

**İĞDIR İLİ BUĞDAY EKİM ALANLARINDA SORUN OLAN YABANI YULAF
(*Avena fatua* L.) POPULASYONLARININ ALS ile ACCASE İNHİBİTÖRÜ
HERBİSİTLERE KARŞI DAYANIKLILIK DURUMUNUN, MORFOLOJİK
KARAKTERİZASYONUNUN ve METİLASYON DÜZEYLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Hazırlayan: Harun ALPTEKİN

1. Danışman: Doç. Dr. Ramazan GÜRBÜZ

2. Danışman: Doç. Dr. Adnan AYDIN

TARIM BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

Doktora Tezi

İĞDIR/2024

Her hakkı saklıdır

T.C.
IĞDIR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

IĞDIR İLİ BUĞDAY EKİM ALANLARINDA SORUN OLAN YABANI YULAF
(*Avena fatua* L.) POPULASYONLARININ ALS İLE ACCASE İNHİBİTÖRÜ
HERBİSİTLERE KARŞI DAYANIKLILIK DURUMUNUN, MORFOLOJİK
KARAKTERİZASYONUNUN ve METİLASYON DÜZEYLERİNİN
BELİRLENMESİ

Harun ALPTEKİN

TARIM BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

IĞDIR/2024

TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Harun ALPTEKİN

IĞDIR/2024



Bu çalışma Iğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: ZİF1022A09 ve ZİF0621D02

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

İĞDIR İLİ BUĞDAY EKİM ALANLARINDA SORUN OLAN YABANI YULAF (*Avena fatua* L.) POPULASYONLARININ ALS ile ACCASE İNHİBİTÖRÜ HERBİSİTLERE KARŞI DAYANIKLILIK DURUMUNUN, MORFOLOJİK KARAKTERİZASYONUNUN ve METİLASYON DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

ALPTEKİN, Harun

Doktora Tezi

Tarım Bilimleri Anabilim Dalı

1. Danışman: Doç. Dr. Ramazan GÜRBÜZ

2. Danışman: Doç. Dr. Adnan AYDIN

Ekim 2024, 181 Sayfa

Yabani yulaf (*Avena fatua* L.) buğday ekim alanlarında sorun oluşturan önemli yabancı otlardan biridir. Buğday ekim alanlarında herbisitlerin kullanması ile birlikte *A. fatua* herbisitlere karşı dayanıklılık kazanmıştır. Yabancı otların herbisitlere karşı kazanmış olduğu dayanıklılığı tespit etmek onlarla mücadele etmede büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma Iğdır ili ve ilçelerinde buğday ekim alanlarında toplanılan *A. fatua* popülasyonlarının morfolojik özellikleri, ACCase inhibitörü ve ALS inhibitörü herbisitlere karşı dayanıklılık durumlarının belirlenmesi ve ayrıca *A. fatua*'nın hassas ve dayanıklı bireylerinin ACCase ve ALS inhibitörü herbisitlerin farklı dozları uygulandığında epigenetik olarak meydana gelebilecek değişiklikleri araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Çalışma kapsamında Iğdır ili ve ilçelerinde 50 farklı lokasyonda *A. fatua* tohumları toplanmıştır. ACCase inhibitörü (clodinafop-propargyl) ve ALS inhibitörü [mesosulfuron-methyl + mefenpyr-diethyl (safener)] herbisitler kullanılmıştır. Epigenetik çalışma için ise *A. fatua*'nın dayanıklı ve hassas popülasyonları ile ALS ve ACCase inhibitör herbisitlerin N/2, N, 2N dozları kullanılmıştır. *A. fatua*'nın popülasyonlarının ilk olarak belirtilen herbisitlere karşı tavsiye edilen dozları sera koşullarında denenmiştir. Bazı popülasyonların herbisit uygulamasından etkilenmedikleri ve canlı kaldığı belirlenmiştir. Bu popülasyonlar doz-etki çalışmalarına alınmış ve ED₉₀ değerlerinin elde edilmesi için Weibull modeli ile R paket programı kullanılmıştır. *A. fatua* popülasyonlarının gövde çapı dışında diğer morfolojik özellikleri bakımında istatistikî olarak %1 (p<0,01) fark meydana gelmiştir. Doz etki denemeleri sonucunda iki popülasyon (İĞR36 ve İĞR40) ALS inhibitörü herbisite, iki popülasyon (İĞR17 ve İĞR23) ise ACCase inhibitörü herbisite karşı dayanıklılık kazandığı belirlenmiştir. Yapılan korelasyon analizleri, morfolojik özellikler ile herbisit dayanıklılığı arasında belirgin bir ilişki olmadığı belirlenmiştir. Metilasyon analizi sonucunda, ALS ve ACCase hassas bireylerin herbisitlere karşı metilasyon seviyelerinde daha büyük değişimler gösterdiğini, dayanıklı bireylerde ise bu değişimlerin daha sınırlı kaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca herbisit dozlarının artmasıyla metilasyon seviyelerinde arttığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: ACCase inhibitörü, ALS inhibitörü, *Avena fatua* L., Dayanıklılık, Epigenetik, Herbisitler.

ABSTRACT

DETERMINATION of RESISTANCE STATUS, MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION and METHYLATION LEVELS of WILD OAT (*Avena fatua* L.) POPULATIONS WHICH ARE A PROBLEM in WHEAT CULTIVATION AREAS in İĞDIR PROVINCE to ALS and ACCASE INHIBITOR HERBICIDES

ALPTEKIN, Harun

Doctoral Thesis

Department of Agricultural Sciences

1. Advisor: Assoc. Dr. Ramazan GURBUZ

2. Advisor: Assoc. Dr. Adnan AYDIN

October 2024, 181 Pages

Wild oat (*Avena fatua* L.) is one of the important weeds that cause problems in wheat cultivation areas. With the use of herbicides in wheat cultivation areas, *A. fatua* has gained resistance to herbicides. Determining the resistance that weeds have gained to herbicides is of great importance in controlling them. This study was carried out to determine the morphological characteristics of *A. fatua* populations collected from wheat cultivation areas in İğdir province and its districts, their resistance status to ACCase inhibitor and ALS inhibitor herbicides and also to investigate the epigenetic changes that may occur when different doses of ACCase and ALS inhibitor herbicides are applied to susceptible and resistant individuals of *A. fatua*. Within the scope of the study, *A. fatua* seeds were collected from 50 different locations in İğdir province and its districts. ACCase inhibitor (clodinafop-propargyl) and ALS inhibitor [mesosulfuron-methyl + mefenpyr-diethyl (safener)] herbicides were used. For the epigenetic study, resistant and sensitive populations of *A. fatua* and N/2, N, 2N doses of ALS and ACCase inhibitor herbicides were used. First, the recommended doses of the *A. fatua* populations against the mentioned herbicides were tested under greenhouse conditions. It was determined that some populations were not affected by the herbicide application and remained alive. These populations were included in dose-effect studies and Weibull model and R package program were used to obtain ED₉₀ values. A statistically 1% ($p < 0.01$) difference occurred in terms of morphological characteristics except stem diameter of *A. fatua* populations. As a result of dose-effect studies, it was determined that two populations (İĞR36 and İĞR40) gained resistance to ALS inhibitor herbicide, and two populations (İĞR17 and İĞR23) gained resistance to ACCase inhibitor herbicide. Correlation analyses showed that there was no significant relationship between morphological characteristics and herbicide resistance. As a result of methylation analysis, it was observed that ALS and ACCase sensitive individuals showed greater changes in methylation levels to herbicides, while these changes were more limited in resistant individuals. It was also determined that methylation levels increased with increasing herbicide doses.

Key Words: ACCase inhibitor, ALS inhibitor, *Avena fatua* L., Resistance, Epigenetics, Herbicides,

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Buğday özellikle ekmeğin hammaddesi olmasından ötürü Dünya’da en önemli kültür bitkileri arasında yer almaktadır. Dünyada artan nüfusun taleplerini karşılamak için üretiminide arttırmak gerekmektedir. Fakat tarım alanlarında verimi azaltan ve ürün kalitesini düşüren etmenler bulunmaktadır. Bu etmenlerden biri de yabancı otlar olup en önemlilerinden biride *A. fatua* olmaktadır. Buğday verim ve kalitesini arttırmak için mutlaka yabancı otlarla mücadele etmek gerekmektedir. Buğday ekim alanlarında yabancı otlarla mücadele etmek için öncelikle kimyasal mücadele yöntemi kullanılmaktadır. Fakat üst üste ve sık bir şekilde herbisitlerin kullanması sonucu buğday ekim alanlarında *A. fatua* herbisitlere karşı dayanıklılık kazanmıştır. Yabancı otların herbisitlere karşı kazanmış olduğu dayanıklılığı tespit etmek onlarla mücadele etmede büyük önem taşımaktadır. Ayrıca herbisitlerin düşük dozlarda kullanılması sonucu yabancı otlarda dayanıklılığa sebep olup olmadığı son yıllarda yapılan çalışmalarla ortaya konulmaya çalışılmaktadır.

Doktora eğitimime başladığım bu süreçten bana yol gösteren aynı zamanda doktora tez konumun belirlenmesinde, çalışmanın yürütülmesi, tezin hazırlanması ve tezin bitiminde yardımlarını esirgemeyerek destek veren tez danışmanlarım Doç. Dr. Ramazan GÜRBÜZ ve Doç. Dr. Adnan AYDIN’a teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmalarını aşamasında benden yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Muhittin KULAK, Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Zeki KOÇAK, Doç. Dr. İbrahim KAHRAMANOĞLU, Arş. Gör. Dr. Emine UYGUR GÖÇER, Doktora Öğrencileri Cemal TÜLEK, Büşran SUNYAR, Elvan KOÇ, Araştırma Görevlisi Leyla KURGAN, Yüksek Lisans Öğrencisi Sedanur GÜMÜŞ ve Otomotiv Teknikeri Zebur ALPTEKİN’e teşekkür ederim. Ayrıca yaşamım boyunca maddi ve manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim Annem Ayşe ALPTEKİN ve Babam Ali ALPTEKİN’e sonsuz teşekkür ederim.

Bu çalışmayı projeye (ZİF1022A09 ve ZİF0621D02) destekleyen Iğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimi’ne teşekkür ederim.

Harun ALPTEKİN
IĞDIR/2024

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	17
3. MATERYAL ve METOT.....	34
3.1 Materyal.....	34
3.1.1. <i>Avena fatua</i> L'nin genel özellikleri	34
3.1.2. Araştırma alanı.....	35
3.1.3. Morfolojik çalışmalarda kullanılan materyaller	39
3.1.4. Dayanıklılık çalışması için kullanılan materyaller	40
3.1.5. Epigenetik çalışmada kullanılan materyaller	42
3.2. Yöntem	46
3.2.1. <i>Avena fatua</i> L. tohumların toplanması ve temizlenmesi.....	46
3.2.2. Morfolojik çalışması	48
3.2.3. Dayanıklılık çalışmaları	54
3.2.4. Epigenetik Çalışma	61
3.2.4.1. Epigenetik çalışması için örneklerin elde edilmesi.....	61
3.2.4.2. DNA Metilasyonu	63
3.2.4.3. DNA Kalitesi ve Miktarlarının Belirlenmesi	65
3.2.4.3.1. Spektrofotometrik yöntemi.....	65
3.2.4.4.2. Agaroz jel elektroforez yöntemi.....	66
3.2.4.5.3. Polimeraz Zincir Reaksiyonları (PZR).....	67

3.2.4.4. DNA'ların Restriksiyon enzimleri ile kesilmesi.....	69
3.2.5. Veri analiz.....	70
3.2.5.1. Morfolojik ve dayanıklılık verilerin analizi	70
3.2.5.2. Moleküler Verilerin Analizi.....	71
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	72
4.1. <i>Avena fatua</i> L.'nin Morfolojik Özellikleri	72
4.1.1. Popülasyonların ve Parametrelerin Çok Değişkenli Analizi	84
4.1.1.1. Değişkenler arasındaki korelasyon	85
4.1.1.2. Isı Haritası kümeleme analizi.....	91
4.1.1.3. Hiyerarşik kümeleme analizi.....	92
4.1.1.4. Ağ grafiği analizi	94
4.1.1.5. Temel bileşen analizi.....	94
4.2. Dayanıklılık Çalışması	96
4.2.1. Ön dayanıklılık çalışması	96
4.2.2. Doz etki çalışması.....	101
4.2.2.1. ALS inhibitörü herbisit doz etki çalışması.....	101
4.2.2.2. ACCase inhibitörü herbisit doz etki çalışması.....	114
4.3. Morfolojik ve Dayanıklılık İlişkisi.....	126
4.3.1. ALS inhibitörü herbisit yüzde etkisi ile morfolojik özelliklerin ilişkisi.....	127
4.3.2. ACCase inhibitörü herbisit yüzde etkisi ile morfolojik özelliklerin ilişkisi	132
4.4. Epigenetik Çalışma.....	138
4.4.1. Spektrofotometre analizleri.....	138
4.4.2. Agaroz jel elektroforez analizleri	139
4.4.3. Uygulamalar arasında DNA metilasyon düzeyindeki değişimler.....	140
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	159
KAYNAKLAR	161
ÖZGEÇMİŞ.....	182

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
cm	Santimetre
da	Dekar
g	Gram
ha	Hektar
kg	kilogram
km ²	Kilometre kare
m	Metre
M	Molar
m ²	Metrekare
mm	Milimetre
mM	Milimolar
N	Azot
ng	Nanogram
°C	Santigrat derece
sn	Saniye
µl	Mikrolitre

Kısaltmalar

DNA	Deoksiribonükleik asit trifosfat
FAO	Dünya Gıda ve Tarım Örgütü
iPBS	Inter-primer-binding sites
Na ⁺	Sodyum iyonu
NaCl	Sodyum klorür
PCR	Polymerase chain reaction (Polimeraz zincirreaksiyonu)
TBE	Tris-Borat-EDTA
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. <i>Avena fatua</i> 'ya ait görsel (a: <i>Avena fatua</i> bulaşık tarla, b: <i>Avena fatua</i> tohumları).....	5
Şekil 1.2. Dünya'da <i>Avena fatua</i> 'nın dağılım alanları.....	5
Şekil 1.3. Dayanıklı türlerin popülasyonundaki artış	8
Şekil 1.4. Dünyada ülkelere göre herbisite dayanıklı yabancı ot tür sayıları	9
Şekil 1.5. Dünya'da yıllara göre herbisit dayanıklılık vakalar	9
Şekil 1.6. Buğdayda <i>Avena fatua</i> dayanıklılığı ile ilgili yapılan çalışmalardaki anahtar kelimelerin tekrar sıklığı	15
Şekil 3.1. <i>Avena fatua</i> 'ya ait görseller (a: tohum, b: ilk çıkış, c: iki yapraklı, d: olgun, e: tam olgun dönem)	34
Şekil 3.2. Iğdır ili haritası	35
Şekil 3.3. <i>Avena fatua</i> tohumlarının toplandığı konumlar ve toplanmasına ait görseller (a: tohumların toplandığı konumlar, b: <i>Avena fatua</i> bulaşık buğday tarlası, c: <i>Avena fatua</i> tohumların toplanılması).....	38
Şekil 3.4. Morfolojik çalışma için kullanılan saksılara ait görseller.....	39
Şekil 3.5. Toprak harcı olarak kullanılan bahçe toprağı, inşaat kumu ve hayvan gübresine ait görseller	39
Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan sırt pülverizatörüne ait görseller	41
Şekil 3.7. Çalışmada kullanılan saksılar ve toprak harcı olarak kullanılan toprak, inşaat kumu ve hayvan gübresine ait görseller (a: kullanılan saksılar, b: kullanılan toprak harcı)	42
Şekil 3.8. <i>Avena fatua</i> tohumlarının toplanılması ve temizlenmesine ait iş akış şeması (a: <i>Avena fatua</i> bulaşık tarla, b: tohumların toplanması, c: tohumların kurutulması, d-e: tohumların temizlenmesi, f: <i>Avena fatua</i> tohumları, g: tohumların dormansileri kırılması)	46
Şekil 3.9. <i>Avena fatua</i> tohumlarının toplanılması ve kurutulmasına ait görseller.....	47
Şekil 3.10. <i>Avena fatua</i> tohumlarının temizlenme ve dormansi kırma aşamalarına ait görseller.....	48

Şekil 3.11. Morfolojik çalışmaya ait iş akış şeması (a: saksıların toprak harcı ile doldurulması, b: <i>Avena fatua</i> tohumları, c: tohumların ekimi, d: ilk sulama, e: bitkilerin büyümesi, f: morfolojik ölçümlerin alınması, g: hasat işlemi)	49
Şekil 3.12. Morfolojik özellikler belirlemek için yapılan çalışma ile ilgili görseller (a: saksıların toprak harcı ile doldurulması, b-c <i>Avena fatua</i> tohumların ekimi, d: ilk sulama, e: bitkilerin büyümesi, f: hasat işlemi	50
Şekil 3.13. Morfolojik özellikleri belirlemek için yapılan aşamalar ve ölçümler (a: bitki boyu ölçümü, b-c: gövde çapı ölçümü, d: yaprak uzunluğu ölçümü, e: başak uzunluğu ölçümü, f-g: başakçık uzunluğu ölçümü).....	52
Şekil 3.14. Hasat işlemi ve yaş/kuru ağırlıkların ölçülmesine ait görseller.....	53
Şekil 3.15. Tohumların ön çimlenme işlemi ve şaşırtılmasına ait görseller	55
Şekil 3.16. Ön dayanıklılık testi için herbisit uygulamasına ait görseller	56
Şekil 3.17. Yabancı otların üst aksamının kesilip kese kağıtlarına konulması ve kuru ağırlıkların tartılmasına ait görseller	56
Şekil 3.18. Dayanıklılık taramasında kullanılan şema (S: Hassas, R?: Şüpheli, RR: Orta derecede dayanıklı, RRR: Yüksek oranda dayanıklı)	57
Şekil 3.19. Doz etki çalışmasında yapılan işlemler ve aşamalara ait görseller.....	58
Şekil 3.20. Doz etki çalışmasında herbisit uygulamasına ait görseller.....	59
Şekil 3.21. Çalışmada deneme alanında yabancı otun toplanması kurutulması ve tartılmasına ait görseller	60
Şekil 3.22. Moleküler çalışma için tohum ekimi ve <i>Avena fatua</i> gelişimine ait görseller	62
Şekil 3.23. <i>Avena fatua</i> örneklerinin alınmasına ait görseller	63
Şekil 3.24. DNA izolasyonuna ait görseller.....	65
Şekil 3.25. Spektrofotometrik yöntemi ile DNA'nın kalite analizi	66
Şekil 3.26. Agaroz jel elektroforez yöntemi ile DNA'nın kalite analizi	66
Şekil 3.27. Termal döngü cihazı (Thermal Cycler)	69
Şekil 4.1. Sankey diyagramı analizi (a; bitki boyu, b;gövde çapı)	80
Şekil 4.2. Sankey diyagramı analizi (c; yaprak uzunluğu, d; başak uzunluğu)	81
Şekil 4.3. Sankey diyagramı analizi (e; başakçık sayısı, f; başakçık uzunluğu).....	82
Şekil 4.4. Sankey diyagramı analizi (g; çiçek sayısı)	83
Şekil 4.5. Sankey diyagramı analizi (h; yaş ağırlık, i; kuru ağırlık)	84

