- Graham, R.J., Pratley, J.E., Slater, P.D. ve Baines, P.R., 1996. Herbicide Resistant Aquatic Weeds, A Problem in New South Wales Rice Crops. Pp 156-158 in

- Sheperd RCH, ed. Proceedings of The Parkville, Victoria, Australia: Weed Science Society of Victoria.
- Green, J.M., 2009. Evolution of Glyphosate Resistant Crop Technology. Weed Science 57, 108-117.
- Güncan, A., 1972a. Erzurum ve Çevresinde Problem Teşkil Eden Yabancı Otlar ve Bu Bölgede İsimlendirilmeleri. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 3, 2:135-140.
- Güncan, A., 1972b. Türkiye’de Yabancı Ot Problemi. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 3: 147-152.
- Güncan, A., 1985. Anadolu’nun Doğusunda Buğday Ürününe Karışan Yabancı Ot Tohumları, Türkiye’de Set. ve Kontr. Toh Üre. Sem., İzmir, 235-242.
- Güncan, A. ve Karaca, M., 2014. Yabancı Ot Mücadelesi (Güncelleştirilmiş ve İlaveli Üçüncü Baskı) Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Konya, 310s.
- Gürbüz, R., 2016. Adana İli Buğday Ekim Alanlarında ALS İnhibitörü Herbisitlere Karşı Dayanıklılık Kazanmış Yabani Yulaf (*Avena sterilis* L.) ile Yabani Hardal (*Sinapis arvensis* L.) Popülasyonlarının Belirlenmesi ve Dayanıklılık Haritalarının Oluşturulması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. Adana, 372 sayfa.
- Haghighi, A., 2019. Ecological Fitness of Tribenuron Methyl (ALS Inhibitor Herbicide) Susceptible and Resistant Biotypes of Wild Mustard in Competition with Wheat Applied Ecology and Environmental Research. 17.10.15666/aeer/1703_62276240.
- Haghnama, K., 2016. Türkiye ve İran Çeltik Ekim Alanlarında Kullanılan Bazı Herbisitlere Karşı *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. (Darıcan)’nin Dayanıklılık Durumunu Araştırılması. Ondokuzmayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 126 sayfa.
- Hall, L.M., Holtum, J.A.M. ve Powles, B., 1994. Mechanisms Responsible for Cross-resistance and Multiple Resistance. Page 243-261 in Powles, S.B. and Holtum J.A.M. eds. Herbicide Resistance in Plants. Biology and Biochemistry.
- Han, H., Yu, Q., Owen, M.J., Cawthray, G.R. ve Powles, S.B., 2016. Widespread Occurrence of Both Metabolic and Target-site Herbicide Resistance Mechanisms in *Lolium rigidum* Populations. Pest Manag. Sci. 72, 255-263. 10.1002/ps.3995.
- Harper, J.L. 1956. The Evolution of Weed in Relation to Resistance to Herbicides. Proceeding of The 3rd British Weed Control Conference, Nov. 5-8, British Weed Control Council, Farnham, UK. 179-188.
- Heap, I., 2007. International Survey of Herbicide Resistant Weed Annual Report Internet.
- Heap, I., 2014. Global Perspective of Herbicide Resistant Weeds. Pest Manag. Sci., 70:1306-1315.
- Heap, I., 2020. <http://www.weedscience.org/Home.aspx> (01.02.2020).
- Heap, I., 2021. <http://www.weedscience.org/Home.aspx> (01.04.2021).
- Heap, I. ve Knight, R., 1986. The Occurrence of Herbicide Cross-Resistance in a Population of Annual Ryegrass, *Lolium rigidum*, Resistant to Diclofop-Methyl. Australian Journal of Agricultural Research, 37:149-156.
- Heap, I.M. ve Morrison, I.N., 1992. Resistance to Auxin Type Herbicides in Wild Mustard (*Sinapis arvensis* L.) Populations in Western Canada. Weed Sci. Soc. Am. Abstr. 32-55.

- Hess, M., Beffa, R., Kaiser, J., Laber, B., Menne, H. ve Streck, H., 2012. Status and Development of ACCase and ALS Inhibitor Resistant Black Grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) in Neighboring Fields in Germany. Julius-Kuhn-Arch. 10.5073/jka.2012.434.019.
- Hilton, H.W., 1957. Herbicide Tolerant Strains of Weeds, Hawaiian Sugar Plant. Assoc. Annu. Rep., 69 (1957).