Şekil 4.6. <i>Avena fatua</i> morfolojik özelliklerinin korelasyon analizi	86
Şekil 4.7. <i>Avena fatua</i> morfolojik özelliklerinin birbirleri ile korelasyonları.....	86
Şekil 4.8. <i>Avena fatua</i> morfolojik özelliklerin ısı haritası kümelemesi (BB: Bitki boyu, GÇ: Gövde çapı, YU: Yaprak uzunluğu, BU: Başak uzunluğu, BS: Başak sayısı, BCIKU: Başakçık uzunluğu, ÇS: Çiçek sayısı, YA: Yaş ağırlık, KA: Kuru ağırlık).....	91
Şekil 4.9. <i>Avena fatua</i> morfolojik özelliklerin hiyerarşik kümeleme analizine ait dendrogram	93
Şekil 4.10. <i>Avena fatua</i> morfolojik özelliklerin ağ grafiği analizi.....	94
Şekil 4.11. <i>Avena fatua</i> morfolojik özelliklerin temel bileşen analizi.....	95
Şekil 4.12. Ön dayanıklılık çalışması radar analiz sonucu	99
Şekil 4.13. Ön dayanıklılık çalışması hiyerarşi kümeleme analizi (a; ALS, b; ACCase)	100
Şekil 4.14. ALS inhibitörü herbisiti uygulama öncesi ve sonrası <i>Avena fatua</i> görseli.	103
Şekil 4.15. <i>Avena fatua</i> 'nın farklı popülasyonlarına uygulanan ALS inhibitörü herbisit dozlarının oluşturduğu doz-etki eğrileri.....	104
Şekil 4.16. ALS inhibitörü herbisitin <i>Avena fatua</i> üzerinde etki oranının dozlara göre değişimi	109
Şekil 4.17. ALS inhibitörü herbisitin <i>Avena fatua</i> popülasyonu üzerindeki etki oranları radar analizi.....	110
Şekil 4.18. ALS inhibitörü herbisitin <i>Avena fatua</i> popülasyonu üzerine etkisine ait ısı haritası kümelemesi.....	111
Şekil 4.19. ALS inhibitörü herbisitin <i>Avena fatua</i> popülasyonu üzerine etkisine ait hiyerarşik kümeleme analizi	112
Şekil 4.20. ALS inhibitörü herbisitin <i>Avena fatua</i> popülasyonu üzerine etkisinin ağ grafiği analizi	113
Şekil 4.21. ALS inhibitörü herbisitin <i>Avena fatua</i> popülasyonu üzerine etkisinin dozlar ve popülasyonların temel bileşen analizi	114
Şekil 4.22. ACCase inhibitörü herbisiti uygulama öncesi ve sonrası <i>Avena fatua</i> görseli	115
Şekil 4.23. <i>Avena fatua</i> 'nın farklı popülasyonlarına uygulanan ACCase inhibitörü herbisit dozlarının oluşturduğu doz-etki eğrileri.....	116

Şekil 4.24. ACCase inhibitörü herbisitinin <i>Avena fatua</i> üzerinde etki oranının dozlara göre değişimi.....	121
Şekil 4.25. ACCase inhibitörü herbisitinin <i>Avena fatua</i> popülasyonu üzerindeki etki oranları	122
Şekil 4.26. ACCase inhibitörü herbisitinin <i>Avena fatua</i> popülasyonu üzerine etkisinin ısı haritası kümelemesi.....	123
Şekil 4.27. ACCase inhibitörü herbisitinin <i>Avena fatua</i> popülasyonu üzerine etkisinin hiyerarşik kümeleme analizi	124
Şekil 4.28. ACCase inhibitörü herbisitinin <i>Avena fatua</i> popülasyonu üzerine etkisinin ağ grafiği analizi	125
Şekil 4.29. ACCase inhibitörü herbisitinin <i>Avena fatua</i> popülasyonu üzerine etkisinin dozlar ve popülasyonların temel bileşen analizi	126
Şekil 4.30. <i>Avena fatua</i> morfolojik özellikleri ile ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranlarının korelasyon analizi	127
Şekil 4.31. ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile bitki boyu arasındaki korelasyon	128
Şekil 4.32. ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile gövde çapı arasındaki korelasyon	128
Şekil 4.33. ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile yaprak uzunluğu arasındaki korelasyon	129
Şekil 4.34. ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile başak uzunluğu arasındaki korelasyon	129
Şekil 4.35. ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile başak sayısı arasındaki korelasyon	130
Şekil 4.36. ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile başakçık uzunluğu arasındaki korelasyon	130
Şekil 4.37. ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile çiçek sayısı arasındaki korelasyon	131
Şekil 4.38. ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile yaş ağırlık arasındaki korelasyon	131
Şekil 4.39. ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile kuru ağırlık arasındaki korelasyon	132

Şekil 4.40. <i>Avena fatua</i> morfolojik özellikleri ile ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranlarının korelasyon analizi	133
Şekil 4.41. ACCase inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile bitki boyu arasındaki korelasyon	134
Şekil 4.42. ACCase inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile gövde çapı arasındaki korelasyon	134
Şekil 4.43. ACCase inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile yaprak uzunluğu arasındaki korelasyon	135
Şekil 4.44. ACCase inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile başak uzunluğu arasındaki korelasyon	135
Şekil 4.45. ACCase inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile başak sayısı arasındaki korelasyon	136
Şekil 4.46. ACCase inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile başakcık uzunluğu arasındaki korelasyon	136
Şekil 4.47. ACCase inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile çiçek sayısı arasındaki korelasyon	137
Şekil 4.48. ACCase inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile yaş ağırlığı arasındaki korelasyon	137
Şekil 4.49. ACCase inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile kuru ağırlık arasındaki korelasyon	138
Şekil 4.50. İzolasyonu tamamlanmış genomik DNA'nın agaroz jel elektroforez yöntemiyle görüntülenmesi	140
Şekil 4.51. Çalışmada kullanılan IPBS primeri	141
Şekil 4.52. IPBS 2228 Primerine ait dördüncü saatteki jel görüntüsü	142
Şekil 4.53. IPBS 2225 primer jel görüntüsü	143
Şekil 4.54. IPBS 2231 primer jel görüntüsü	144
Şekil 4.55. IPBS 2376 primer jel görüntüsü	145
Şekil 4.56. IPBS 2255 primer jel görüntüsü	146
Şekil 4.57. IPBS 2272 primer jel görüntüsü	147
Şekil 4.58. IPBS 2224 primer jel görüntüsü	148
Şekil 4.59. IPBS 2083 primer jel görüntüsü	149
Şekil 4.60. IPBS 2239 primer jel görüntüsü	150

Şekil 4.61. IPBS 2402 primer jel görüntüsü	151
Şekil 4.62. IPBS 2218 primer jel görüntüsü	152
Şekil 4.63. IPBS 2378 primer jel görüntüsü	153



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Türkiye’de herbisit dayanıklılık vakaları.....	11
Çizelge 3.1. Iğdır ili buğday ekim alanları ve her ilçede alınan örnek sayıları	36
Çizelge 3.2. <i>Avena fatua</i> tohumlarının toplanıldığı buğday tarlalarının GPS cihazıyla kaydedilen konumları.....	36
Çizelge 3.3. Herbisitler aktif maddeleri, formülasyonları, etki mekanizmaları, tavsiye dozları ve etki ettikleri yabancı otlar.....	40
Çizelge 3.4. Çalışmada kullanılan pülverizatörün teknik özellikleri.....	41
Çizelge 3.5. Çalışmada gDNA ekstraksiyonu için toplanılan bitki materyaline ait bilgiler	43
Çizelge 3.6. Analiz için kullanılan iPBS primer bilgileri.....	44
Çizelge 3.7. Polimeraz zincir reaksiyon (PZR) çalışmalarında kullanılan kimyasallar ve miktarları.....	67
Çizelge 3.8. Çalışmada kullanılan Polimeraz Zincir Reaksiyon (PZR) profili.....	68
Çizelge 3.9. MspI ve HpaII RE enzimlerinin metilasyon duyarlılığı (Xiong <i>et al.</i> , 1999)	70
Çizelge 4.1. <i>Avena fatua</i> ’nın morfolojik özelliklerine ait varyans analiz sonuçları.....	72
Çizelge 4.2. <i>Avena fatua</i> morfolojik özellikleri ve popülasyonlar arasındaki farklar (bitki boyu, gövde çapı, yaprak uzunluğu, başak uzunluğu, başakçık sayısı)	74
Çizelge 4.3. <i>Avena fatua</i> morfolojik özellikleri ve popülasyonlar arasındaki farklar (başakçık uzunluğu, çiçek sayısı, yaş ağırlık, kuru ağırlık)	77
Çizelge 4.4. Ön dayanıklılık çalışması sonuçları.....	96
Çizelge 4.5. ALS inhibitör herbisitinin doz etki çalışması sonuçları.....	102
Çizelge 4.6. <i>Avena fatua</i> ’nın ALS inhibitörü herbisite duyarlı ve dayanıklı popülasyonlarının doz-etki analiz sonrası elde edilen parametreleri ve dayanıklılık indeksi katsayıları.....	107
Çizelge 4.7. ACCase inhibitör herbisitinin doz etki çalışması sonuçları.....	115
Çizelge 4.8. <i>Avena fatua</i> ’nın ACCase inhibitörü herbisite duyarlı ve dayanıklı popülasyonlarının doz-etki analiz sonrası elde edilen parametreleri ve dayanıklılık indeksi katsayıları.....	119

Çizelge 4.9. Örneklere ait konsantrasyon spektrofotometre okumaları.....	139
Çizelge 4.10. Herbisit dozlarının uygulandığı IPBS primerlerine ait bant sayıları	155



1. GİRİŞ

Genellikle “mucize ürün” olarak adlandırılan buğday (*Triticum aestivum* L.), Poaceae familyasında yer alan tek yıllık bir bitkidir (Shiferaw *et al.*, 2013; Levy and Feldman, 2022). Buğdayın, yaklaşık 10.000 yıl önce, günümüz İsrail, Ürdün, Lübnan ve Batı Suriye'den Türkiye'nin güneydoğusuna ve Dicle ile Fırat nehirleri boyunca uzanan Mezopotamya bölgesinde ortaya çıktığı düşünülmektedir (Feldman, 2001; Gopher *et al.*, 2001).

Dünyanın en önemli temel tahıllarından biri olan buğday, hem insan hem de hayvan beslemesinde kullanılan, yetiştiriciliği yapılan tahıllar arasında en ön sıralardadır (Ramírez-González *et al.*, 2018; Zhao *et al.*, 2023). İnsanlık için hayati öneme sahip olan buğday, nişasta, bulgur, makarna ve un gibi ürünler sağlar; hayvan beslenmesinde ise bitki saplarından faydalanılır. Yüksek besin değeri sayesinde dünya genelinde yaklaşık %21 gıda enerjisi ve %20 protein sağlayarak, küresel gıda güvenliği açısından kritik bir rol üstlenir (Curtis *et al.*, 2002; Shewry ve Hey, 2015; Asseng *et al.*, 2020; Chaves *et al.*, 2013). Ayrıca, insan nüfusunun %35-40'ı için temel gıda maddesi niteliğindedir (Sun *et al.*, 2020). Buğday, genellikle bir enerji kaynağı (karbonhidrat) olarak kabul edilmesine karşın, önemli bir protein, diyet lifi, B vitaminleri, mineraller ve diğer fitokimyasalların kaynağıdır (Shewry, 2009; Shewry and Hey, 2015; Levy and Feldman, 2022). Tanesinin uygun beslenme değeri ve taşınma, depolama ile işlenmesindeki kolaylıkları sayesinde buğday, günümüzde 50'den fazla ülkenin temel besini konumundadır (Kün, 1996). Buğday, un ve yem üretiminde kullanıldığı gibi, kabuklu ve kabuksuz olarak da öğütülebilir. Hasat sonrası elde edilen atık ürünler, saman balyası olarak hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir (Özkan, 2020).

Mekanik biçerdöverler veya geleneksel yöntemler kullanılarak kolayca hasat edilebilen buğday, su içeriğinin kuru ağırlığın yaklaşık %15'inin altında olması ve haşerelerin kontrol altına alınması şartıyla uzun süre depolanabilir (Shewry, 2009). Bu nedenlerle, buğdayın dünyanın birçok ülkesinde yetiştiriciliği yapılmaktadır. Buğdayın evcilleştirilmesi Mezopotamya'da yaklaşık 10.000 yıl önce başlamıştır (Feldman, 2001; Gopher *et al.*, 2001; Dubcovsky ve Dvorak, 2007). Bu tarihten itibaren, buğdayın ekimi dünya genelinde kuzeyde Norveç, Finlandiya ve Rusya'da 67° Kuzey'e, güneyde ise

Arjantin'de 45° G'ye kadar yayılmıştır. Bu bitki, çoğunlukla ılıman bölgelerde, alt tropikal ve tropikal habitatlarda da başarılı bir şekilde yetiştirilmektedir (Feldman, 2001; FAO, 2024).

Dünya genelinde 2022 yılında toplam 219.153.830 hektar buğday ekim alanı bulunmakta olup, bu alanlardan 808.441.568 ton buğday üretilmiştir. Buğday üretiminin %42'si Asya kıtasında gerçekleşmiş, kıtalar sıralamasında Asya'yı %35 ile Avrupa, %15 ile Amerika, %5 ile Okyanusya ve %3 ile Afrika takip etmiştir. En fazla buğday üretimi yapan ülkeler arasında Çin, 136.946.000 ton ile ilk sırada yer alırken, Çin'i Hindistan (107.742.070 ton), Rusya (104.233.944 ton) ve ABD (44.902.320 ton) izlemiştir (FAO, 2024). Türkiye'de ise 2023 yılı itibarıyla yaklaşık 66 milyon dekar buğday ekim alanı bulunmakta ve bu alanlardan 22 milyon ton buğday üretilmektedir. Türkiye'deki en geniş buğday ekim alanı Orta Anadolu Bölgesi'nde olup, burada 11.510.553 dekar alanda buğday ekimi yapılmaktadır. En yüksek üretim miktarı ise Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşmiş ve 4.411.645 ton olarak kaydedilmiştir. Iğdır ilinde, 2023 yılında toplam buğday ekim alanı 163.200 dekar olarak belirlenmiş olup, bu alanda 51.798 ton buğday üretilmiştir (TÜİK, 2024).

Buğday, insan uygarlığının temelini oluşturan ve küresel gıda güvenliğini iyileştirmede olağanüstü rol oynayan bir üründür. Hızla artan dünya nüfusu, tarımsal ürünlere olan talebi artırmaktadır. Bu artışı karşılamak amacıyla küresel ürün üretiminin 2050 yılına kadar iki katına çıkması gerekmektedir (Ray *et al.*, 2013). Ayrıca, gıda güvenliğini sağlamak için küresel tarımsal üretimin %60 ile %110 oranında artırılması da gerekli olabilir (Ray *et al.*, 2012). Bitkisel üretimin artırılması, beslenme ihtiyacını karşılamak adına kritik bir gerekliliktir (Foley *et al.*, 2011). Gıda üretimi için yeni tarım arazileri açmak yerine, sürdürülebilir yöntemlerle ürün verimini artırmak öncelikli hedef olmalıdır (Demirbaş ve Atış, 2005; Godfray *et al.*, 2010; Hulme *et al.*, 2013; Ray *et al.*, 2013; Gerten *et al.*, 2020). 2050 yılına kadar (2010 gıda talebine göre) öngörülen küresel gıda talebini karşılamak için tahıl üretiminde %35 ile %56 arasında bir artış gerekmektedir (Van Dijk *et al.*, 2021).

Buğday, insan beslenmesinde kalori ve proteinin yaklaşık beşte birini sağlamaktadır (Curtis *et al.*, 2002; Chaves *et al.*, 2013; Shewry ve Hey, 2015; Asseng *et al.*, 2020) ve bu nedenle tahıllar arasında en önemli ürünlerden biridir. Özellikle 2019

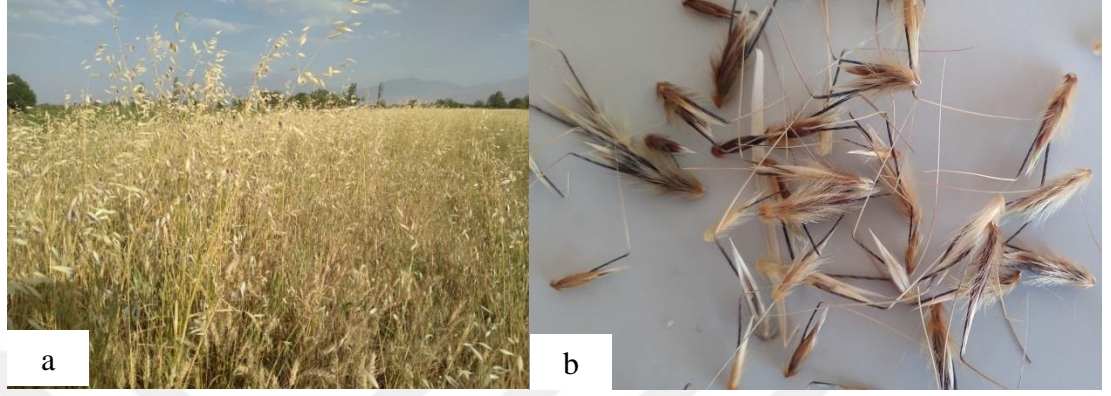
yılında Çin'in Hubei bölgesinin başkenti olan Wuhan'da ortaya çıkan COVID-19 virüsü (WHO, 2023), 2020 yılında tüm dünyayı etkisi altına alarak gıda ihtiyacının önemini artırmıştır. Ayrıca, 2022 yılında başlayan ve devam eden Rusya-Ukrayna savaşı, dünya genelinde büyük bir tahıl sorununa yol açmıştır. Bu iki ülke, dünya çapında en fazla tahıl ve özellikle buğday üreten ülkelerin başında gelmektedir (FAO, 2024). Küresel gıda bunalımının önlenmesi için başta tahıl olmak üzere gübre ve diğer gıda ürünlerinin dünya pazarlarına yeniden ulaştırılması amacıyla Türkiye ve BM'nin girişimiyle 22 Temmuz 2022'de Rusya ve Ukrayna ile Tahıl Koridoru Anlaşması imzalanmıştır. Bu anlaşma sayesinde, Rusya ve Ukrayna'da üretilen milyonlarca ton tahıl dünya pazarlarına ulaştırılmıştır. Savaşla birlikte tahıl ve özellikle buğdayın önemi daha da belirginleşmiştir. Buğday, küresel gıda güvenliğine katkıda bulunan en önemli ürünlerden biri olarak ön plana çıkmaktadır (Reynolds *et al.*, 2012).