- Hochberg, O., Mazrafi, M. ve Rubin, B., 2006. Group A/1 Resistant Steril Wild Oat (*Avena sterilis*) Israel. <http://www.weedscience.org/Case/Case.asp?ResistID=5300>.
- Holt, I.S., 1988. Reduced, Growth, Competitiuenses and Phtosynthatic Efficiency of Triazine Resistant *Senecio vulgaris* from California, Journal Applied Ecology, 25, 307-318.
- Holt, J.S. ve Lebron, H.M., 1990. Significance and Distribution of Herbicide Resistance. Weed Technology. 4:141-149.
- Hurle, K., 1988. How to Handle Weeds? Biological and Economic Aspects. Ecological Bulletins 39:63-68. Copenhagen 1988.
- Intanon, S., Perez-Jones, A., Hulting, A. ve Mallory-Smith, C., 2011. Multiple Pro197 ALS Substitutions Endow Resistance to ALS Inhibitors within and Among Mayweed Chamomile Populations. Weed Science, 59(3), 431-437. Doi:10.1614/WS-D-10-00146.1.
- İnan, İ.H. ve Rehber, E., 1987. Türkiye’de Tahıl Üretiminin Ekonomik Yapısı ve Sorunları. Türkiye Tahıl Semp., 6-9 Ekim 1987, Bursa, 665-673.
- İnci, D., 2019. Çanakkale İli Şeftali Bahçelerindeki Uzun Pireotunun (*Erigeron sumatrensis* Retz.) Herbisitlere Dayanıklılığı. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisan Tezi, 45 sayfa.
- Jabran, K., Mahajan, G., Sardana, V. ve Chauhan, B.S., 2015. Allelopathy for Weed Control in Agricultural Systems. Crop Prot. 72, 57–65.
- Jeffers, G.M., O’Donovan, J.T. ve Hall, L.M., 1996. Wild Mustard (*Brassica kaber*) Resistance to Ethametsulfuron But Not to Other Herbicides. Weed Technol. 10:847-85.
- Kadıoğlu, İ., Uluğ, E. ve Üremiş, İ., 1997. Akdeniz Bölgesi Yemelik Baklagillerinde (Nohut, Fasulye) Görülen Yabancı Otlar ile Yaygınlık ve Yoğunluklarının Belirlenmesi. Türkiye II. Herboloji Kongresi Bildirisi. 1-4 Eylül, İzmir, 195-203.
- Kaplan, M.B., 1989. Bursa İlinde Yabancı Hardal (*Sinapis arvensis* L.)’ın Morfolojik, Biyolojik Özellikleri ile Buğday Verimine Etkisi Üzerine Araştırmalar, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 54 sayfa.
- Kaundun, S.S., Cleere, S.M., Stranger, C.P., Burbidge, J.M. ve Windass, J.D., 2006. Real-time Quantitative PCR Assays for Quantification of L1781 ACCase Inhibitor Resistance Allele in Leaf and Seed Pools of *Lolium* populations. Pest Management Science, 62, 1082-1091.
- Kaya, Y. ve Zengin, H., 2000. Pasinler Ovasındaki Buğday Tarlarında Sorun Oluşturan Yabancı Otlarla, Rastlama Sıklıkları, Hayat Formları ve Fitocoğrafik Bölgelerinin Belirlenmesi. Türkiye Herboloji Dergisi, 3(1), 17-26.
- Kaya-Altıp, E., 2012. Çeltik Ekim Alanlarında Sorun Olan *Cyperus difformis* L. (Kız otu)’ın Genetik Çeşitliliğinin ve ALS grubu Herbisitlere Dayanıklılığının

- Moleküler ve Bioassay yöntemlerle Belirlenmesi. Ondokuzmayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. 140 sayfa.
- Kaya-Altop, E., Mennan, H. ve Işık, D., 2017. Buğday Ekim Alanlarında Sorun Olan *Bifora radians* Bieb. (Kokarot)'ın ALS İnhibitörü Herbisitlere Dayanıklılığının PCR Temelli Olarak Belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 32(2), 153-163. Doi: 10.7161/Omuanajas.320414.
- Kitiş, Y.E. ve Yücel, E., 2010. Ot İlaçlarına (Herbisit) Karşı Direnç Oluşumu ve Alınması Gereken Önlemler. <https://yasinemrekitis.wordpress.com/tag/herbisit-dayanikliligi/> (Erişim:01.04.2021).
- Kordali, Ş. ve Zengin, H., 2007. Bayburt İli Buğday Alanlarında Bulunan Yabancı Otların, Rastlama Sıklığı, Yoğunlukları ve Topluluk Oluşturma Durumlarının Saptanması. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.
- Kordali, Ş. ve Zengin, H., 2011. Bayburt Yöresinde Arpa Ekim Alanlarında Görülen Yabancı Otlar, Yoğunlukları, Yaygınlıkları ve Topluluk Oluşturma Durumları Üzerinde Çalışmalar. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 42(2011): 117-131.
- Kuk, Y.I., Kim, K.H., Kwon, O.D., Lee, D.J., Burgos, N.R., Jung, S. ve Guh, J.O., 2004. Cross-resistance Pattern and Alternative Herbicides for *Cyperus difformis* resistant to sulfonylurea herbicides in Korea. Pest Manag Sci. 60:85-94.
- Laplanche, J., 2006. Characterisation of Resistance to Acetolactate Synthase Inhibitors in Green Foxtail: Molecular Genetics and Biochemical Basis. In WSSA Conference Abstracts 2006, pp. 73-74, New York.
- Llewellyn, R. ve Powels, S.B., 2001. High Levels of Herbicide Resistance in Rigid Tyegrass (*Lolium rigidum*) in The Wheat Belt of Western Australia. Weed Technology, 2001. Vol. 15:242-248.
- López-Ovejero, R.F., Carvalho, S.J.P.de, Nicolai, M., Abreu, A.G., Grombone-Guaratini, M.T., Toledo, R.E.B. ve Christoffoleti, P.J., 2006. Resistance and Differential Susceptibility of *Bidens pilosa* and *B. Subalternans* biotypes to ALS Inhibiting Herbicides. Scientia Agricola, 63(2), 139-145. Doi:10.1590/s0103-90162006000200005.
- Mahmood, T.Z. ve Niaz, S.A., 1992. Weeds in Cropped Land at Islamabad, NARC, Identification and Control of Weeds Manual, National Training Course, Pakistan Agriculture Research Council, Islamabad, 1992. p.79.
- Mallory-Smith, C.A., Thill, D.C. ve Dial, M.J., 1990. Identification of Sulfonylurea Herbicide Resistant Prickly Lettuce (*Lactuca serriola*). Weed Technology, 4, 163-168.
- Martins, B., Sanchez-Olguin, E., Perez-Jones, A. ve Mallory-Smith, C., 2012. ACCase Cross-Resistance in Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum*) sub-populations from Oregon, US. Julius-Kühn-Archiv. 10.5073/jka.2012.434.021.
- Marwat, S., Usman, K., Khan, N., Khan, M., Khan, E.A., Khan, M. ve Rehman, A., 2013. Weeds of Wheat Crop and Their Control Strategies in Dera Ismail Khan District, Khyber Pakhtun Khwa, Pakistan. American Journal of Plant Sciences. 4. 66-76. 10.4236/ajps.2013.41011.
- Mengüç, Ç., 2019. Güney Marmara Bölgesi Meyve Bahçeleri ve Bağ Alanlarında Görülen Bazı *Conyza* Türlerinin Glyphosate'e Dayanıklılığının Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 170 sayfa.

- Mengüç, Ç., 2018. Herbisit Toksisitesi ve Yabancı Otlara Karşı Alternatif Mücadele Stratejileri. Turk J Weed Sci., 21(1):61-73.
- Menne, H. ve Hogrefe, C., 2012. Impact of Multiple Resistance Mechanisms in Black-Grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) Populations on The Activity of Cereal Herbicides. Julius-Kuhn-Arch. 10.5073/jka.2012.434.007.
- Molaei, P. ve Nemli, Y., 2015. ACCase İnhibitörü Herbisitlere Dayanıklı ve Duyarlı *Avena sterilis* L. Popülasyonlarının Çimlenme Biyolojisi, Fenolojisi ve Genetiği Üzerine Araştırmalar. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 52 (1), 39-48. Doi:10.20289/euzfd.71852.
- Molaei, P., 2013. Herbisitlere Dayanıklı ve Duyarlı Kısır Yabani Yulaf (*Avena sterilis* L.) Popülasyonlarının Rekabeti, Çimlenme Biyolojisi ve Genetik Çeşitliliği Üzerine Araştırmalar. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. 187 sayfa.