Küresel buğday üretimi son yıllarda artmaya devam etmesine rağmen (FAO, 2024), buğday verim ve kalitesini olumsuz etkileyen çeşitli faktörler bulunmaktadır. Bu faktörlerin başında yabancı otlar gelmektedir (Chhokar *et al.*, 2012). Yabancı otlar, buğdayın gelişim aşamalarında büyük bir tehdit oluşturarak dünya genelinde buğday üretimine ciddi engeller yaratmaktadır (Shahzad *et al.*, 2016; Pala ve Mennan, 2017; Nakka *et al.*, 2019; Shahzad *et al.*, 2021). Kontrolsüz yabancı otlar, buğdayda verim kaybına neden olabilmekte ve bu kayıplar yabancı ot yoğunluğu ve müdahale süresine bağlı olarak %10 ile %50 arasında değişmektedir (Mennan, 1998; Oerke, 2006; Pala ve Mennan, 2017; Gharde *et al.*, 2018; Köktaş ve Yavuz, 2020). Yabancı otlar, su, besin maddeleri ve ışık gibi kaynaklar için rekabet ederek verimi doğrudan etkiler (Tepe, 1998; Oerke, 2006; Gharde *et al.*, 2018; Merino *et al.*, 2019; Ateş ve Üremiş, 2022). Yabancı ot mücadelesinin yoğunluğu ve süresi, verim kayıplarının boyutunu belirleyen kritik faktörlerdir (Swanton *et al.*, 2015). Bu nedenle, yabancı ot rekabeti bitkisel üretimde önemli bir engel teşkil etmektedir (Chhokar *et al.*, 2012). Rekabet, ürün ve yabancı otlar birbirine yakın büyüdüğünde ve kök veya sürgün sistemleri örtüştüğünde başlar. Yabancı otların üründen önce çıkması, boğucu etkinin artmasına neden olarak rekabetin daha da ağırlaşmasına yol açar. Yabancı otlar, buğdaydan daha erken veya buğdayla birlikte çıkarak verim kayıplarına sebep olur. Buğday verimindeki kayıplar, genellikle kardeşlenmedeki azalmadan kaynaklanmaktadır (Chhokar *et al.*, 2012).

Buğday veriminde biyotik veya abiyotik faktörlerden kaynaklanan her türlü düşüş, küresel gıda güvenliğini olumsuz yönde etkileyebilir (Jabran *et al.*, 2017). Yabancı otlar, sadece verimi düşürmekle kalmayıp, aynı zamanda ürün kalitesini de ciddi şekilde etkilemektedir (Jabran ve Chauhan, 2018). Farklı tarımsal iklim koşullarında, ekim sıralarına, toprak işleme yöntemlerine ve sulama rejimlerine bağlı olarak buğday, çeşitli yabancı ot türlerinin istilasına uğramaktadır. Yabancı otlardan kaynaklanan verim kayıpları, yabancı ot türlerine, yoğunluklarına ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Chhokar *et al.*, 2012). Yabancı otlarla mücadele etmek için öncelikle bu otları tanımak gereklidir. Teşhis çalışmaları, belirli bir alanda uygun yabancı ot yönetimi stratejisi belirlemek için önemli bir adımdır. En etkili yabancı ot yönetim stratejilerinin seçimi, ekim alanlarındaki mevcut yabancı ot florası hakkında bilgiye dayanır ve böylece doğru zamanda doğru kararların alınmasına yardımcı olur (Hussain *et al.*, 2012). Ayrıca, yabancı otlardan kaynaklanan verim kayıplarını belirlemek ve kontrol stratejileri oluşturmak için buğday alanlarında yabancı ot türlerinin yaygınlık ve yoğunluklarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır (Ateş ve Üremiş, 2022).

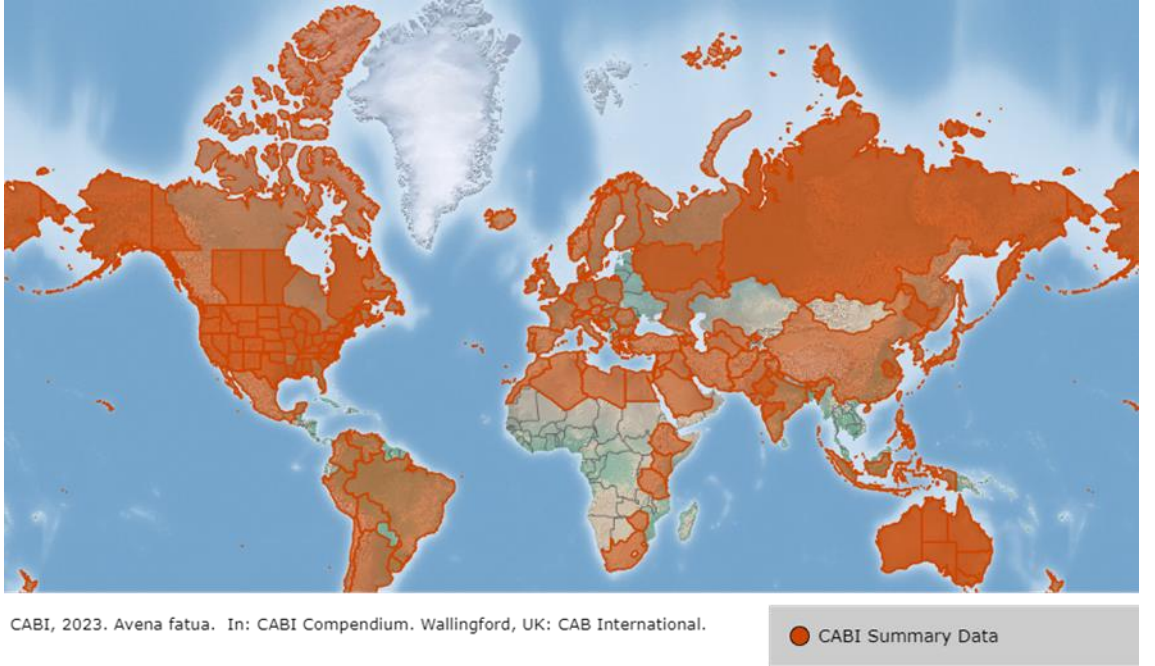
Buğday ekim alanlarında yabancı otların yaygınlık ve yoğunluklarıyla ilgili yapılan çalışmalarda, genellikle yabancı yulaf türleri (*Avena* spp.) ve yabancı hardal (*Sinapis arvensis* L.) gibi türler öne çıkmaktadır (Sönmez, 1973; Karasu ve Sönmez, 1978; Kadioğlu, 1989; Taştan ve Erciş, 1991; Boz, 1992; Uludağ, 1993; Orel, 1996; Uygur, 1997; Boz ve ark., 2000; Kaya ve Zengin, 2000; Tursun, 2002; Kitiş ve Boz, 2003; Sırma ve Kadioğlu, 2010; Kordali ve Zengin, 2011; Özaslan, 2011; Gökcalp ve Üremiş, 2015; Keshavarzi, 2015; Kraehmer, 2016; Sizer ve Tepe, 2016; Pala ve Mennan, 2017; Güncan, 2019; Ücrak ve ark., 2019). Birkaç *Avena* türü, günümüzde tarımda en yaygın ve zararlı yabancı otlar arasında yer almaktadır (Holm *et al.*, 1977). *A. fatua* (yabancı yulaf), bu cinsin en önemli yabancı ot türlerinden biridir (Aibar *et al.*, 1991; Barroso *et al.*, 2004; Qasem, 2007; Harker *et al.*, 2016; Bajwa *et al.*, 2017; Martín ve Scursioni, 2018). *A. fatua*, Poaceae (Gramineae) familyasına ait, kendi kendine tozlaşan bir yabancı ot türüdür (Yu *et al.*, 2013; Holm *et al.*, 1977). Dünya genelinde tahıl verim ve kalitesini ciddi şekilde etkileyen uzun boylu, tek yıllık yabancı ot

türlerinden biridir (Holm *et al.*, 1977; Fernandez-Quintanilla *et al.*, 1990; Bajwa *et al.*, 2017) (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. *Avena fatua*'ya ait görsel (a: *Avena fatua* bulaşık tarla, b: *Avena fatua* tohumları)

A. fatua türü özellikle Asya, Avustralya, Avrupa, ABD ve Kanada'da subtropikal ve ılıman bölgelerde yaygın olarak bulunmaktadır (Holm *et al.*, 1977; Balyan *et al.*, 1991; Fernandez-Quintanilla *et al.*, 1990; Beckie *et al.*, 2012a; Ahmad-Hamdani *et al.*, 2013; Harker *et al.*, 2016) (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Dünya'da *Avena fatua*'nın dağılım alanları (CABI, 2024)

A. fatua'nın tohumları genellikle ürün hasat edilmeden önce olgunlaşarak dökülmekte ve bu tohumlar toprağa karışmaktadır (Almaghrabi, 2012). Bu tohumlar, tohum bankasında birkaç yıl boyunca çimlenme özelliklerini kaybetmeden kalabilmekte ve uygun koşullar altında çimlenerek çıkış yapabilmektedir (Khan *et al.*, 2008). Yabani yulaf, buğdayla benzer bir büyüme ve gelişme alışkanlığına sahip olduğundan, özellikle vejetatif dönemde buğday bitkilerinden ayırmak oldukça zordur. Bunun yanı sıra, *A. fatua*, buğdaydan daha fazla büyüyerek bu bitkilerin kısmi gölgelenmesine yol açmakta; zayıf gövde yapısı nedeniyle hızla yerleşerek buğday bitkisini boğmakta ve tane veriminde ciddi düşüslere neden olmaktadır. Yabancı ot yoğunluğuna bağlı olarak, verim kayıpları %10 ila %80 arasında değişebilmektedir (Cudney *et al.*, 1991). Tüm bu nedenlerden dolayı, bu yabancı ot türlerini kontrol altında tutmak ve kabul edilebilir ekonomik eşiklerin altında tutmak oldukça zordur (Bajwa *et al.*, 2017).

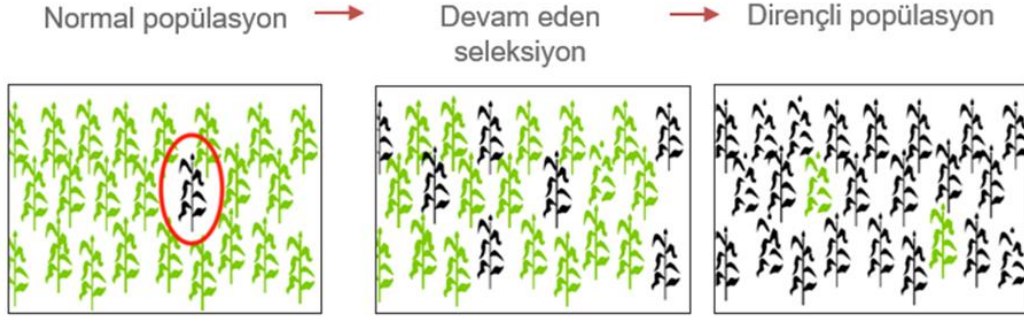
Diğer kültür bitkilerinde olduğu gibi, buğdayda da kalite ve verimin sürekliliği için yabancı ot mücadelesi gereklidir. Ancak bu şartlar altında verimin beklenen düzeye ulaşması beklenmektedir (Kazankıran, 2019). Van Der Meulen ve Chauhan (2017), buğdayda yabancı ot kaynaklı verim kayıplarının önlenmesinin dünya gıda sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşıdığını bildirmiştir. Bu durum, yabancı ot mücadelesinde zorunlu hale getirmektedir. Buğday, çapa bitkisi olmadığından, yabancı otlarla mücadelede herbisitler dışında çok fazla seçenek bulunmamaktadır (Pala ve Mennan, 2017). Günümüzde, yabancı otları kontrol etmek amacıyla iş gücü ve maliyetlerin artmasıyla birlikte, kimyasal mücadele yöntemi tercih edilmektedir; bu yöntem düşük maliyetli, kolay kullanılabilir ve hızlı sonuçlar vermektedir (Kitiş, 2011). Yetiştiriciler, buğdaydaki yabancı otları kontrol etmek için genellikle maliyet ve zaman etkinliği nedeniyle herbisitler kullanmaktadır (Chhokar *et al.*, 2012).

Yabancı otları kontrol etmek amacıyla herbisitler kullanılmakta ve bu uygulama, İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra yaygın olarak benimsenmiştir (Vats, 2015). Günümüzde neredeyse dünyanın her yerinde yabancı otlara karşı kimyasal mücadele yapılmaktadır (FAO, 2024). Herbisitler, genellikle yabancı otların büyümesini kontrol etmek veya yönetmek için kullanılan kimyasal maddelerdir. Bu maddeler, bitkilerdeki temel biyolojik süreçleri bozma, fotosentez yeteneklerini etkileme, büyüme hormonlarını engelleme veya besin alımına müdahale etme gibi çeşitli mekanizmalar aracılığıyla etki

gösterir (Singh *et al.*, 2020). Herbisitler, bitkilerde bulunan birkaç spesifik proteini veya biyokimyasal süreci hedef alarak etkilerini gösterir (Délye *et al.*, 2013). Bu kimyasallar, bitkilerdeki temel biyolojik süreçleri bozarak büyümelerini engeller veya ölümüne yol açar. Herbisitlerin bitkide oluşturduğu birincil biyokimyasal veya biyofiziksel olaylar, bu etki mekanizmalarının doğasına bağlı olarak değişir. Dünyada herbisitler, diğer pestisit gruplarına kıyasla daha fazla kullanılmaktadır. Kullanılan toplam pestisitlerin yaklaşık yarısını (%51,93) herbisitler oluşturmaktadır. Yabancı otlara karşı herbisit kullanımı, dünya genelinde yıllar geçtikçe sürekli bir artış göstermektedir. Dünyada 2022 yılında en fazla herbisit kullanımı, %68,99'luk oran ile Amerika kıtasında gerçekleşmiştir. Bu kıtada toplamda 1.340.110,70 ton herbisit kullanılmıştır. Amerika kıtasını takiben, herbisit kullanımı sırasıyla Asya (%15,47) ve Avrupa (%9,62) olarak belirlenmiştir. Dünyada 2022 yılında en fazla herbisit, 492.445 ton ile Brezilya tarafından kullanılmıştır. Brezilya'yı, 405.497 ton ile ABD, 249.796 ton ile Arjantin ve 93.244 ton ile Çin izlemektedir (FAO, 2024). Türkiye'de ise pestisit grupları arasında en fazla kullanılan tür fungusitlerdir. 2006 yılından 2017 yılına kadar insektisitler, fungusitlerden sonra en çok tercih edilen pestisit grubu olmuştur. Ancak 2018 yılından itibaren Türkiye'de en fazla kullanılan ikinci pestisit grubu herbisitler olmuştur (TÜİK, 2024). Herbisit kullanımında, dünyada olduğu gibi Türkiye'de de yıllar geçtikçe bir artış gözlemlenmiştir. 1947 yılında ilk seçici herbisit olan 2,4-D'nin piyasaya sürülmesiyle birlikte, herbisitler dünya genelinde yabancı ot yönetiminde önemli bir rol oynamaya başlamıştır. Ancak, herbisitlerin kullanılmasının ardından kısa bir süre içerisinde yabancı otlarda herbisit dayanıklılığı gelişmiştir (Vrbničanin *et al.*, 2017).

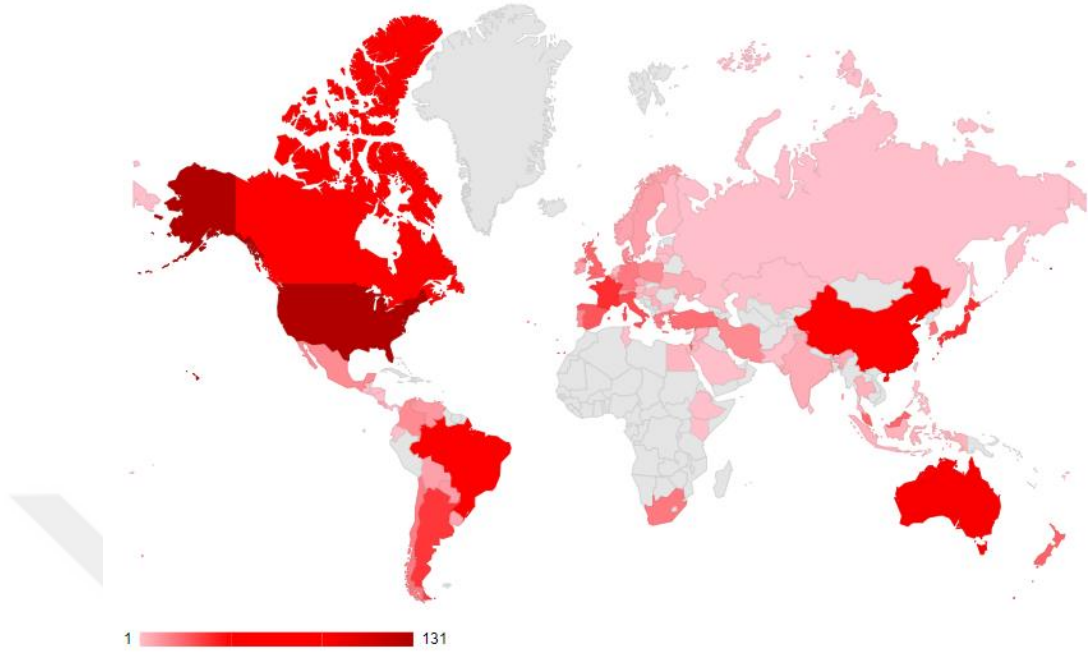
Herbisit dayanıklılığı, yabancı otların, genellikle öldürücü dozlarda herbisitlere maruz kaldıklarında bile hayatta kalma ve büyüme yeteneklerini ifade eder (Günçan, 2019). Bu durum, hedef yabancı otlara karşı aynı etki mekanizmasına sahip herbisitlerin uzun yıllar boyunca, sıkça ve tekrarlı olarak kullanılması sonucunda ortaya çıkmaktadır (Moss and Naylor, 2002; Mengüç ve Elibüyük, 2014; Neve, 2007). Üst üste herbisit kullanımı, hassas yabancı ot türlerinin popülasyonunu azaltırken, zaten doğada var olan dayanıklı biyotiplerin, rekabet koşullarının azalması sayesinde zamanla ekim alanlarına hâkim olmasına neden olur. Herbisit uygulamasından sonra hayatta kalan bu dayanıklı yabancı otlar, dayanıklılık özelliklerini yavrularına aktararak çoğalabilir. Sonuç olarak,

popülasyonda dayanıklı bireylerin oranı zamanla artar (Şekil 1.3). Bu durum, tarımda herbisit kullanımını ve yabancı ot yönetimini zorlaştırarak, daha sürdürülebilir ve etkili yöntemlerin geliştirilmesini gerektirmektedir.



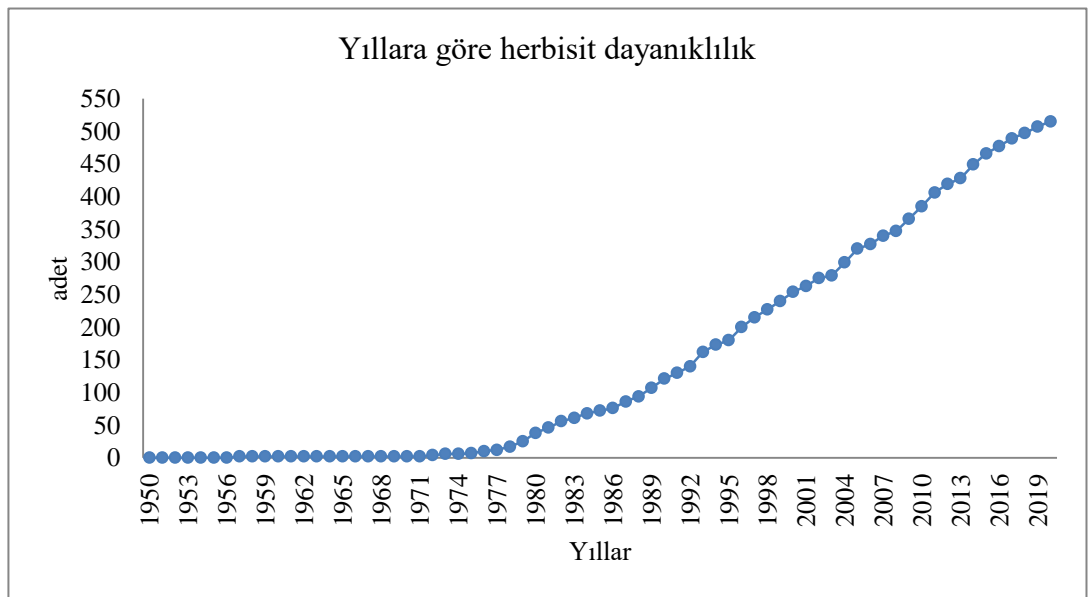
Şekil 1.3. Dayanıklı türlerin popülasyonundaki artış

Bir tarlada veya bahçede yabancı otlara karşı herbisit dayanıklılığı geliştiginde, o alanda daha önce kullanılan herbisitlerin etkinliği azalır ve bu maddeler yabancı otları öldürmede yetersiz kalır. Bu durum, kontrol edilemez bir yabancı ot sorununu beraberinde getirir (Mengüç ve Elibüyük, 2014; Tafuya-Razo *et al.*, 2022). Modern tarımda karşılaşılan en büyük sorunlardan biri, yabancı otlarda herbisit dayanıklılığının giderek artmasıdır (Perotti *et al.*, 2020). Herbisite dayanıklı ilk yabancı ot türü, 1957 yılında PS II inhibitörlerine (atrazin ve simazin) dayanıklılık geliştiren *Senecio vulgaris* L. olmuştur (Ryan, 1970). 1950’li yıllarda başlayan herbisit dayanıklılığı, 1980’lerde hızla ivme kazanmıştır. Günümüzde dünya genelinde 269 yabancı ot türü ile toplam 532 benzersiz herbisit dayanıklı yabancı ot vakası (tür x etki alanı) kaydedilmiştir (Şekil 1.4). Yabancı otlar, bilinen 31 farklı herbisit etki mekanizmasından 21’ine ve 168 değişik aktif maddeli herbisite karşı dayanıklılık geliştirmiştir (Heap, 2024). Bu durum, tarım uygulamalarının etkinliğini büyük ölçüde etkileyerek, üreticilerin daha fazla maliyetle karşı karşıya kalmasına ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını zorlaştırmasına yol açmaktadır. Dünyada ülkelere göre herbisite dayanıklı yabancı ot tür sayılarına ait harita Şekil 1.4’te verilmiştir.



Şekil 1.4. Dünyada ülkelere göre herbisite dayanıklı yabancı ot tür sayıları (Heap, 2024)

Dünyada 72 ülkede 101 üründe herbisitlere dayanıklı yabancı ot türleri rapor edilmiştir. Bu türler arasında en fazla dayanıklılığın gözlemlendiği ülke ABD'dir. Türkiye'de ise 13 yabancı ot türü, herbisitlere karşı dayanıklılık kazanmıştır (Şekil 1.4). Dünya genelinde yıllara göre herbisitlere karşı dayanıklılık vakaları Şekil 1.5'te sunulmuştur.



Şekil 1.5. Dünya'da yıllara göre herbisit dayanıklılık vakalar (Heap, 2024)

Herbisit dayanıklılığı dünya genelinde ilk kez 1957 yılında ortaya çıkmış, 1980'li yıllarda hız kazanarak günümüzde 532 vaka ile sonuçlanmıştır. Yıllar içinde rapor edilen vaka sayıları değişiklik gösterse de her yıl yeni dayanıklılık vakaları kaydedilmektedir (Heap, 2024). Bu vakaların en yüksek olduğu alanlardan biri buğday tarımı olup, buğday ekim alanlarında 84 tür dayanıklı yabancı ot rapor edilmiştir. Buğday ekim alanlarında kaydedilen ilk herbisit dayanıklılığı, 1982 yılında İngiltere'de tilki kuyruğu (*Alopecurus myosuroides* L.)'nin ACCase inhibitörü herbisite karşı geliştirdiği dayanıklılıkla başlamıştır (Heap, 2024). Buğday ekim alanlarında 37 ülkede toplam 358 dayanıklılık vakası kaydedilmiş olup, bu vakalar 14 farklı etki mekanizmasına karşı dayanıklılık gösteren yabancı ot türlerinden oluşmaktadır. En fazla dayanıklılık kazandığı bildirilen yabancı ot türleri arasında *Lolium perenne* ssp. (41 vaka) ve *A. fatua* (36 vaka) öne çıkmaktadır (Heap, 2024). *A. fatua* buğday ekim alanlarında toplam 36 vaka rapor edilmiştir. İlk *A. fatua* dayanıklılığı 1985 yılında Avustralya'da, ACCase inhibitörü diclofop-methyl aktif maddesine karşı kaydedilmiştir. Bugün itibarıyla 18 ülkede toplam 55 *A. fatua* dayanıklılık vakası kayıtlara geçmiş olup, bunların 36'sı buğday ekim alanlarında görülmüştür. *A. fatua*, dünya genelinde toplam 30 aktif maddeye karşı dayanıklılık kazanmıştır (Heap, 2024). Türkiye'de ise toplam 14 herbisit dayanıklılık vakası rapor edilmiş ve 13 yabancı ot türü herbisitlere karşı dayanıklılık kazanmıştır. İlk herbisit dayanıklılığı, 1997 yılında buğday ekim alanlarında *Avena sterilis* L.'in ACCase inhibitörü (A1) herbisitler olan clodinafop-propargyl, diclofop-methyl, fenoxaprop-ethyl ve tralkoxydim aktif maddelerine karşı olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'de 4 yabancı ot türü, herbisitlere karşı çoklu dayanıklılık kazanmıştır. Dayanıklılık vakaları, 4 farklı üründe rapor edilmiştir. Türkiye'de *A. fatua* dayanıklılığı ise 2011 yılında buğday ekim alanlarında, ACCase inhibitörleri olan diclofop-methyl, fenoxaprop-P-ethyl ve tralkoxydim aktif maddelerine karşı ortaya çıkmıştır (Türkseven ve Nemli, 2015). Türkiye'deki herbisit dayanıklılık vakaları Çizelge 1.1'de sunulmuştur.

Çizelge 1.1. Türkiye’de herbisit dayanıklılık vakaları (Heap, 2024)

Yıllar	Yabancı ot türü	Etki mekanizması	Aktif madde	Ürün
1997	<i>Avena sterilis</i>	ACCCase inhibitörü (A/1)	clodinafop-propargyl, diclofop-methyl, fenoxaprop-ethyl, tralkoxydim	Buğday
2001	<i>Alopecurus myosuroides</i>	ACCCase inhibitörü (A/1)	clodinafop-propargyl	Buğday
2001	<i>Sinapis arvensis</i>	ALS inhibitörü (B/2)	chlorsulfuron	Buğday
2008	<i>Phalaris brachystachys</i>	ACCCase inhibitörü (A1), ALS inhibitörü (B2)	clodinafop-propargyl, pyroxsulam	Buğday
2008	<i>Sinapis arvensis</i>	Sentetik oksinler (O4), ALS inhibitörü (B2)	thifensulfuron-methyl, tribenuron-methyl, triasulfuron, dicamba, propoxycarbazone-Na	Buğday
2008	<i>Galium aparine</i>	ALS inhibitörü (B2)	thifensulfuron-methyl, chlorsulfuron, tribenuron-methyl, triasulfuron, iodosulfuron-methyl-Na, mesosulfuron-methyl	Buğday
2008	<i>Bifora radians</i>	ALS inhibitörü (B2)	thifensulfuron-methyl, chlorsulfuron, tribenuron-methyl, triasulfuron, iodosulfuron-methyl-Na, mesosulfuron-methyl	Kışlık buğday
2009	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	ALS inhibitörü (B2)	azimsulfuron, bensulfuron-methyl, penoxsulam	Çeltik
2009	<i>Echinochloa oryzoides</i>	ALS inhibitörü (B2), ACCCase inhibitörü (A1)	cyhalofop-butyl, bispyribac-sodium, penoxsulam	Çeltik
2009	<i>Echinochloa crus-galli var. crus-galli</i>	ACCCase inhibitörü (A1) ALS inhibitörü (B2)	cyhalofop-butyl, bispyribac-sodium, penoxsulam	Çeltik
2010	<i>Cyperus difformis</i>	ALS inhibitörü (B2)	bispyribac-sodium, azimsulfuron, bensulfuron-methyl, penoxsulam	Çeltik
2011	<i>Avena fatua</i>	ACCCase inhibitörü (A1)	diclofop-methyl, fenoxaprop-ethyl, tralkoxydim	Buğday
2019	<i>Conyza sumatrensis</i>	EPSP (5-enolpiruvil-shikimat-3-fosfat) inhibitörü G9)	glyphosate	Şeftali
2020	<i>Oryza sativa var. sylvatica</i>	ALS inhibitörü (B2)	imazamox	Çeltik

Yabani yulaf kontrolü için en sık kullanılan yöntem, ACCase ve ALS inhibitörleri olan herbisitlerin uygulanmasıdır. Bu nedenle yabani yulaf, bu etki mekanizmalarına karşı dayanıklılık geliştirmiştir (Martín and Scursioni, 2018).

ACCase inhibitörü herbisitler: Bu herbisitler, bitkilerde yağ asidi biyosentezinde görev alan asetil-CoA karboksilaz (ACCase) enzimini hedef alır. ACCase inhibitörü herbisitler, bu enzimi engelleyerek temel lipit ve yağ asitlerinin üretimini durdurur, böylece duyarlı bitkilerin ölümüne yol açar. Yağ asitleri, bitkilerde hücre zarlarının ve lipid bazlı yapıların oluşumu için gerekli bileşenlerdir (Kukorelli *et al.*, 2013; Takano *et al.*, 2020). ACCase inhibitörleri, dar yapraklı yabancı otlara karşı özellikle etkilidir. Bu herbisitler, dar yapraklı bitkileri hedef alırken geniş yapraklı bitkileri daha az etkiler. Bu seçici etki, dar yapraklı ve geniş yapraklı bitkiler arasındaki ACCase enziminin duyarlılığındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır (Kukorelli *et al.*, 2013). ACCase inhibitörü herbisitlere karşı ilk dayanıklılık vakası, 1982 yılında Avustralya'da buğday ve arpa ekim alanlarında *Lolium rigidum* türünün diclofop-methyl, fluazifop-butyl, quizalofop-ethyl, sethoxydim, tralkoxydim gibi aktif maddelere karşı dayanıklılık geliştirdiği tespit edilmiştir (Heap, 2024). Günümüzde ise ACCase inhibitörlerine karşı dünya genelinde 265 vaka rapor edilmiştir. Bu inhibitörlere en fazla dayanıklılık gösteren yabancı otlar, 19 tür ile buğday ekim alanlarında görülmektedir. *A. fatua*, şimdiye kadar 17 ülkede, 16 üründe ACCase inhibitörü herbisitlere karşı 39 vaka dayanıklılık göstermiştir. ACCase inhibitörüne karşı ilk dayanıklılık vakası 1985 yılında Avustralya'da buğday ekim alanlarında, diclofop-methyl aktif maddeli herbisite karşı rapor edilmiştir. *A. fatua*, ACCase inhibitörü herbisitlere karşı en fazla buğdayda (35 vaka) dayanıklılık kazanmıştır (Heap, 2024).

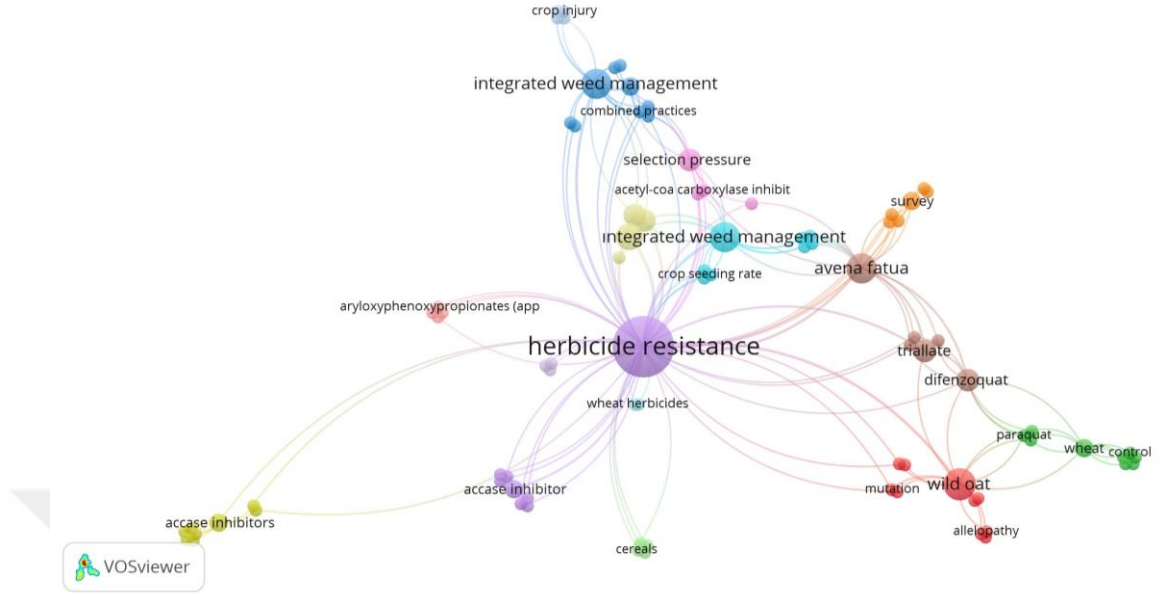
ALS (Asetolaktat Sentaz) inhibitörü herbisitler: ALS inhibitörü herbisitler, bitkilerde asetolaktat sentaz (ALS) enziminin aktivitesini hedefleyerek inhibe eden bir herbisit sınıfıdır. ALS enzimi, bitki büyümesi ve gelişmesi için gerekli olan dallı zincirli amino asitlerin (valin, lösin, izolösin) biyosentezinde görev alır. ALS inhibitörü herbisitler bu biyosentez yolunu bozarak, hassas bitkilerin büyümesini engeller ve nihayetinde ölümlerine yol açar (Zhou *et al.*, 2007; Saari *et al.*, 2018). ALS inhibitörleri, formülasyonlarına göre çok yıllık ve tek yıllık bitkilerin hem dar hem de geniş yapraklı türlerine karşı seçicilik göstererek yabancı ot kontrolü sağlar. HRAC

sınıflandırmasında B(2) grubunda yer alan bu herbisitler, geniş bir yabancı ot yelpazesine karşı etkili olabilir. ALS inhibitörü herbisitlere karşı ilk dayanıklılık vakası 1984 yılında İngiltere'de, buğday ekim alanlarında *Alopecurus myosuroides* Huds.'in imazamethabenz-methyl, chlorsulfuron, flupyr-sulfuron-methyl-Na, iodosulfuron-methyl-Na, mesosulfuron-methyl, pyroxsulam ve propoxycarbazone-Na aktif maddeli herbisitlere karşı dayanıklılık kazandığı rapor edilmiştir. Günümüzde ALS inhibitörü herbisitlere karşı dünya genelinde 657 vaka rapor edilmiştir. ALS inhibitörü herbisitlere karşı en fazla dayanıklılık gösteren yabancı otlar, buğday ekim alanlarında (75 tür) rapor edilmiştir. *A. fatua* da şimdiye kadar ALS inhibitörün herbisitlere karşı 8 ülkede, 9 üründe 19 vaka bildirilmiştir (Heap, 2024).

Herbisit dayanıklılığı, dünya genelinde artış göstermektedir. Düşük herbisit dozlarının tekrar uygulanması, yabancı otların yavaş yavaş herbisit dayanıklılığı geliştirmesine yol açabilir (Gressel, 2010; Busi *et al.*, 2013; Gaines *et al.*, 2014). Bazı araştırmacılar, düşük herbisit uygulama oranlarının yabancı otlarda stresle ilişkili yeni mutasyonlara ve epigenetik değişikliklere neden olabileceğini, dolayısıyla herbisit duyarlılığının azalmasına yol açabileceğini ileri sürmüşlerdir (Gressel, 2010; Dyer, 2018; Markus *et al.*, 2018). Araştırmalarda, birçok yabancı ot türünün düşük herbisit dozlarının tekrarlayan uygulamaları sonrasında herbisit dayanıklılık geliştirdiği bildirilmiştir (Vila-Aiub ve Ghersa, 2005; Neve ve Powles, 2005; Busi ve Powles, 2009; Manalil *et al.*, 2011; Busi *et al.*, 2012; Norsworthy *et al.*, 2012; Busi *et al.*, 2013; Ashworth *et al.*, 2016; Busi *et al.*, 2016; Tehranchian *et al.*, 2017; Vieira *et al.*, 2020). Son zamanlarda herbisit dayanıklılığının da epigenetik süreçlerden etkilenebileceği öne sürülmektedir (Gressel, 2009; Powles ve Yu, 2010; Délye ve ark., 2013). Birçok herbisit, bitkilerde abiyotik streslere benzer şekilde oksidatif strese neden olabilir (Radwan, 2012). Ancak, herbisitlerin neden olduğu stresin geçici veya kalıcı epigenetik değişiklikleri tetikleyip tetikleyemeyeceği henüz netlik kazanmış değildir. Örneğin, ACCase inhibitörü herbisitlerin düşük dozları, *Lolium rigidum* Gaudin türünün farklı nesillerinde ortalama popülasyon hayatta kalma oranını artırdığı gözlemlenmiştir (Owen ve Powles, 2009). Ayrıca, belirli bir ACCase inhibitörünün *L. multiflorum*'da dayanıklılığı artırdığı, ancak bu dayanıklılığın bir sonraki nesle aktarılamadığı bildirilmiştir (Délye *et al.*, 2004).

Epigenetik terimi, kökeni itibarıyla eski Yunanca'da "üstü" veya "ötesinde" anlamına gelen "epi" ön ekinden türetilmiştir. Bu bağlamda epigenetik, genetiğin üzerinde veya ötesinde bir kavramı ifade eder. İlk kez 1942 yılında Conrad Waddington tarafından tanımlanan epigenetik, embriyonun ilk aşamalarında farklılaşma süreçlerinin gerçekleştiğini ve bu değişikliklerin epigenetik mekanizmalar aracılığıyla meydana geleceğini öne sürmüştür (Bobadilla ve Berr, 2016; Şahin ve ark., 2018).