- Morrison, I.N. ve Devine, M.D., 1994. Herbicide Resistance in The Canadian Prairie Provinces; Five After the Fact. Phytoprotection 75.(Suppl.): 5-16.
- Moss, S.R., Clarke, J.H., Blair, A.M., Culley, T.N., Read, M.A., Ryan, P.J. ve Turner, M., 1999. The Occurrence of Herbicide Resistant Grass Weeds in The United Kingdom and A New System for Designating Resistance in Screening Assays, Proceedings of The Brighton Crop Protection Conference on Weeds Hampshire, UK, 179-184.
- Moss, S.R., 2002. Herbicide Resistant Weeds. Weed Management Handbook, 225-252s.
- Nosratti, I. ve Muhammadyari, A., 2019. First Report of Multiple Resistance in *Galium aparine* to ALS Inhibiting and Auxin Analog Herbicides in Kermanshah, Iran. Planta Daninha. 37.10.1590/s0100-83582019370100084.
- Novakova, K., Soukup, J., Wagner, J., Hamouz, P. ve Namestek, J., 2006. Chlorsulfuron Resistance in Silky Bent-Grass (*Apera spica-venti* (L.) Beauv.) in the Czech Republic (Abstract only). Journal of Plant Diseases and Protection, 139-146.
- Ntoanidou, S., Madesis, P., Diamantids, G. ve Eleftherohorinos, I., 2017. Trp574 Substitution in The Acetolactate Synthase of *Sinapis arvensis* confers Cross-Resistance to Tribenuron and Imazamox. Pesticide Biochemistry and Physiology. 143(2017)9-14.
- Oerke, E.C., 2002. Crop Losses Due To Pests in Major Crops. In CAB International Crop Protection Compendium 2002. Economic Impact. Wallingford, United Kingdom: CAB International.
- Oerke, E.C., 2006. Crop Losses to Pests. Journal of Agricultural Science, 144(1):31-43.
- Oerke, E.C., Dehne, H.W., Schönbeck, F. and Weber, A., 1994. Crop Production and Crop Protection: Estimated Losses in Major Food and Cash Crops, Amsterdam: Elsevier.
- Oerke, E.C., Dehne, H.W., Schönbeck, F. ve Webber, A., 1999. Crop Production and Crop Protection. Elsevier. Oxford, Tokyo vb. p 808.
- Oerke, E.C. ve Dehne, H.W., 2004. Safeguarding Production Losses in Major Crops and The Role of Crop Protection. Crop Prot. 23, 275-285.
- Orel, E., 1996. Çukurova Bölgesi Buğday ve Mısır Ekim Alanlarında Bazı Ekolojik Faktörlerin Göstergesi Olabilecek Yabancı Ot Türlerinin Saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana. 133 sayfa.

- Osuna, M.D., Vidotto, F., Fischer, A.J., Bayer, D.E., De-Prado, R. ve Ferrero, A., 2002. Cross Resistance to Bispyribac-Sodium and Bensulfuron-Methyl in *Echinochloa phyllopogon* and *Cyperus difformis*. Pestic Biochem Physiol. 73:9-17.
- Özaslan, C., 2011. Diyarbakır İli Buğday ve Pamuk Ekim Alanlarında Sorun Olan Yabancı Otlar ile Üzerindeki Fungal Etmenlerin Tespiti ve Bio-etkinlik Potansiyellerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 218 sayfa.
- Özer, Z., Kadioğlu, İ., Önen, H. ve Tursun, N., 2003. Herboloji (Yabancı Ot Bilimi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No:29, Ders Notları Serisi No:10, 579 sayfa.
- Özer, Z., Önen, H., Tursun, N. ve Uygur, N., 1999. Türkiye'nin Bazı Önemli Yabancı Otları (Tanımları ve Kimyasal Savaşmaları). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:38, Kitap Serisi No:16, 434 sayfa.
- Pala, F. ve Mennan, H., 2017. Diyarbakır İli Buğday Tarlalarında Bulunan Yabancı Otların Belirlenmesi. Bitki Koruma Bülteni, 57(4): 447-461.