Epigenetik, DNA dizisinde meydana gelmeyen değişimleri kapsar. Genellikle çevresel faktörlerin etkisiyle bir genin ifadesinde farklılıklar ortaya çıkabilir, ancak bu değişiklikler DNA dizisinde herhangi bir değişimle ilgili değildir. Bu gen ifadesi değişimleri kalıtsal olup geri dönüşümlü bir özellik taşıyabilir (Şahin ve ark., 2018). Epigenetik etkiler, düzenleyici genlerde mutasyonlar meydana gelmeden ana bitkilerin maruz kaldığı stresleri sonraki nesillere aktarabilir (Sahu *et al.*, 2013; Bobadilla ve Berr, 2016). Epigenetik değişimler, canlıların genetik koduna bağlı kalmadan çevreleriyle etkileşimleri sonucunda meydana gelir ve yeni özellikler kazandırır (Şahin ve ark., 2018). Bu değişiklikler, genellikle epigenetik mekanizmalar kullanılarak incelenir. Epigenetik mekanizmalardan en çok çalışılanlar arasında DNA metilasyonu sayılabilir (Beck *et al.*, 2021). DNA metilasyonu, guaninin takip ettiği sitozin bazına yani CpG bölgelerine DNA metiltransferaz enzimi aracılığıyla bir metil grubu bağlanır. Bu metilasyon sonucu sitozinden 5-metil sitozin meydana gelir (İzmirli ve ark., 2012). Epigenetik mekanizmaların ve nesiller arası süreçlerin anlaşılması, sadece çevresel strese maruz kalan kültür bitkileri için değil, aynı zamanda yoğun herbisit baskısına maruz kalan farklı tarla koşullarında gelişen yabancı ot popülasyonları için de büyük önem taşımaktadır. Sonuç olarak, özellikle küresel iklim değişikliği ile birlikte genetik ve çevre etkileşiminin dikkate alınması, herbisit dayanıklılığı evriminin doğru bir şekilde tahmin edilmesi ve izlenmesi açısından giderek daha önemli hale gelmektedir. Herbisit dayanıklılığının hızlı gelişimi ve mevcut herbisit dayanıklılık mekanizmalarının çeşitliliği, yabancı ot yönetimi ve herbisit kullanımı için önemli zorluklar oluşturmaktadır. Ayrıca çalışmanın önemini vurgulamak için *A. fatua*'nın buğday ekim alanlarında dayanıklılığı konusundaki mevcut durumu ve gelişmeleri anlamak literatürde hangi konulara odaklanıldığı, kullanılan anahtar kelimeleri belirlemek için bibliyometrik analiz yapılmıştır.



Şekil 1.6. Buğdayda *Avena fatua* dayanıklılığı ile ilgili yapılan çalışmalardaki anahtar kelimelerin tekrar sıklığı

Bu konunun araştırmalarda ne kadar önemli ve öncelikli bir alan olduğunu göstermektedir. En sık tekrar eden anahtar kelimelerin, özellikle "herbisit dayanıklılığı" (23 kez) ve "entegre yabancı ot yönetimi" (10 kez) gibi terimlerin yüksek frekansa sahip olması, bu konuların bilimsel literatürde geniş bir ilgi alanına sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, "*A. fatua*"nın 6 kez tekrar edilmesi, bu türün herbisitlere karşı dayanıklılığı ile ilgili çalışmaların belirli bir odak noktasına sahip olduğunu ve araştırmacıların bu konuya yöneldiğini gösterir (Şekil 1.6).

A. fatua, buğday tarımında önemli bir yabancı ot olup, verim kayıplarına ve kalitede düşüşe neden olmaktadır. Bu nedenle, bu bitki üzerindeki araştırmalar, tarımsal verimliliği artırmak ve buğday üretiminde sürdürülebilirliği sağlamak açısından kritik öneme sahiptir. Farklı *A. fatua* popülasyonlarının morfolojik özelliklerinin incelenmesi, bu türün adaptasyon yeteneklerini anlamak için önemlidir. ALS ve ACCase inhibitörlerine karşı *A. fatua*'nın dayanıklılığı, kimyasal kontrol yöntemlerinin etkinliğini etkilemektedir. Bu araştırma, dayanıklılık mekanizmalarının belirlenmesi yoluyla, daha etkili ve hedefe yönelik kontrol yöntemlerinin geliştirilmesine katkı sağlayabilir. Ayrıca epigenetik değişikliklerin rolü, *A. fatua*'nın herbiside yanıtını nasıl etkilediğini, herbisite dayanıklılığın altında yatan mekanizmaları anlamak için önemlidir.

Çalışmanın amacı

Morfolojik Karakterizasyon: *A. fatua* popülasyonlarının morfolojik özelliklerini (bitki boyu, gövde çapı, yaprak uzunluğu, başak uzunluğu, başakçık uzunluğu, çiçek sayısı, yaş ve kuru ağırlık gibi) inceleyerek morfolojik karakterlerin belirlenmesidir.

Herbicide Dayanıklılığın Belirlenmesi: Iğdır ili buğday ekim alanlarında bulunan *A. fatua* popülasyonlarının, ALS ve ACCase inhibitörleri herbisitlere karşı dayanıklılık düzeylerini belirlemek. Bu amaçla, farklı popülasyonlar üzerinde doz yanıt analizleri gerçekleştirmektedir.

Morfolojik Özellikler ile Dayanıklılık İlişkisi: Farklı *A. fatua* popülasyonlarının morfolojik özelliklerini inceleyerek, bu özelliklerin dayanıklılık ile ilişkisini araştırmaktır.

Epigenetik Düzenlemelerle İlişkisinin Araştırması: *A. fatua*'nın hassas ve dayanıklı bireylerinin farklı dozlarda ALS ve ACCase inhibitörü herbisitlere maruz bırakıldığında epigenetik olarak oluşabilecek değişiklikleri araştırmak amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Buğday ekim alanları *Avena fatua* L. yoğunluk ve rastlama sıklığı ile ilgili yapılan çalışmalar

Mennan ve ark. (2003), Samsun ilinde 2000-2002 yılları arasında buğday tarlalarında sorun teşkil eden *Avena* spp. ve *Alopecurus myosuroides* türlerinin ekonomik zarar eşiklerini, getiri ve maliyet açısından belirlemek amacıyla iki farklı lokasyonda bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu araştırmada, her biri 2 m² olan parsellerde, buğday çıkışından sonra muhafaza edilen farklı yabancı ot yoğunlukları (1, 5, 10, 20 ve 40 bitki/m²) kullanılmıştır. Sonuç olarak, *A. fatua* için ekonomik zarar eşiği 11,77-14,70 bitki/m² aralığında tespit etmişlerdir.

Üstüner ve Altın (2003), Niğde ili ve ilçelerinde 2003 yılında yürüttükleri çalışmada, buğday ekim alanlarında bulunan yabancı ot türlerini ve yoğunluklarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu kapsamda il genelinde 229 survey yapmışlar ve sonuç olarak 1 tohumuz, 12 monokotiledon ve 80 dikotiledon olmak üzere 26 familyaya ait toplam 93 yabancı ot türü tespit etmişlerdir. İl genelinde en problemlili dördüncü yabancı ot türü olarak *A. fatua* belirlenmiş ve yoğunluğunun m² başına ortalama 1-10 arasında olduğu saptamışlar.

Mennan ve Işık (2003), Samsun'da buğday tohumluklarında bulunan yabancı ot tohumlarının yoğunluklarını ve çimlenme kapasitelerini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Araştırma kapsamında 349 farklı noktadan örnekler alınmış ve yapılan incelemeler sonucunda 11 familyaya ait 18 yabancı ot türüne ait tohumlar tespit etmişlerdir. Bir kilogram tohumluk içerisinde en fazla tohum sayısına sahip sekizinci yabancı ot türü 1,1 adet ile *A. fatua* olarak bildirilmiştir. İlk sekiz yabancı ot türünün taşınma oranlarının ekonomik zarar eşiğinin üzerinde olduğu ifade etmişlerdir.

Khan and Gul (2006), Pakistan'ın Peşaver bölgesinde 2004-2005 yılları arasında yaptıkları çalışmada, *A. fatua* yoğunluğunun ve oranının buğdayın verim ve verim bileşenleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada ana parsellerde dört farklı buğday ekim normu (100, 130, 160 ve 190 kg/ha) kullanılmış, alt parsellerde ise *A. fatua* yoğunlukları (0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 tohum/m²) değerlendirilmiştir. Buğdayın başak sayısı, başak uzunluğu, başaktaki tane sayısı, 1000 tane ağırlığı ve tane verimi

gibi parametrelerin yanı sıra, yabancı yulafın kardeş sayısı ve bitki başına tohum sayısı gibi veriler de incelenmiştir. Çalışma sonuçları, bu parametrelerin çoğunun yabancı yulaf yoğunluğundan ve ekim oranlarından önemli ölçüde etkilendiğini gözlemlemiştir.

Marwat *et al.* (2006), 2003-2004 yılları arasında Pakistan'ın Mardan ilçesinde buğday tarlalarında sorun olan yabancı ot türlerini ve buğday üretimindeki sorunları belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşler. Beş köyde 100 çiftçi ile yüz yüze anket yapılmış ve sonuç olarak çiftçilerin %75'inin, buğday tarlalarında en önemli yabancı otlardan birinin *A. fatua* olduğunu bildirdiği tespit edilmiştir. Yabancı otların buğday veriminde yıllık %25-50 arası kayba neden olduğu rapor edilmiştir. Çiftçilerin %46'sı yabancı otları buğday üretiminde en büyük kısıtlayıcı faktör olarak görmüş, %59'u ise kimyasal mücadele yöntemleri kullandıklarını belirtmiştir. Ayrıca, çiftçilerin %53'ü son on yılda yabancı ot istilasında artış olduğunu ifade etmiştir.

Tursun ve ark. (2006), 2001-2003 yılları arasında Kahramanmaraş'ta buğdaya karışan yabancı ot tohumlarını incelemiştir. İl genelinde 180 buğday tohum numunesi rastgele toplanmış ve bu analizler sonucunda buğdaya en az 32 tür yabancı ot tohumunun karıştığı belirlenmiştir. Ortalama olarak, bir kilogram buğdaya 601 yabancı ot tohumu karışmış ve bunların toplam ağırlığı 10,51 gram olarak tespit edilmiştir. İlçelere göre *A. fatua* tohum yoğunluğu şu şekilde bulunmuşlar: Merkez 21,85 adet, Afşin 5,51 adet, Elbistan 13,10 adet, Pazarcık 15,88 adet, Türkoğlu 14,90 adet ve genel ortalama 14,97 adet. *A. fatua* tohumlarının ağırlıkları ise sırasıyla 0,757 g, 0,070 g, 0,155 g, 0,448 g, 0,401 g ve genel ortalama 0,396 g olarak kaydetmişler.

Özkil ve Kara (2006), Trakya Bölgesi'nde selektör öncesi ve sonrası buğday ürünlerine karışan yabancı ot tohumlarının sayısını, yaygınlıklarını ve bulunma yüzdelerini tespit etmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışma kapsamında Kırklareli, Edirne ve Tekirdağ'dan toplam 109 örnek almışlardır. Selektör öncesi alınan örneklerde Kırklareli'de 30, Edirne'de 32 ve Tekirdağ'da 24 yabancı ot türü tespit ederken, selektör sonrası bu sayılar Kırklareli'de 25, Edirne'de 22 ve Tekirdağ'da 15 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, Trakya Bölgesi'nde selektör öncesi 32, selektör sonrası ise 25 yabancı ot türü tespit etmişlerdir. Buğday örnekleri arasında *Avena* spp.'nin en yaygın yabancı ot türlerinden biri olduğunu belirtmişlerdir. Selektör öncesi ve sonrası *Avena* spp. tohum sayıları, 1000 g tohum yüzdesi ve yaygınlık oranları şu

şekilde tespit edilmiştir: Edirne’de selektör öncesi 414 adet, %3,49 ve %100; selektör sonrası 131 adet, %16,67 ve %94. Kırklareli’de selektör öncesi 532 adet, %4,54 ve %100; selektör sonrası 201 adet, %4,98 ve %93. Tekirdağ’da selektör öncesi 414 adet, %3,49 ve %100; selektör sonrası 131 adet, %16,67 ve %94 olarak belirlenmiştir.

Tursun ve Seyithanoğlu (2006), Kahramanmaraş ili ve ilçelerinde çiftçilerin son üç yılda yetiştirdikleri en önemli üç kültür bitkisinde karşılaşılan yabancı ot sorunlarını ve bu otlara karşı kullanılan herbisitleri belirlemek amacıyla çalışma yapmışlar. 95 çiftçi ile yapılan yüz yüze anket sonucunda, çiftçilerin %41,62’si, buğdayda en önemli yabancı otlardan birinin *A. fatua* olduğunu belirtmiş ve en çok kullanılan herbisitlerden birinin Clodinafop-Propargyl aktif maddeli herbisit olduğunu ifade etmişler.

Kordalı ve Zengin (2007), 2000-2001 yıllarında Bayburt ilinde buğday tarlalarında bulunan yabancı ot türlerinin sıklıklarını ve yoğunluklarını incelemiştir. Yapılan surveyler sonucunda, ilk yıl *A. fatua*’nın Merkez, Demirözü ve Aydıntepe ilçelerindeki rastlama sıklıkları sırasıyla %38,63, %28,94 ve %7,31; yoğunlukları ise 0,596 bitki/m², 0,636 bitki/m² ve 0,203 bitki/m² olarak tespit edilmiştir. İkinci yıl bu oranlar Merkez, Demirözü ve Aydıntepe için sırasıyla %29,82, %37,50 ve %71,42; yoğunluklar ise 0,482 bitki/m², 0,519 bitki/m² ve 2,720 bitki/m² olarak ölçülmüştür.

Kordalı ve Zengin (2009), 1999-2000 yıllarında Bayburt’ta çiftçiler tarafından tohumluk olarak kullanılan buğday, mercimek ve arpa tohumluklarındaki yabancı otların yaygınlık ve yoğunluklarını belirlemek için bir araştırma yürütmüştür. Rastgele alınan 193 tohum örneği üzerinde yapılan analizlerde buğdayda 18 familyaya ait 65 yabancı ot türü tespit edilmiştir. Bu türler arasında en fazla karışan yabancı otun *A. fatua* olduğu saptanmıştır. İlk yıl *A. fatua* tohum ağırlığı Bayburt merkezde %0,005, Demirözü’nde %0,108 ve Aydıntepe’de %0,009 olarak bulunmuş; ikinci yıl bu oranlar Bayburt merkezde %0,045, Demirözü’nde %0,004 ve Aydıntepe’de %0,234’e yükselmiştir. Sayısal değerler ise yıllar arasında artış göstermiştir.

Waheed *et al.* (2009), 2002 yılında Pakistan Rahim Yar Khan bölgesindeki buğday ekim alanlarında sorun olan yabancı ot türlerini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma sonucunda, 33 cinse ve 17 familyaya ait toplam 37 yabancı ot türü tespit etmişlerdir. Bu otlar arasında rastlama sıklığı en yüksek türün *A. fatua* (%78)

olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, buğday ekim alanlarında en baskın yabancı ot türünün de *A. fatua* olduğunu ifade etmişlerdir.

Qureshi *et al.* (2009), 2006-2007 vejetasyon döneminde Pakistan Toba Tek Singh bölgesinde buğday ekim alanlarında sorun yaratan yabancı ot türlerini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma sonucunda, buğday tarlalarında 35 cinse ve 17 familyaya ait toplam 38 yabancı ot türü tespit etmişlerdir. Tespit edilen yabancı otlar arasında, rastlama sıklığı en yüksek ikinci türün *A. fatua* (%72) olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, buğday ekim alanlarında en baskın yabancı ot türlerinden birinin *A. fatua* olduğu ifade edilmiştir.

Sırma ve Kadioğlu (2010), Erzincan ili Otlukbeli ilçesinde buğday ekim alanlarında bulunan yabancı ot türlerini, rastlama sıklıklarını ve yoğunluklarını belirlemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları araştırmada, buğday tarlalarında yabancı otlara karşı herbisit kullanılmadığını belirtmişlerdir. Üç farklı bölgede 36 buğday tarlasında survey yapmışlar ve 20 familyaya ait 51 yabancı ot türü tespit etmişlerdir. Buğday ekim alanlarında tespit edilen yabancı otlardan biri de *A. fatua* olup rastlama sıklığı Merkez ilçe Boğazlıyan'da %7,14, Ağaççam Umurlu'da %13,00, Yeniköy Söğütlü'de %0,00 ve ilçe ortalaması %6,71 olarak belirlenmiştir. Yoğunluk ise sırasıyla 0,30, 0,40, 0,00 ve 0,24 olarak tespit etmişlerdir.

Hussain *et al.* (2012), 2008-2009 yıllarında Pakistan'ın Peşaver bölgesinde buğday üretiminde yabancı ot sorunlarını incelemek amacıyla bir anket çalışması yapmışlardır. Çalışma kapsamında beş köyde 100 çiftçi ile yüz yüze görüşmeler gerçekleştirmişlerdir. Çiftçiler, buğday ekim alanlarında en yaygın olarak bulunan yabancı otlardan birinin *A. fatua* olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, çiftçilerin %91'i buğday tarlalarındaki yabancı otlar nedeniyle %20-50 arasında verim kaybı yaşadığını, %70'inin ise yabancı ot kontrolü için kimyasal yöntemleri tercih ettiğini ifade etmişlerdir. Bunun yanı sıra, çiftçilerin %43'ü yabancı ot istilasının arttığını bildirmiştir. Sonuç olarak, çiftçilerin algısına göre yabancı otların buğdayda büyük bir tehdit olduğu ve bilimsel yöntemlerle mücadele edilmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Khaliq *et al.* (2013), farklı yabancı ot kontrol uygulamalarının buğday ve buğday ile ilişkili yabancı otlar üzerindeki etkisini geleneksel, azaltılmış ve sıfır toprak işleme

sistemlerini karşılaştırarak incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, deneme alanında en yoğun yabancı ot türünün *A. fatua* olduğunu bildirmişlerdir.

Gökalp ve Üremiş (2015), Mardin ili buğday ekim alanlarındaki yabancı ot türlerini, rastlama sıklıklarını ve yoğunluklarını belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Yapılan surveyler sonucunda, 1'i monokotiledon, 23'ü dikotiledon olmak üzere 24 familyaya ait 79 cins ve 85 yabancı ot türü tespit etmişlerdir. Bu yabancı ot türlerinden *A. fatua*'nın rastlama sıklığını %10,0-24,9 (Önemli) ve yoğunluğunu 0,10-0,99 adet/m² olarak belirlemişlerdir.