- Pala, F., Erman, M., Çığ, F. ve Dilmen, H., 2020. A Study on Weed Flora and Importance Value Index of Weeds in Wheat Crop. International Journal of Scientific and Technological Research, 6(1), 49-59., Doi: 10.7176/JSTR/6-01-05 (Yayın No: 6105522)
- Park, K.W. ve Mallory-Smith, C.A., 2004. Physiological and Molecular Basis for ALS Inhibitor Resistance in *Bromus tectorum* Biotypes. Weed Research 44, 71-77.
- Park, K.W., Kolkman, J. ve Mallory-Smith, C., 2012. Point Mutation in Acetolactate Synthase Confers Sulfonylurea and Imidazolinone Herbicide Resistance in Spiny Annual Sow-Thistle (*Sonchus asper* (L.) Hill). Canadian Journal of Plant Science. 92. 303-309. 10.4141/cjps2011-159.
- Peniuk, M.G., Romano, M.L. ve Hall, J.C., 1993. Physiological Investigation Into the Resistance of a Wild Mustard (*Sinapis arvensis* L.) Biotype to Auxinic Herbicides. Weed Research, 1993, Volume 33, 431-440.
- Poston, D.H. ve Wilson, H.P., 2002. Growth and Development of Imidazolinone Resistant and Susceptible Smooth Pigweed Biotypes. Weed Science 50, 485-493.
- Powles, S.B. ve Yu, Q. 2010. Evolution in Action: Plants Resistant to Herbicides. Annu. Rev. Plant Biol. 61, 317-347. Doi: 10.1146/annurev-arplant-042809-112119
- Preston, C. ve Mallory-Smith, C.A., 2001. Biochemical Mechanisms, Inheritance and Molecular Genetics of Herbicide Resistance in Weeds Powles, S. and Shaner, D. (Eds). Herbicide Resistance and World Grains, Boca Raton, FL: CRC Press, Inc, s23-60.
- Ritz, C., Baty, F., Streibig, J.C. ve Gerhard, D., 2015. Dose-response Analysis Using R. Plos One, 10(12).
- Rosario, J.M., Cruz-Hipolito, H., Smeda, R. ve Prado, R., 2011. White Mustard (*Sinapis alba*) Resistance to ALS Inhibiting Herbicides and Alternative Herbicides for Control in Spain. European Journal of Agronomy-EUR J AGRON. 35. 57-62. DOI: 10.1016/j.eja.2011.03.002.
- Ruiz-Santaella, J.P., Bakkaliu, Y., Osuna, M.D. ve De-Prado, R., 2004. Evaluation of Resistance in *Cyperus difformis* Populations to ALS Inhibiting Herbicides. CComm; Agri. Appl. Biol. Sci. 69: 91-96.
- Saari, L.L., Cotterman, C. ve Thill, D.C., 1994. Resistance to Acetolactate Synthase Inhibiting Herbicides. Herbicide Resistance in Plants: Biology and

- Biochemistry. (Powles, S.B. and Holtum, J.A.M.) Lewis Publishers, Boca Raton, FL, pages 141-169.
- Saari, L.L., COTterman, J.C. ve Primiani, M.M., 1990. Mechanism of Sulfonylurea Herbicide Resistance in Broadleaf Weed *Kochia scoparia*. Plant Physiol. 93;55-61.
- Sariaslan, D., 2013. Çorum İli Buğday Ekim Alanlarında Sorun Olan *Avena fatua* L. (Yabancı Yulaf)'nın Bazı Herbisitlere Karşı Dayanıklılık Durumunun Araştırılması. Yüksek Lisan Tezi, Ondokuzmayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun. 75 sayfa.
- Sattin, M. ve Zanin, G., 2003. Il Punto Sulla Resistenza Delle Malerbe Agli Erbicidi in Italia. Informatore Fitopatologico, 53 (1), 24-27.
- Schneider, R.P., 1985. Weed Control Technology: Needs, Development, Constraints, Proceedings 10th Conference of the Assian-Pasific Weed Science Society, Chiangmai, 1985.
- Shiferaw, B., Smale, M., Braun, H.J., Duveiller, E., Reynolds, M. ve Muricho, G., 2013. Crops That Feed The World 10. Past Successes and Future Challenges to The Role Played by Wheat in Global Food Security. Food Secur. 5 (3), 291e317. [http:// dx.doi.org/10.1007/s12571-013-0263-y](http://dx.doi.org/10.1007/s12571-013-0263-y).