Şin ve ark. (2016), çalışma 2015 yılında Tokat ilinde hasat edilen buğday ürünü içerisine karışan yabancı ot tohumlarını belirlemek amacıyla yürütmüşlerdir. Çalışma kapsamında Tokat ili ve ilçelerinde bulunan un fabrikalarından, buğday ürünlerinden ve buğday üreticilerinden toplam 109 örnek almışlardır. Çalışma sonucunda buğday tohumlarına karışan yabancı ot tohumlarının ortalama oranı %0,57 olduğunu belirtmişlerdir. Karışan bu yabancı ot tohumlarını 16 familyadan 49 farklı yabancı ot türüne ait olduğunu tespit etmişlerdir. Buğday tohumlarına karışan yabancı ot türlerinin en fazla Poaceae (12 tür) ve Brassicaceae (7 tür) familyalardan olduğu bildirmişlerdir. Buğday tohumuna karışan yabancı ot tohumlarının birinin de *A. fatua*'ya ait olduğunu belirtmişlerdir.

Pala ve Mennan (2017), çalışmayı, Diyarbakır ili buğday ekim alanlarında bulunan yabancı ot türlerini, rastlama sıklıklarını ve yoğunluklarını belirlemek amacıyla 2016-2017 vejetasyon döneminde yürütmüşlerdir. Çalışma kapsamında 17 ilçede 106 buğday tarlasında survey yapmışlardır. Yaptıkları surveyler sonucunda; 1 tohumuz, 19 monokotiledon ve 87 dikotiledon olmak üzere toplam 26 familyaya ait 107 yabancı ot türü tespit etmişlerdir. En fazla yabancı ot sayısına sahip familyalar sırasıyla; Asteraceae, Poaceae ve Brassicaceae olmuştur. Çalışma sonucunda en yüksek rastlama sıklığı ve yoğunluğu olan yabancı ot türü *A. fatua* olmuştur. Rastlama sıklığı %87 ve yoğunluğu 9.73 adet/m² olarak tespit etmişlerdir.

Jäck *et al.* (2017), *A. fatua*'nın kışlık buğday verimi üzerindeki etkisini araştırmak için beş yıl boyunca beş verim kaybı deneyi yapmışlardır. Ayrıca ALS inhibitörü iki herbisit ve ACCase inhibitörü iki herbisit *A. fatua* tohum üretimi

üzerindeki değişken doz oranlarındaki etkinliğini değerlendirmek için iki ek saha çalışması daha yapmışlardır. Çalışma sonucunda *A. fatua*, yaklaşık 250 bitki/m² yoğunluklarında %40'a varan önemli kışlık buğday verimi kayıplarına neden olduğunu bildirmişlerdir. Kışlık buğdayda verim kayıplarının yıllar ve lokasyonlar arasında farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Kullandıkları dört herbisitten üçü, azaltılmış doz oranlarında bile *A. fatua*'ya karşı yüksek etkinlik göstermiştir, fakat *A. fatua* tohum üretimi, herbisit etkinliği ile doğrudan ilişkili olmadığını ifade etmişlerdir. Sonuç olarak *A. fatua*'nın yerel koşullarda kışlık buğday üretimi için ciddi bir tehdit oluşturabileceğini ve kontrol edilmediği takdirde yüksek verim kayıplarına yol açabileceğini belirtmişlerdir. Kontrolü için herbisit doz oranlarını azaltmaya yönelik genel bir potansiyel bulamadıklarını ifade etmişlerdir.

Gürbüz ve ark. (2018), çalışmayı 2013 ve 2014 yıllarında Ağrı ili buğday ekim alanlarında bulunan yabancı ot türlerini, rastlanma sıklıklarını ve yoğunluklarını belirlemek amacı ile yürütmüşlerdir. Yaptıkları surveyler sonucunda; 2013 yılında 22 familyaya ait 96 adet yabancı ot türü tespit etmişlerdir. En fazla yabancı ot sayısına sahip familyalar sırasıyla; Asteraceae (17 tür), Poaceae (14 tür) ve Amaranthaceae (10 tür) olmuştur. Çalışmanın yürütüldüğü 2014 yılında ise 22 familyaya ait 99 adet yabancı ot türü belirlemişlerdir. En fazla yabancı ot sayısına ise Asteraceae (18 tür), Poaceae (13 tür) ve Amaranthaceae (10 tür) familyaları sahip olmuştur. İki yılın sonunda 22 familyaya ait 103 yabancı ot türü tespit etmişlerdir. Çalışmanın yürütüldüğü her iki yılda da en yüksek rastlama sıklığı olan yabancı ot *A. fatua* olmuştur. Çalışmanın ilk yılında *A. fatua* rastlama sıklığı %78, genel kaplama alanı %1,74, özel kaplama alanı %2,56, genel yoğunluk 6,38 adet/m² ve özel yoğunluk 7,40 adet/m² olarak belirlemişlerdir. İkinci yılda ise rastlama sıklığı %76, genel kaplama alanı %1,74, özel kaplama alanı %2,26, genel yoğunluk 5,48 adet/m² ve özel yoğunluk 6,90 adet/m² olarak tespit etmişlerdir.

Khalid (2018), Kuzey Irak Bölgesinde 2018 yılında buğday ekim alanlarında bulunan yabancı ot türlerini, rastlama sıklıklarını ve yoğunluklarını belirlemek amacıyla çalışmayı yürütmüştür. Çalışma kapsamında Duhok (Akr, Berdare, Summel ve Zaho), Erbil (Harir, Kelek ve Eklawa) ve Musul (Al Qu ve Ayn Sfn) olmak üzere 3 il 9 ilçede, toplam 45 buğday ekim alanında surveyler yapmıştır. Yaptığı surveyler sonucunda 86

dikotiledon, 15 monokotiledon, olmak üzere toplamda 26 familyaya ait 75 cins ve 101 yabancı ot türü tespit etmiştir. Çalışmada yoğunluğu en yüksek yabancı ot türü, *A. fatua* (7,00 bitki/m²) olarak tespit etmiştir.

Pala ve ark. (2018), çalışmayı 2017 yılında Diyarbakır ilinde buğday tohumu içerisine karışan yabancı ot tohumlarını belirlemek amacıyla yürütmüşlerdir. Çalışma kapsamında buğday üretiminin yoğun yapıldığı 10 ilçede buğday ürünlerinden toplamda 100 örnek almışlardır. Çalışma sonucunda Diyarbakır ilinde hasat edilen buğday ürünü içerisine yabancı ot tohumlarının karışma oranı %0,51 olduğu tespit etmişlerdir. Buğday ürününde 8 farklı familyadan 28 farklı yabancı ot türüne ait tohumlar belirlemiştir. Bu yabancı otlardan en fazla karışımın Poaceae (13 tür) familyasına ait olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak, alınan 50.000 g buğday örneği içerisinde yabancı ot tohum sayısı 633 adet ve tohum ağırlığı 10,96 gram olarak tespit etmişlerdir. Çalışmada en fazla yoğun olarak *A. fatua* ve *Avena sterilis* yabancı ot türlerini tespit etmişlerdir. *A. fatua*, rastlama sıklığı %51, yoğunluk %0,0491, tohum sayısı 86,20 adet ve tohum ağırlığı 2,713 g olarak belirlemiştir.

Sırrı (2018), çalışmayı 2017 ve 2018 vejetasyon döneminde Siirt ilinde buğday ekim alanlarında sorun olan yabancı ot türleri, rastlama sıklıkları ve yoğunluklarını belirlemek amacıyla yürütmüştür. Çalışma kapsamında 84 buğday tarlasında surveyler yapmıştır. Yaptığı surveyler sonucunda 25 çift çenekli, 4 tek çenekli ve 1'i tohumuz, olmak üzere toplam 30 familyaya ait 137 yabancı ot türü tespit etmiştir. En fazla yabancı ot türüne sahip familyalar sırasıyla; Asteraceae (26 tür), Poaceae (22 tür) ve Fabaceae (13 tür) olduğunu belirtmiştir. Çalışmada rastlama sıklıkları en yüksek yabancı ot türlerinden biri *Avena spp.* (%73) olarak belirlemiştir. *Avena spp.* yoğunluğu ise 3,63 adet/m² olarak tespit etmiştir.

Ücrak ve ark. (2019), çalışmayı 2017-2018 vejetasyon döneminde Iğdır ilinde buğday ekim alanlarında sorun olan yabancı ot türlerini, rastlanma sıklıklarını ve yoğunluklarını belirlemek ve önemli bazı yabancı otların gelişme biyolojilerini incelemek amacıyla yürütmüşlerdir. Yaptıkları surveyler sonucunda 23 familyaya ait 85 yabancı ot türü tespit etmişlerdir. En fazla yabancı ot sayısına sahip familyalar sırasıyla; Asteraceae (18 tür), Brassicaceae (13 tür) ve Poaceae (13 tür) olmuştur. Rastlama sıklığı en yüksek yabancı ot türlerinden biri *A. fatua* olup, rastlama sıklığı %16, genel kaplama

alanı %3,24, özel kaplama alanı %13,5, genel yoğunluk 1,14 adet/m² ve özel yoğunluk 4,75 adet/m² olarak tespit etmişlerdir.

Ateş ve Üremiş (2020), çalışmayı 2015-2016 yıllarında Şanlıurfa ili buğday ekim alanlarında bulunan yabancı ot türlerini, rastlama sıklıklarını, yoğunluklarını, özel ve genel kaplama alanlarını belirlemek amacıyla yürütmüşlerdir. Yaptıkları surveyler sonucunda; 27 familyaya ait 101 cins ve 121 yabancı ot türü tespit etmişlerdir. Buğday ekim alanlarında *A. fatua* rastlama sıklığı nadir (rastlama sıklığı <9,9) ve yoğunluğu ise orta yoğunlukta (yoğunluk <3,00 bitki/m²) olarak belirlemişlerdir.

Ateş ve Üremiş (2022), çalışmayı 2015-2016 yıllarında Batman ili buğday ekim alanlarında bulunan yabancı ot türlerini, rastlama sıklıklarını ve yoğunluklarını belirlemek amacıyla yürütmüşlerdir. Çalışma kapsamında 150 buğday tarlasında survey yapmışlardır. Yaptıkları surveyler sonucunda; 28 familyaya ait 95 cins ve 114 yabancı ot türü tespit etmişlerdir. *A. fatua* rastlama sıklığı %9,9'un altında, yoğunluğu ise 2,00-2,99 adet/m² değerleri arasında tespit etmişlerdir. Yaptıkları değerlendirme sonucunda Batman buğday ekim alanlarında özellikle yabancı yulaf ve yabancı hardalın sorun oluşturduğu ve bu yabancı otların mücadelesinde hedeflenen başarının sağlanamadığını ifade etmişlerdir.

***Avena fatua* L. dayanıklılığı ile ilgili yapılan çalışmalar**

Boutsalis *et al.* (1990), Avustralya'da diclofop'a dayanıklı *A. fatua* biyotiplerinin CHD herbisitlerine (alloxydim, sethoxydim ve tralkoxydim), APP herbisitlerine (quizalofop, fluazifop, fenoxaprop ve haloxyfop) ve chlorotolurona dayanıklılık kazandığını bildirmişlerdir.

Mansooji *et al.* (1992), Avustralya'da bir *A. fatua* popülasyonunun quinfuop, diclofop, fenoxaprop, fluazifop, propaquizafop, quizalofop ve haloxyfop karşı yüksek seviyede dayanıklılık geliştiğini tespit etmişlerdir.

Heap *et al.* (1993), Kanada'da *A. fatua*'nın sethoxydim ve diclofop'a dayanıklı popülasyonlarını tespit etmişlerdir. Bu popülasyonların fenoxaprop, quizalofop, fluazifop ve tralkoxydim herbisitlerine karşı da farklı oranlarda dayanıklılık kazandığını belirtmişlerdir. Dayanıklı bireyleri tespit ettikleri ekim alanlarına baktıklarında son 10 yılda sürekli olarak sethoxydim ve diclofop herbisitlerinin kullanıldığını ifade

etmişlerdir. Ayrıca dayanıklı popülasyonların hiçbirinde çoklu dayanıklılık belirlemediklerini bildirmişlerdir.

Seefeldt *et al.* (1994), ABD Oregon'un Willamette Vadisi'nde diclofop'a karşı dayanıklı *A. fatua* popülasyonunun çapraz dayanıklılık durumunu belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda *A. fatua* biyotiplerinin sethoxydim ve clethodim herbisitlerine karşı çapraz dayanıklılık gösterdiğini, fakat diğer herbisitlere karşı dayanıklılık kazanmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca inceledikleri dört yabancı yulaf biyotipinin ışık kullanım verimliliği, boyu, kuru ağırlığı, yaprak alanı ve kardeşlenme ve çiçeklenme süresi ve kapsamı açısından önemli farklılıklar olduğunu tespit etmişlerdir.

O'Donovan *et al.* (1994), çalışmayı Kanada'nın Alberta bölgesinde 1990 yılında çiftçilerin şikayeti üzerine 34 tarlada *A. fatua* tohumları toplayarak, triallat ve difenzoquat herbisitlerine karşı dayanıklılık derecelerini belirlemek amacıyla yürütmüşlerdir. Çalışma sonucunda 15 popülasyonun triallat ve difenzoquat herbisitlerine karşı dayanıklılık kazandığını bildirmişlerdir.

Blackshaw *et al.* (1996), Kanada'nın Alberta bölgesinde triallat herbisitine karşı dayanıklı *A. fatua* popülasyonlarını tespit etmişlerdir. Çalışmanın devamında triallat'a dayanıklı yabancı yulaf popülasyonlarının atrazin, ethalfluralin, fenoxaprop-P, imazamethabenz, flamprop, tralkoxydim, EPTC ve sikloat herbisitlerine karşı dayanıklılık durumlarını belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, triallat'a dayanıklı yabancı yulaf popülasyonlarının atrazin, ethalfluralin, fenoxaprop-P, flamprop, imazamethabenz ve tralkoxydim ile etkili bir şekilde kontrol edildiğini bildirmişlerdir. Triallat ile kimyasal olarak ilişkili olan EPTC ve sikloatın, triallat'a dayanıklı yabancı yulaf üzerindeki etkinliklerinin farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. *A. fatua*'nın bu herbisitlere karşı kısmen dayanıklılık kazandığını ifade etmişlerdir.

Beckie *et al.* (1997), Kanada'nın Manitoba eyaletinde dayanıklı *A. fatua*'nın doğadaki dağılımını karakterize etmek amacıyla 1997 yılında dört büyük tarım bölgesinde bir araştırma yürütmüşlerdir. 75 alandan topladıkları tohum örneklerinin propiyonik herbisit (AOPP) ve sikloheksandion herbisit KKH (sikloheksen oksin herbisit) (grup 1), imidazolinon herbisit (grup 2), tiokarbamat herbisit (grup 8) ve

flamprop aryloxyphenoxy (grup 25) herbisitlerine karşı dayanıklılığını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, araştırdıkları alanın %41'inden fazlasında *A. fatua*'nın Grup 1, 2, 8 veya 25 gruptan herbisitlere karşı dayanıklılık kazandığını bildirmişlerdir.

Shukla *et al.* (1997), Kanada'da *A. fatua*'nın ACCase inhibitörlerine karşı sethoxydim'e karşı kuvvetli, tralkoxydim, diclofop ve fenoxaprop'a karşı belirli seviyede dayanıklılık kazandığını bildirmişlerdir.

Friesen *et al.* (2000), Kanada'da *A. fatua*'nın fenoxaprop, flamprop ve imazamethabenz herbisitlerine karşı dayanıklılık kazandığını rapor etmişlerdir. Ayrıca dayanıklı biyotiplerin imazathabenz (8,7 kat) ve flamprop (7,2 kat) dayanıklı olduğunu tespit etmişlerdir. Buna ek olarak, biyotiplerinin bir kısmının da ALS inhibitörü herbisitlere karşı çoklu dayanıklılık gösterdiğini belirtmişlerdir.

Lyle *et al.* (2000), Kanada'da hiçbir imazamethabenz ve ACCase inhibitörü (fenoxaprop-p-ethyl ve flamprop) herbisitlerine karşı maruz kalmamasına rağmen *A. fatua*'nın üç popülasyonunun dayanıklılık kazandığını bildirmişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda, hassas biyotipe göre imazamethabenz'e karşı 7,2 kat ve flamprop'a karşı 8,7 kat daha dayanıklı olduklarını belirtmişlerdir. Fenoxaprop-p-ethyl'e karşı bir popülasyonda 2,9 kat, diğer iki popülasyonda ise 2 kat dayanıklılık oluşturduklarını ifade etmişlerdir. Buna ek olarak, *A. fatua* popülasyonlarında herhangi bir çoklu dayanıklılık bulgusuna rastlamamışlardır.

Nandula ve Messersmith (2002), yaptıkları çalışmada imazamethabenz'e dayanıklılık kazanmış *A. fatua*'nın farklı ACCase etki mekanizması herbisitlerine karşı dayanıklılık kazanıp kazanmadığını belirlemek amacıyla araştırma yürütmüşlerdir. Çalışma sonucunda *A. fatua*'nın diclofop-methyl'e karşı 42 kat dayanıklılık kazandığını, ancak fenoxaprop-P, clodinafop, sikloheksandion, sethoxydim, clethodim ve tralkoxydim herbisitlerine karşı dayanıklılık kazanmadığını bildirmişlerdir.

Beckie *et al.* (2002), Kanada'nın Saskatchewan bölgesinde 1997 yılında iki farklı ilçede (Grassland, Parkland) tarlalarında topladıkları *A. fatua* popülasyonlarının Grup 1 (ACCase), Grup 2 (ALS) ve Grup 8 (örneğin, denemelat, difenzokuat) herbisitlere dayanıklılık durumunu araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, Grassland ilçesindeki tarlaların %43'ünde ve Parkland ilçesindeki tarlaların %48'inde Grup 1'e

dayanıklı yabancı yulaf tespit etmişlerdir. Grassland ve Parkland ilçelerindeki tarlaların sırasıyla %30 ve %17'sinde Grup 2'ye dayanıklı popülasyonlar bulmuşlardır. Her iki ilçedeki tarlaların yaklaşık %15'inde Grup 8 yabancı yulaf dayanıklılığı olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, bu iki ilçede bazı *A. fatua* popülasyonlarının bu etki mekanizmalarına karşı çoklu dayanıklılık gösterdiğini ifade etmişlerdir. Dayanıklılığın ortaya çıkma sıklığının genel olarak çiftlik büyüklüğünden etkilendiğini belirtmişlerdir.

Beckie *et al.* (2004), Kanada'nın Alberta bölgesinde 1997, 1998 ve 1999 yılları arasında çiftçilerin yaptıkları tarımsal uygulamaların *A. fatua*'nın herbisitlere karşı dayanıklılık oluşumuna etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla çalışmayı yürütmüşlerdir. Çalışma kapsamında 33 farklı ekim alanında *A. fatua* popülasyonları toplamışlardır. Tiokarbamat, triallate, imazamethabenz, bir ALS inhibitörü ve iki ACCase inhibitörü herbisitlerine karşı dayanıklılık durumları için tarama işlemi yapılmıştır. ALS ve ACCase inhibitörlerine karşı dayanıklılığın ürün rotasyonundaki çeşitlilik eksikliği ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ALS inhibitörüne karşı dayanıklılığın, herbisit son kullanımı ve toprak işleme sistemleri ile ilgili olduğunu ifade etmişlerdir.