- Sırma, M., 1995. Tokat Yöresinde Buğday Alanlarında Sorun Oluşturan Yabancı Otlar, Önemlilerinden Bazılarının Topluluk Oluşturma Durumları ve Topraktan Kaldırdıkları “N, P, K” Miktarı Üzerinde Bir Araştırma. Selçuk Üniversitesi Tarlar Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Konya. 110 sayfa.
- Sırma, M. ve Güncan, A., 1997. Tokat ve Yöresinde Buğday Ekim Alanlarında Sorun Oluşturan Yabancı Otlar ve Önemlilerinden Bazılarının Topluluk Oluşturma Durumları Üzerinde Bir Araştırma. Türkiye II. Herboloji Kongresi, 1-4 Eylül, 1997, İzmir, Ayvalık. 289-296.
- Sırma, M. ve Kadioğlu, İ., 2010. Erzincan Otlukbeli İlçesi Buğday Alanlarında Saptanan Önemli Yabancı Ot Türleri, Rastlanma Sıklıkları ve Yoğunlukları. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 27 (1), 27-34.
- Sırrı, M., 2019. Buğdy Ekim Alanlarında Sorun Oluşturan Yabancı Ot Türleri: Siirt İli Örneği. Turk J Agric Res 2019, 6(2): 142-152. TÛTAD ISSN: 2148-2306. Doi: 10.19159/tutad.453465
- Sizer, V., 2013. Diyarbakır İli Buğday Ekim Alanlarında Sorun Olan Kısır Yabancı Yulaf'ın (*Avena sterilis* L.) Bazı Herbisit Gruplarına Karşı Oluşturduğu Dayanıklılığın Belirlenmesi. Yüzüncüyıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Van. 50 sayfa.
- Smit, J.J. ve Cairns, A.L.P., 2001. Resistance of *Raphanus raphanistrum* to chlorsulfuron in the Republic of South Africa. Weed Research. 41;41-47.
- Spatt, L., Dornelles, S., Sanchotene, D., Brum, A., Carloto, B. ve Scherer, M., 2016. Low-level Resistance of *Cyperus iria* L. To ALS Inhibiting Herbicides Occurring in The State of Rio Grande do Sul. Cientifica. 44.532.10.15361/1984-5529.2016v44n4p532-537.
- St Jhon-Sweeting, R.S., Preston, C., Baker, J., Walker, S. ve Widderick, M., 2010. Genetic Diversity Among ALS Inhibiting Herbicide Resistant and Susceptible Populations of *Sonchus oleraceus* L. (sowthistle) in Australia. In: 17th Australasian Weeds Conference. New Frontiers in New Zealand: Together We Can Beat the Weeds. Christchurch, New Zealand, 26-30 September, 2010 [ed.

- By Zydenbos, S.M.]. Hastings, New Zealand: New Zealand Plant Protection Society, 281-284.
- Stidham, M.A., 1991. Herbicides That Inhibit Acetohydroxtacid Synthase. *Weed Sci.* 39:428-434.
- Switzer, C., 1957. The Existence of 2,4-D Resistant Strains of Wild Carrot. *Proc. Northeast. Weed Control Cong.* 11:315-318.
- Sybony, M. ve Rubin, B., 2003. Molecular Basis for Multiple Resistance to Acetolactate Synthase Inhibiting Herbicides and Atrazine in *Amaranthus blitoides*. *Planta* 216; 1022-1027.
- Szmigielski, M.A., Schoenau, J.J., Beckie, H.J., 2015. Assessment of Wild Mustard (*Sinapis arvensis* L.) Resistance to ALS Inhibiting Herbicides, Herbicides, Physiology of Action, and Safety, Andrew Price, Jessica Kelton and Lina Sarunaite, Intechopen, Doi:10.5772/61550.
- Şin, B. ve Kadioğlu, İ., Kamışlı, B., 2016. Tokat İlinde Buğday Ürünü İçerisine Karışan Yabancı Ot Tohumlarının Belirlenmesi. *Türk J Weed Sci*, 2016:19(2): 28 – 37.
- Şin, B. ve Kadioğlu, İ., 2019. Yabani Hardal Bitkisinin Tohum Çimlenme Biyolojisi Üzerine Farklı Uygulamaların Etkinliğinin Belirlenmesi. 4 th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress.
- Tan, M.K. ve Medd, R.W., 2002. Characterisation of The Acetolactate Synthase (ALS) Gene of *Raphanus raphanistrum* L. And The Molecular Assay of Mutations Associated with Herbicide Resistance. *Plant Sci.* 163: 195-200.
- Taştan, B. ve Erciş, A., 1991. Orta Anadolu Bölgesi Buğday Tarlalarında Sorun Olan Yabancı Otların Yayılış ve Yoğunluklarının Tespiti ile Önemli Olanların Çimlenme Biyolojileri Üzerine Araştırmalar. Ankara Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Raporu No:01-H-031, Ankara.
- Tehranchian, P., Riar, D., Norsworthy, J., Nandula, V., Mcelroy, S., Chen, S. and Scott, R., 2015. ALS Resistant Smallflower Umbrella Sedge (*Cyperus difformis*) in Arkansas Rice: Physiological and Molecular Basis of Resistance. *Weed Science.* 63. 561-568. 10.1614/WS-D-14-00147.1.
- Tepe, I., 1997. Türkiye’de Tarım ve Tarım Dışı Alanlarda Sorun Olan Yabancı Otlar ve Mücadeleleri. Yüzüncü Yıl Üniversiteis Yayınları No:32, 237 s.
- Topuz, M., 2007. Marmara Bölgesinde Buğday Tarlalarında Bulunan *Sinapis arvensis* L. (Yabani Hardal)’ın Sulfonilüre Grubu Herbisitlere Karşı Oluşturduğu Dayanıklılık Üzerine Araştırmalar. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 202sayfa. İzmir.
- Torun, H., 2017 Osmaniye İli’nde Ekim Nöbetinin Kısır Yabani Yulafta (*Avena sterilis* L.) Oluşmuş Herbisit Direncine Etkisinin Araştırılması ve Haritalanması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 268 sayfa.
- Töre, Ö., 2014. Tokat İli Buğday Ekim Alanlarında Sorun Olan Yabancı Ot Türleri ile Bunların Yaygınlık ve Yoğunluklarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat. 51 sayfa.
- Tranel, P. ve Wright, T., 2002. Resistance of Weeds to ALS Inhibiting Herbicides: What Have We Learned? *Weed Science*, 50(6), 700-712. Doi: 10.1614/0043-1745(2002)050[0700:RROWTA]2.0.CO;2
- TÜİK, 2018. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 (10.12.2019).

- Tursun, N., Kantarcı, Z. ve Seyithanoğlu, M., 2006. Kahramanmaraş'ta Buğday Ürününe Karışan Yabancı Ot Tohumlarının Belirlenmesi. Karamanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, 9(2): 110-115.
- Türkseven, S., 2011. Marmara Bölgesi Buğday Alanlarında Yabancı Yulaf (*Avena fatua* L.) ve Kısır Yabancı Yulaf (*Avena sterilis* L.)'in Herbisitlere Dayanıklılığının Araştırılması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Bornova, İzmir. 129 sayfa.
- Uludağ, A., 2003. Doğu Akdeniz Bölgesinde Buğday Tarlalarındaki Yabancı Yulafın Bazı Graministlere Karşı Oluşturduğu Dayanıklılık Üzerine Araştırmalar. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir. 144 sayfa.
- Uludağ, A., Nemli, Y. Ve Rubin, B., 2001. Yabancı Yulaf (*Avena sterilis*)'ta Cladinafop'a Dayanıklılık Üzerine Araştırmalar. Türkiye III. Herboloji Kongresi, 9-12 Ekim 2001, Ankara, Bildiri Özetleri, S.1.
- Uluğ, E., Kadioğlu, İ. ve Üremiş, İ., 1993. Türkiye'nin Yabancı Otları ve Bazı Özellikleri. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Adana Ziraî Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana. Yayın No:78.
- Uygur, F.N., Koch, W. and Walter, H., 1986. Çukurova Bölgesi Buğday, Pamuk Ekim Sistemindeki Önemli Yabancı Otların Tanımı. PLITS, 1986/4 (1), 196s. Vol.2, 379-384.
- Üstüner, T. ve Altun, B., 2003. Niğde Yöresinde Buğday Tarlalarında Sorun Olan Yabancı Otlar ve Yoğunlukları. Türkiye Herboloji Dergisi 6(29):32-41.
- Üstüner, T. ve Güncan, A., 2002. Niğde ve Yöresi Patates Tarlalarında Sorun Olan Yabancı Otların Yoğunluğu ve Önemi ile Topluluk Oluşturmaları Üzerine Araştırmalar. Türkiye Herboloji Dergisi, 5(2), 30-42.