Stokłosa and Kieć. (2006), Polonya'nın Güney Batısında buğday tarlalarında aynı herbisitlerin sürekli *A. fatua*'ya karşı kullanılması sonucunda herbisitlere karşı dayanıklılık kazanıp kazanmadığını belirlemek amacıyla çalışma yapmışlardır. Çalışma kapsamında fenoxaprop-p-ethyl'in sürekli kullanıldığı buğday ekim alanlarında 3 *A. fatua* popülasyonu toplamışlardır. Buna ek olarak, herbisit uygulanan biyotiplerin 48 ile 72 saat sonra klorofil oluşturma miktarları değerlendirilmiştir. Topladıkları *A. fatua* popülasyonlarının fenoxaprop-p-ethyl'e karşı dayanıklılık indekslerinin 4.31, 7.58 ve 8.12 olduğu belirlenmiştir. Kloroplast miktarında 48 saat sonra azalma olduğunu ifade etmişlerdir.

Uludag *et al.* (2008), Pasifik'in kuzeybatısındaki buğday ve mercimek ekim alanlarından ACCase inhibitörüne dayanıklı beş *A. fatua* biyotipinin (R1 ila R5) çapraz dayanıklılığını belirlemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Tüm bitki doz-cevap deneylerine dayanarak, bu beş dayanıklı biyotip, duyarlı biyotiple karşılaştırıldığında fenoxaprop, diclofop ve quizalofop'a karşı 2 ila 24 kat daha dayanıklı olduklarını belirtmişlerdir. Ancak dayanıklı biyotiplerin hiçbiri setoksidim ve

kletodime karşı dayanıklı bulunmamıştır. R2 biyotipi, bir ACCase inhibitörü olan sulkotrion ve pinoxaden, phenylpyrazolin'e dayanıklı tek biyotip olarak tespit edilmiştir ve duyarlı biyotiple karşılaştırıldığında 16 ve 35 kat daha dayanıklı olduğu bildirilmiştir. Dayanıklılık seviyeleri ve çapraz dayanıklılık modellerinin biyotipler arasında farklılık gösterdiği ve *A. fatua* biyotiplerinde birden fazla dayanıklılık mekanizması veya farklı dayanıklılık mutasyonlarının mevcut olduğu belirtilmiştir. CHD herbisitler, sethoxydim ve clethodim, bu dayanıklı biyotipleri kontrol etmek için kullanılabilirken, R2 biyotipi dışında diğer dayanıklı yabancı yulaf biyotiplerini kontrol etmek için pinoxaden kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Owen and Powles (2009), Avusturya'da 2005 yılında buğday ekim alanlarında sorun olan *Avena* spp. popülasyonlarının herbisitlere karşı dayanıklılık sıklığını belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma kapsamında toplam 677 buğday ekim alanı ziyaret edilmiş ve 150 araziden *A. fatua* popülasyonları toplanmıştır. Toplanan *A. fatua* popülasyonlarının %71'inin ACCase inhibitörü olan diclofop-methyl'e karşı dayanıklılık gösterdiği belirtilmiştir. Diğer ACCase inhibitörü herbisitlere karşı belirgin bir dayanıklılık bulgusu bulunmamıştır.

Cruz-Hipolito *et al.* (2011), Meksika'da buğday ekim alanlarında sorun olan *A. fatua*'nın ACCase ve ALS inhibitörlerine karşı dayanıklılık durumlarını belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma sonucunda, *A. fatua*'nın tralkoxydim, clodinafop-propargyl, fluazifop-p-butyl, sethoxydim ve fenoxaprop-p-ethyl herbisitlerine karşı dayanıklılık kazandığını bildirmişlerdir. Ayrıca, ALS inhibitörü mesosulfuron-methyl ve flucarbozone-sodyum'a karşı çapraz dayanıklılık kazandığı belirtilmiştir.

Ahmad-Hamdani *et al.* (2012), Avusturya'da ACCase inhibitörü herbisitlere karşı dört *Avena* spp. popülasyonunda dayanıklılık çalışması yapmışlardır. Çalışma sonucunda, topladıkları *A. fatua* popülasyonlarının diclofop'a karşı üst düzey dayanıklılık gösterdiği, ancak ACCase inhibitörü herbisitlere dayanıklılık düzeyinin değişiklik gösterdiği belirtilmiştir.

Beckie *et al.* (2012b), Kanada'da asetil-CoA karboksilaz (ACC) veya asetolaktat sentetaz (ALS) inhibitörlerine karşı dayanıklılık kazanmış *A. fatua* biyotiplerinin hedef

bölge ve hedef bölge dışı mekanizmalarını araştırmak amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma kapsamında 16 yabancı yulaf biyotipi üzerinde araştırma yapmışlardır; bunlar dört ACCase inhibitörüne, dört ALS inhibitörüne ve sekiz hem ACCase hem de ALS inhibitörüne dayanıklı popülasyonlardır. Çalışma sonucunda, 12 ACCase inhibitörüne dayanıklı popülasyonun 8'inde mutasyon tespit etmişlerdir. ALS inhibitörüne dayanıklı 12 popülasyondan 2'sinde ALS hedef bölgesinde mutasyon tespit etmişlerdir.

Sariaslan (2013), çalışmayı 2013 yılında orum ilinde buğday ekim alanlarında sorun olan *A. fatua*'nın mesosulfuron methyl+iodosulfuron methyl ve propoxycarbazone sodium+mesosulfuron methyl herbisitlerine karşı dayanıklılık derecelerini belirlemek amacıyla yürütmüştür. Çalışma kapsamında 32 farklı tarlada *A. fatua* tohumları toplamıştır. Çalışma sonucunda, propoxycarbazone sodium+mesosulfuron methyl uygulanan 11 popülasyon ve mesosulfuron methyl+iodosulfuron methyl uygulanan 16 popülasyon yeterince kontrol edilemediği belirlenmiştir. Bir popülasyonun propoxycarbazone sodium+mesosulfuron methyl'e, 8 popülasyonun ise mesosulfuron methyl+iodosulfuron methyl'e dayanıklı olduğu tespit etmiştir.

Beckie *et al.* (2014), 2012 yılında, farklı ekim sistemlerinde *A. fatua*'nın ACCase inhibitörlerine karşı dayanıklılık seviyesini belirlemeyi araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, yabancı yulaftaki dayanıklılık sıklığının veya seviyesinin, çeşitlendirilmiş yıllık tahıl sistemlerinde en yüksek (bireylerin %42-60'ı) ve çeşitlendirilmiş yıllık çok yıllık sistemlerde en düşük (<%3) olduğunu belirtmişlerdir. Bu yabancı ottaki dayanıklılığının seçimini ve gelişimini yavaşlatmada çok yıllık bitkilerin önemini ifade etmişlerdir. Ayrıca, yıllık ürün yetiştirme sistemi çeşitliliğinin, yabancı yulafta ACCase inhibitörü dayanıklılığının gelişimini yavaşlatmak için tek başına yeterli olmadığını, ürün çeşitliliği, herbisit etki şekli çeşitliliği ve herbisit kullanımının azaltılması ile bağlantılı olduğunu vurgulamışlardır.

Türkseven ve Nemli (2015), çalışmayı 2008-2011 yılları arasında Marmara Bölgesi'nde buğday ekim alanlarında sorun olan *A. fatua* popülasyonlarının kontrolünde kullanılan herbisitlere karşı dayanıklılık durumlarını belirlemek amacıyla yürütmüşlerdir. Çalışma kapsamında, buğday üretiminin yoğun olarak yapıldığı 45

tarlada *A. fatua* popülasyonları toplamışlardır. Üretim alanlarında görülen *A. fatua* popülasyonlarının dar yapraklı yabancı otlara ruhsatlı herbisitlere karşı dayanıklılığını belirlemek amacıyla yürütülen bu çalışmada, sera denemesinde bölgede yoğun olarak kullanılan diclofop-methyl ve fenoxaprop-p-ethyl'e karşı 8 *A. fatua* popülasyonunda farklı oranlarda dayanıklılık tespit etmişlerdir. Dört popülasyonda tralkoxydim'e karşı çapraz dayanıklılığın geliştiği, ancak aynı etki mekanizmasına sahip pinoxaden'e karşı dayanıklılığa rastlanmadığı belirtilmiştir. Ayrıca, propoxycarbazone-sodium+mesosulfuron-methyl ve mesosulfuron methyl+iodosulfuron methyl-sodyum'a karşı herhangi bir çoklu dayanıklılığa rastlanmadığı ifade edilmiştir.

Keith *et al.* (2015), çalışmayı ABD Montana'da tralkoxydim, imazamethabenz, flucarbazone ve difenzoquat herbisitlerine karşı dayanıklılık kazanmış iki (R3 ve R4) *A. fatua* biyotipinin triallate, pinoxaden ve paraquat herbisitlerine karşı çoklu dayanıklılık durumunu belirlemek amacıyla yürütmüşlerdir. Çalışma sonucunda, yedi (R3) veya altı (R4) herbisite dayanıklı yabancı yulaf popülasyonlarının tespit edildiğini bildirmişlerdir.

Mangin *et al.* (2016), Kanada'da ACCase inhibitörü ve ALS inhibitörü herbisitlerine karşı dayanıklılık kazanmış *A. fatua* popülasyonlarının piroksasülfon ve sülfentrazon herbisitlerine karşı çapraz dayanıklılık durumlarını tespit etmek amacıyla bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda, *A. fatua* popülasyonlarından birinin piroksasülfon (2,78) ve sülfentrazona (2,0) karşı çapraz dayanıklılık geliştirdiğini belirtmişlerdir.

Keith *et al.* (2017), Montana'daki ABD tahıl ürünlerinde tüm seçici herbisit ailelerine dayanıklı *A. fatua* ve hassas popülasyonlar arasındaki hedef bölge dışı dayanıklılık mekanizmalarını analiz etmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda, dayanıklı bireylerin hassas bireyler ile karşılaştırıldığında ksenobiyotik katabolizma, stres tepkisi, redoks bakımı ve transkripsiyonel düzenlemede abiyotik strese toleranslı fenotiplere benzer işlevlere sahip, yapısal olarak yüksek seviyelerde diferansiyel olarak eksprese edilen genler (DEG'ler) içerdiği tespit edilmiştir. Proteom karşılaştırmaları, dayanıklı bireylerde biyosentetik ve çok işlevli enzimler dahil olmak üzere benzer şekilde yüksek proteinleri ortaya çıkarmıştır. Sonuç olarak, yoğun herbisit kullanımının, abiyotik stres etmenlerine benzer, değiştirilmiş ve yapısal olarak

düzenlenmiş gen ekspresyonu kalıplarına sahip dayanıklı popülasyonlar için seçildiği ifade edilmiştir.

Martín ve Scursioni (2018), Arjantin’de buğday ekim alanlarında sorun olan *A. fatua*’ya karşı ACCase ve ALS inhibitörü herbisitlerin kullanılmasına rağmen *A. fatua* tohumlarının hasattan sonra bile buğday veya arpa tohumlarına karıştığını aktarmışlardır. Bu nedenle *A. fatua*’nın bu herbisitlere karşı dayanıklılık kazandığı düşünülmektedir. Bu düşünceden hareketle, belirtilen buğday tarlalarında *A. fatua*’nın ACCase ve ALS inhibitörü herbisitlere karşı dayanıklılık durumunu belirlemek için çalışmalara devam etmişlerdir. Çalışma kapsamında 20 farklı lokasyondan *A. fatua* tohumları toplamışlardır. Elde edilen bulgular, *A. fatua*’nın herbisitlere karşı dayanıklılık geliştirmediğini göstermektedir.

Alwarnaidu Vijayarajan *et al.* (2020), İrlanda’da tahıl ekimi yapılan alanlarda toplanılan *A. fatua* popülasyonlarının ACCase inhibitörü pinoxaden, propaquizafop ve sikloksidim’e karşı dayanıklılık durumunu incelemişlerdir. Çalışma kapsamında 6 *A. fatua* popülasyonu analiz edilmiştir. Sonuç olarak, bu altı popülasyondan dördünün pinoxaden, propaquizafop ve sikloksidim herbisitlerine karşı duyarlılığının azaldığını rapor etmişlerdir. Ayrıca, diğer popülasyondan birinin pinoksaden ve propaquizafop’a karşı çapraz dayanıklı, diğerinin ise yalnızca propaquizafop’a dayanıklı olduğu bildirilmişlerdir.

Raza *et al.* (2021), Pakistan’ın Pencap kentindeki Sargodha bölgesinde çeşitli yerlerden şüpheli *A. fatua* tohumlarını toplamış ve 2018-2019 döneminde klodinafop-propargyl’in dayanıklılık durumunu belirlemek amacıyla araştırmalarını sürdürmüşlerdir. Çalışma sonucunda, üç biyotipin (AF-SS-4, AF-SS-5 ve AF-KSB-1) klodinafop-propargil’e dayanıklı olduğunu bildirmişlerdir. Dayanıklı biyotiplerin ölüm yüzdesinin 2X dozda sırasıyla, %53, %59 ve %83 oranlarında olduğunu vurgulamışlardır.

Buddenhagen *et al.* (2021), herbisite dayanıklı yabancı otların yaygınlığını belirlemek için Yeni Zelanda’nın Canterbury bölgesinde 87 buğday ve arpa çiftliğinde rastgele araştırmalar yapmışlardır. Çalışmada üç etki mekanizmasına sahip herbisitler kullanmışlardır. Bunlar arasında ACCase inhibitörü olan haloxyfop, fenoxaprop,

clodinafop, pinoxaden, clethodim, ALS inhibitörleri 10dosulfuron, piroksikam, nicosulfuron ve 5-enol pirüvik şikimat 3-fosfat sentaz (EPSPS) inhibitörü glifosat bulunmaktadır. Çalışma sonucunda, 87 çiftliğin 42'sinde (%48) yabancı otların herbisit uygulamalarından ölmediği tespit edilmiştir. Ayrıca, 35 çiftlikte (%40) ALS inhibitörlerine ve 20 çiftlikte (%23) ACCase inhibitörlerine karşı dayanıklılık gözlemlenmiştir. ACCase inhibitörlerine, ALS inhibitörlerine ve glifosata *A. fatua* sırasıyla çiftliklerin %9, %1, %0 oranında dayanıklılık kazandığını bildirmişlerdir.

Tafoya-Razo *et al.* (2022), Meksika'nın Bajio bölgesindeki 70 buğday ve arpa tarlalarında sorun oluşturan *A. fatua* popülasyonlarının dayanıklılık mekanizmalarını araştırmayı hedeflemişlerdir. Çalışma sonucunda, çiftliklerin %70'inin hedef bölge dayanıklılığı (TSR) gösteren biyotiplere sahip olduğu bildirilmiştir. En yaygın mutasyonlar Trp-1999-Cys, Asp-2078-Gly ve Ile-2041-Asn şeklindedir ve bu tür mutasyonların bazıları ACCase inhibe edici herbisitlere çapraz dayanıklılık sağladığı ifade edilmiştir. Elde ettikleri sonuçlara dayanarak, Bajio'da her iki dayanıklılık mekanizması için birden fazla seçim alanının bulunduğunu doğrulamışlar ve bu durumu coğrafi bir dayanıklılık mozaığı olarak değerlendirmişlerdir.

Epigenetik, yabancı ot ve herbisit dayanıklılığı ile ilgili yapılan çalışmalar

Nardemir *et al.* (2015), glifosatın buğday (*Triticum aestivum*) genomu üzerindeki genotoksik etkilerini incelemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, herbisit beş farklı konsantrasyonu kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, glifosat dozları kontrol grubuyla karşılaştırıldığında, glifosat uygulamalarının tamamının metilasyondan oluştuğu tespit etmişlerdir. Metilasyon seviyelerinin %28,3 ile %73,9 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Kim *et al.* (2017), glifosatın iki farklı dozunun *Arabidopsis thaliana* bitkisine uygulandığında metilasyon değişikliklerine yol açtığını bildirmişlerdir. Herbisit hasarının, genom boyunca 9.205 farklı şekilde metillenmiş bölgeye neden olduğu gözlemlenmiştir. Toplamda, bu DMR'lerin (diferansiyel metilasyon bölgeleri) 5.914'ü doza bağlı olarak indüklendiği ve metilasyon seviyelerinin, herbisit hasarının ciddiyetiyle pozitif korelasyon gösterdiği ortaya koymuşlardır. Bitkilerin, stresin ciddiyetine bağlı olarak metilasyon değişikliklerinin büyüklüğünü modüle edebildiğini

öne sürmüşlerdir. Ayrıca, glifosatın neden olduğu DMR'lerle ilişkili 3.680 genden yalnızca %7'sinin, biyotik veya tuzluluk stresine tepki olarak metilasyon değişikliklerinde rol oynadığını ifade etmişlerdir. Bu sonuçlar, bitkilerin herbisit stresine, genel olarak doza duyarlı ve en azından kısmen strese özgü metilasyon modellerindeki değişiklikler aracılığıyla yanıt verdiğini ifade etmişlerdir.

Margaritopoulou *et al.* (2018), glifosata dayanıklı ve duyarlı *Conyza canadensis* yabancı ot türünü incelemek için sodyum bisülfiti, CpG di nükleotidleri içindeki sitozin kalıntılarının C5 konumunda meydana gelen epigenetik değişiklikleri saptamak amacıyla kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, *Conyza canadensis*'in dayanıklı ve duyarlı popülasyonları arasında farklı metilasyon modellerinin gözlemlendiğini ifade etmişlerdir.

Tafoya-Razo *et al.* (2019), *A. fatua*'ya karşı clodinafop-propargil ruhsatlı dozunu (1, 0.1, 0.001, 0.0001 ve 0x) kullanarak dört farklı doz seyreltip uygulamışlardır. Sonuç olarak, önerilen dozun 10.000 kat seyreltilmesinin bile bitkilerin metabolizmasında önemli değişikliklere yol açabileceği ve bu değişikliğin biyolojik döngü boyunca kalıcı olabileceğini belirtmişlerdir. Bunun yanı sıra, *A. fatua* bitkilerinde biyokütle birikimi ve hayatta kalma oranında artış gözlemlenmiştir. Ayrıca, tarla çevresinde yetişen yabancı otlarla teması önlemek amacıyla herbisit sürüklenmesini önleyen daha iyi uygulama yöntemlerinin geliştirilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Benedetti *et al.* (2020), ısı stresi (HS) ve öldürücü olmayan herbisit dozlarının (dört aktif bileşen) adaptif gen ekspresyonu üzerindeki birleşik etkisini ve herbisitlerin *Echinochloa colona* (L.) Link üzerindeki etkinliğini araştırmak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada herbisit olarak florpiauxifen-benzil, glufosinat-amonyum, imazetapir, kuinklorak ve işlenmemiş kontrol kullanılmış ve 30 ile 45 °C sıcaklıkları uygulanmışlardır. Herbisitler, önerilen dozun 0.125 katı oranında kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, bu genlerin pozitif düzenlenmesinin, *E. colona*'nın bu herbisitlere karşı artan toleransını gösterdiğini belirtmişlerdir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Materyal

Çalışmada, Iğdır ili ve ilçelerinde 50 buğday tarlasından toplanan yabani yulaf (*Avena fatua* L.) tohumları kullanılmıştır. Toplanan tohumlar, morfolojik, dayanıklılık ve epigenetik çalışmalarda kullanılmıştır.