- Valverde, B.E., 1996. Management of Herbicide Resistant Weeds in Latin America: The Case of Propanil-Resistant *Echinochloa colona* in Rice. Page 415-420 in Proceedings of the 2nd International Weed Control Congress. Volume 2. Slagelse, Denmark: Department of Weed Control and Pesticide Ecology.
- Vencill, W., Nichols, R.L., Webster, T.M., Soteres, J.k., Mallory-Smith, C., Burgos, N.R., Johnson, W.G. and McClelland, M.R., 2012. Herbicide Resistance: Toward an Understanding of Resistance Development and the Impact of Herbicide-Resistant Crops. Weed Science 2012, Special Issue:2-30.
- Vidotto, F., Busi, R. and Ferrero, A., 2003. *Schoenoplectus mucronatus* (L.) Palla and *Cyperus difformis* L. Accessions Resistant to ALS Inhibitors in Italian Rice Fields. In Proceedings of the Third International Temperate Rice Conference.
- Wang, G., Cu, H., Zhang, H., Zhang, Y., Liu, X., Li, X. and Fan, C., 2011. Tribenuron Methyl Resistant Shepherd's Purse (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.) in Hebei Province of China. Agricultural Sciences in China. AGRIC SCI SCHINA. 10. 1241-1245. 10.1016/S1671-2927(11)60115-6.
- Warwick, S.I. and Anderson, J.K., 1993. Guide to The Wild Germplasm of Brassica and Allied Crops. Part II. Chromosome Numbers in The Tribe Brassiceae (Cruciferae). Agriculture Canada Research Branch Tech. Bull. 1993-15E, Ottawa, ON. 22p.
- Warwick, S.I. ve Black, L.D., 1994. Relative Fitness of Herbicide Resistant and Susceptible Biotypes of Weeds, Phtoprotection 75:37-49 pp.
- Warwick, S.I., Beckie, H.J., Thomas, A.G. and McDonald, T., 2000. The Biology of Canadian Weeds. 8. *Sinapis arvensis* L. (update). Canadian Journal of Plant Science 80(4): 939-961.

- Warwick, S.I., Sauder, C. and Beckie, H., 2005. Resistance in Canadian biotypes of Wild Mustard (*Sinapis arvensis*) to Acetolactate Synthase Inhibiting Herbicides. *Weed Science* 53; 631-639.
- Weitang, Liu, Shuang Bai, Ning Zhao, Sisi Jia, Wei Li, Lele Zhang and Jinxin Wang., 2018. Non Target Site Based Resistance to Tribenuron Methyl and Essential Involved Genes in *Myosoton Aquaticum* (L.). *BMC Plant Biology*.
- Whitehead, C.W. and Switzer, C.M., 1963. The Differential Response of Strains of Wild Carrot to 2,4-D and Related Herbicides. *Can. J. Plant Sci.* 43: 255-262.
- Yu, Q., Powles, S.B., 2014. Resistance to AHAS Inhibitor Herbicides: Current Understanding. *Pest., Manag. Sci.*, 70: 1340-1350.
- Yücel, E., 2004. Çukurova Bölgesi Buğday Ekim Alanlarında Sorun Olan Kısır Yabani Yulaf (*Avena sterilis*)'ın Bazı Herbisitlere Karşı Ortaya Çıkan Dayanıklılık Sorunlarının Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 74 sayfa.
- Zand, E., 2008. Group B/2 Resistant Steril Wild Oat (*Avena sterilis*) Iran. <http://www.weedscience.org/Case/Case.asp?ResistID=5376> (Erişim tarihi: 20.12.2010).
- Zhang, L. Guo, W., Li, Q., Wu, C., Zhano, N., Liu, W. and Wang, J., 2017. Tribenuron Methyl Resistance and Mutation Diversity of The AHAS Gene in Shepherd's Purse (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.) in Henan Province, China. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 143. 10.1016/j.pestbp.2017.05.007.
- Zhao, B., Fu, D., Yu, Y., Huang, C., Yan, K., Li, P., Shafi, J., Zhu, H., Wei, S. and Ji, M., 2017. Non-target-site Resistance to ALS Inhibiting Herbicides in a *Sagittaria trifolia* L. Population. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 140.10.1016/J.pestbp.2017.06.008.