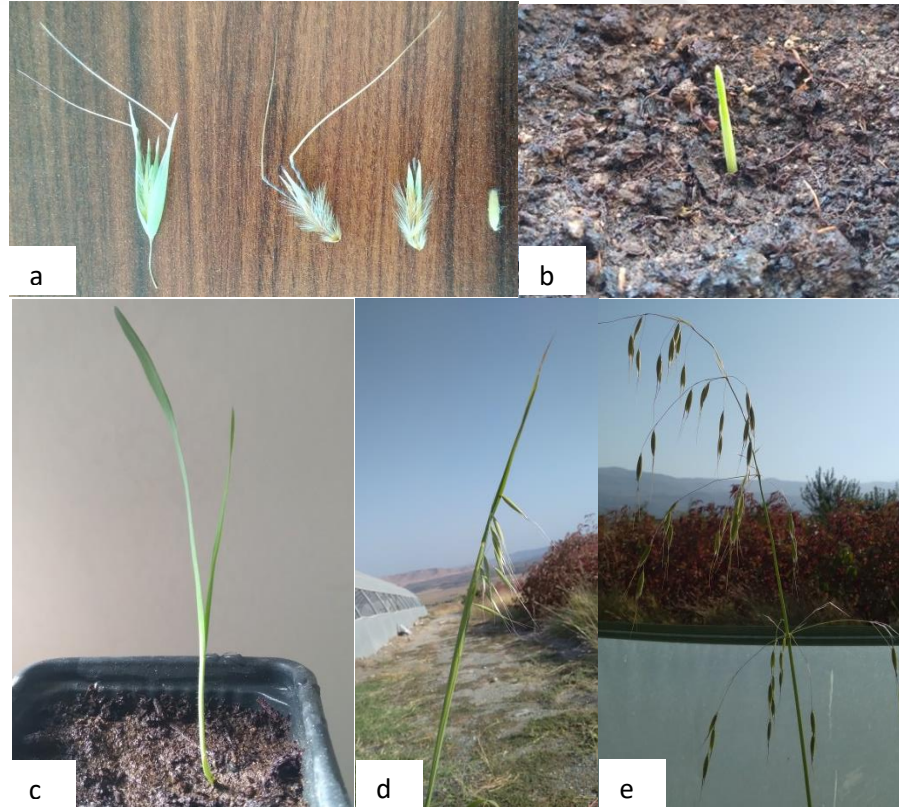
3.1.1. *Avena fatua* L'nin genel özellikleri

Familiya: Poaceae

Cins: *Avena* L.

Tür: *Avena fatua* L.

A. fatua, tek yıllık bir bitki olup, boyu 130 cm'ye kadar ulaşabilir. Başak, bileşik başak şeklinde olup, başakcıklar büyüktür ve her başakcık 2-3 çiçek içerir. İç kavuzlar, ucu 2-4 çentikli olup, sarıdan kırmızımsı kahverengine kadar değişen renklere sahiptir ve 4 cm uzunluğunda kılçıklıdır (Uygur *et al.*, 1986) (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. *Avena fatua*'ya ait görseller (a: tohum, b: ilk çıkış, c: iki yapraklı, d: olgun, e: tam olgun dönem)

3.1.2. Araştırma alanı

Araştırmanın yürütüldüğü Iğdır, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Erzurum-Kars bölümünde yer almaktadır. İl, güneyinde Ağrı, doğu ve güneydoğusunda Nahçıvan ile İran, batı ve kuzeybatısında ise Kars ili ile çevrilidir. Kuzey ve kuzeydoğu sınırını Aras Nehri ile bu nehrin yatağı boyunca uzanan Ermenistan sınırı oluşturmaktadır. Iğdır'ın üç ilçesi bulunmaktadır: Karakoyunlu, Aralık ve Tuzluca. Coğrafi konumu itibarıyla Iğdır, 39°-41° kuzey enlemleri ve 43°-45° doğu boylamları arasında yer almakta olup, rakımı 800 m ve yüzölçümü 3,539 km²'dir. Bölgenin doğal yapısı, yaklaşık %74 dağlık ve %26 ovalık araziden oluşmaktadır. Orman varlığı bakımından oldukça fakir olan Iğdır, hem dağlık hem de ovalık bölgelerinde bozkır görünümündeki doğal bitki örtüsüyle dikkat çekmektedir (Şekil 3.2). Ovada kışlar, Erzurum-Kars yaylasına göre daha yumuşak, yazlar ise daha uzun ve sıcak geçer. Kentte yazın 41 °C'yi aşan hava kışın ise -30 °C'ye kadar düşen sıcaklıklarına rastlanır. Ayrıca ülkemizin en az yağış alan yörelerimizden biridir (Anonim, 2024a).



Şekil 3.2. Iğdır ili haritası (Anonim 2024b)

A. fatua tohumları toplamak amacıyla girilen buğday tarlalarının, bölgeyi temsil edecek şekilde ve yeterli sayıda olmasına özen gösterilmiştir. Sürvey sayıları, her ilçedeki buğday ekim alanlarının oranlarına göre belirlenmiştir. Fakat ilçelere göre gidilen buğday tarlalarının bazılarında *A. fatua*'nın bulunmaması ya da çalışmada kullanılacak yeterlilikte olmamasından dolayı örnek sayıları *A. fatua*'nın bulunduğu ekim alanlarından toplanmıştır. Ayrıca Bitki Koruma Ürünleri Bayileri ile görüşülüp

çiftçilerin özellikle şikâyetle bulunduğu tarlalarda gidilmiştir. Kontrol amaçlı olarak kullanılan hassas örnekler ise daha önce hiç herbisit uygulanmamış çayır ve mera gibi tarım dışı alanlardan toplanmıştır. Iğdır ili ve ilçelerinde buğday ekim alanları ve ilçelere göre toplanılan örnek sayıları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Iğdır ili buğday ekim alanları ve her ilçede alınan örnek sayıları

İlçeler	Ekim alanı (da)	%	Örnek sayısı (adet)
Aralık	17.400	8,6	1
Karakoyunlu	9.155	4,5	5
Merkez	65.000	32,4	29
Tuzluca	110.000	54,5	15
Toplam	201.555	100	50

Örnekleme noktaları ve arazi verileri haritalama işleminde kullanılmak üzere ise GPS (Global Position System) aletiyle kaydedilmiştir. *A. fatua* tohumlarının toplanıldığı buğday tarlalarının GPS cihazıyla kaydedilen konumları Çizelge 3.2’de ve *A. fatua* tohumlarının toplanmasına ait görseller Şekil 3.3’te sunulmuştur.

Çizelge 3.2. *Avena fatua* tohumlarının toplanıldığı buğday tarlalarının GPS cihazıyla kaydedilen konumları

Kod	Köy	N	E
IĞR0	Çayır Mera		
IĞR1	Ali Kamerli/Merkez	39° 57" 00	43° 58" 25
IĞR2	Yukarıçarıkcı/Merkez	39° 58" 08	43° 55" 54
IĞR3	Yukarıçarıkcı/Merkez	39° 57" 36	43° 56" 48
IĞR4	Yaycı/Merkez	39° 56" 28	43° 58" 35
IĞR5	Hoşhaber/Merkez	39° 55" 40	43° 59" 46
IĞR6	Karakoyunlu	39° 58" 28	44° 11" 13
IĞR7	Melekli/Merkez	39° 56" 47	44° 06" 35
IĞR8	Akyumak/Merkez	39° 58" 31	44° 03" 02
IĞR9	Çakırtaş/Merkez	40° 01" 03	44° 04" 16

Çizelge 3.2 (devam)

Kod	Köy	N	E
IĞR10	Zülfikarköy/Karakoyunlu	40° 01" 03	44° 04" 16
IĞR11	Zülfikarköy/Karakoyunlu	40° 01" 13	44° 06" 59
IĞR12	Mürşitali/Karakoyunlu	39° 59" 12	44° 09" 26
IĞR13	Enginalan/Merkez	39° 57" 55	44° 01" 44
IĞR14	Enginalan/Merkez	39° 58" 56	44° 01" 32
IĞR15	Akyumak/Merkez	39° 59" 03	44° 01" 36
IĞR16	Akyumak/Merkez	39° 59" 09	44° 01" 35
IĞR17	Hakveyis/Merkez	39° 57" 06	44° 01" 21
IĞR18	Kasımcan/Merkez	39° 57" 49	44° 00" 39
IĞR19	Kasımcan/Merkez	39° 57" 47	44° 00" 33
IĞR20	Kasımcan/Merkez	39° 57" 47	44° 00" 24
IĞR21	Enginalan/Merkez	39° 57" 57	44° 00" 44
IĞR22	Kasımcan/Merkez	39° 57" 43	44° 00" 12
IĞR23	Obaköy/Merkez	39° 57" 50	43° 59" 59
IĞR24	Hakveyis/Merkez	39° 57" 10	44° 00" 19
IĞR25	Yaycı/Merkez	39° 57" 27	43° 57" 32
IĞR26	Ali Kamerli/Merkez	39° 57" 43	43° 57" 17
IĞR27	Ali Kamerli/Merkez	39° 57" 52	43° 57" 04
IĞR28	Yukarıçarıkçı/Merkez	39° 58" 03	43° 57" 04
IĞR29	Yukarıçarıkçı/Merkez	39° 57" 53	43° 56" 55
IĞR30	Obaköy/Merkez	39° 58" 04	43° 57" 13
IĞR31	Obaköy/Merkez	39° 58" 11	43° 57" 27
IĞR32	Obaköy/Merkez	39° 58" 16	43° 57" 50
IĞR33	Obaköy/Merkez	39° 58" 09	43° 57" 57
IĞR34	Taşburun/Karakoyunlu	39° 59" 01	44° 15" 35
IĞR35	Tuzluca	40° 04" 11	43° 39" 53
IĞR36	Aşağı/Tuzluca	40° 04" 13	43° 39" 50
IĞR37	Aşağı/Tuzluca	40° 05" 52	43° 39" 22
IĞR38	Çıyıklı/Tuzluca	40° 04" 37	43° 39" 43

Çizelge 3.2 (devam)

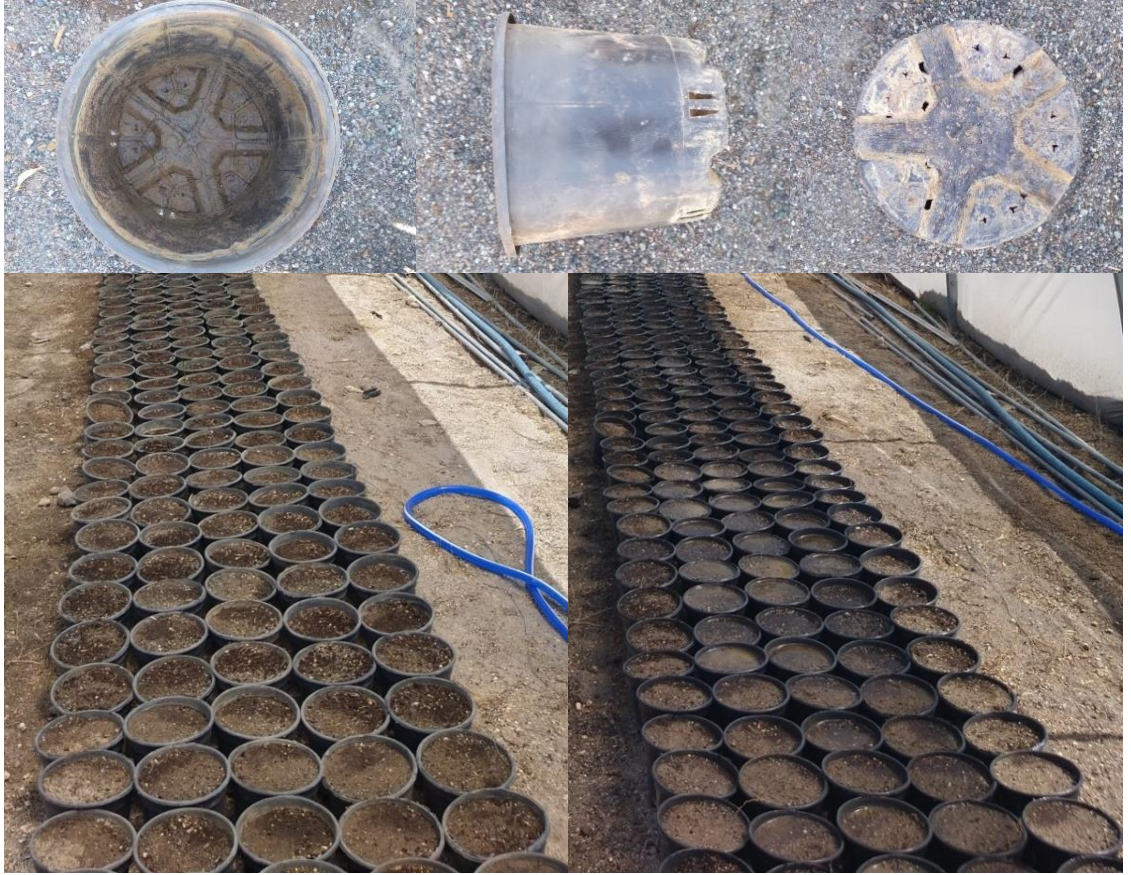
Kod	Köy	N	E
IĞR39	Aşağı/Tuzluca	40° 03" 56	43° 40" 16
IĞR40	Köprübaşı/Tuzluca	40° 02" 24	43° 45" 42
IĞR41	Üçkaya/Tuzluca	39° 57" 12	43° 65" 90
IĞR42	Üçkaya/Tuzluca	39° 58" 11	43° 39" 42
IĞR43	Buruksu/Tuzluca	39° 58" 17	43° 40" 43
IĞR44	Buruksu/Tuzluca	39° 57" 46	43° 41" 08
IĞR45	Üçkaya/Tuzluca	39° 57" 22	43° 39" 33
IĞR46	Köprübaşı/Tuzluca	40° 03" 03	43° 43" 40
IĞR47	Köprübaşı/Tuzluca	40° 03" 01	43° 43" 46
IĞR48	Turabi/Tuzluca	40° 04" 26	43° 45" 33
IĞR49	Turabi/Tuzluca	40° 04" 34	43° 45" 34
IĞR50	Hacıağa/Aralık	40° 04" 30	43° 45" 30



Şekil 3.3. *Avena fatua* tohumlarının toplandığı konumlar ve toplanmasına ait görseller (a: tohumların toplandığı konumlar, b: *Avena fatua* bulaşık buğday tarlası, c: *Avena fatua* tohumlarının toplanılması)

3.1.3. Morfolojik çalışmalarda kullanılan materyaller

Morfolojik özellikleri belirlemek amacıyla *A. fatua* tohumları, 15x15 cm boyutundaki saksılara ekilmiştir (Şekil 3.4). Her saksıya 10 bitki olacak şekilde ekim gerçekleştirilmiştir. Bu saksılarda, elenmiş ve sterilize edilmiş toprak, kum ve elenmiş ahır gübresi karışımı kullanılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.4. Morfolojik çalışma için kullanılan saksılara ait görseller



Şekil 3.5. Toprak harcı olarak kullanılan bahçe toprağı, inşaat kumu ve hayvan gübresine ait görseller

3.1.4. Dayanıklılık çalışması için kullanılan materyaller

Araştırmada kullanılan herbisitlerden biri, ACCase inhibitörü olan clodinafop-propargyl (20 ml/da) iken diğeri, ALS inhibitörü olan mesosulfuron-methyl + mefenpyr-diethyl (safener) (40 ml/da + 100 ml) aktif maddeli herbisitlerdir. Clodinafop-propargyl: ACCase inhibitörü olarak, bitkinin yağ asidi sentezini engelleyerek özellikle graminlerin (otların) büyümesini inhibe eder. Mesosulfuron-methyl: ALS inhibitörü olarak, amino asit sentezini bozarak yabancı otların kontrolünde etkilidir. Mefenpyr-diethyl ise bu herbisit etkinliğini artırmak amacıyla kullanılan bir safenerdir. Bu herbisitlerin aktif maddeleri, formülasyonları, etki mekanizmaları, tavsiye dozları ve etkiledikleri yabancı otlar hakkında detaylı bilgiler Çizelge 3.3'te sunulmuştur.

Çizelge 3.3. Herbisitler aktif maddeleri, formülasyonları, etki mekanizmaları, tavsiye dozları ve etki ettikleri yabancı otlar

Etkili madde	Formülasyon	Etki mekanizmaları	Tavsiye edilen doz	Etkilediği yabancı otlar
Clodinafop-propargyl	EC	ACCcase (A/1)	20 ml/da	Yabani yulaf (<i>Avena fatua</i>) , Yabani yulaf (<i>Avena sterilis</i>), Kuş yemi (<i>Phalaris</i> spp.), Tilki kuyruğu (<i>Alopecurus myosuroides</i>), Delice (<i>Lolium temulentum</i>)
Mesosulfuron-methyl + Mefenpyr-diethyl (safener)	OD	ALS (B/2)	40 ml/da+ 100 ml yayıcı yapıştırıcı	Yabani yulaf (<i>Avena fatua</i>) , Kısır yabani yulaf (<i>Avena sterilis=Avena ludoviciana</i>), Kuş otu (<i>Phalaris</i> spp., <i>P.minor</i> , <i>P. brachystachys</i>), Tilkikuyruğu (<i>Alopecurus myosuroides</i>), İtalyan Çimi (<i>Loium multiflorum</i>)

Araştırmada, herbisit uygulamaları için 25 litre depo kapasitesine sahip, benzin motorlu ve yelpaze hüzmeli başlıklarla donatılmış bir sırt pülverizatörü kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan pülverizatörün teknik özellikleri Çizelge 3.4'te, görseli ise Şekil 3.6'da sunulmuştur.

Çizelge 3.4. Çalışmada kullanılan pülverizatörün teknik özellikleri

Özellikler	Değerler
Güç	1,2 HP - 0,9 kW
Silindir hacmi	25,4 cm ³
İlaç tankı kapasitesi	25 L
Maximum debi	8 L/dak
Maksimum basınç	35 Kg/cm ²
Ses basıncı/gücü seviyesi	93/101 dB(A)
Ağırlık	9,0 Kg



Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan sırt pülverizatörüne ait görseller

Dayanıklılık çalışmaları kapsamında, her birine 10 bitki ekilecek şekilde 7x7 cm boyutlarında saksılar kullanılmıştır. Saksılara elenmiş ve sterilize edilmiş toprak, kum ve elenmiş ahır gübresi karışımı kullanılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Çalışmada kullanılan saksılar ve toprak harcı olarak kullanılan toprak, inşaat kumu ve hayvan gübresine ait görseller (a: kullanılan saksılar, b: kullanılan toprak harcı)

Araştırma sonucunda toplanan yabancı otların kuru ağırlıkları, hassas bir terazi ve yabancı otlar kurutma işlemi için Nüve FN120 tip bir etüv kullanılmıştır. Etüv, bitkilerin uygun sıcaklık koşullarında homojen bir şekilde kurumasını sağlamak amacıyla kullanılmıştır.

3.1.5. Epigenetik çalışmada kullanılan materyaller

Epigenetik çalışmalar için her birine 5 bitki ekilecek şekilde 7x7 cm boyutlarında saksılar kullanılmıştır. Bitki gelişiminin homojen olmasını sağlamak ve dış etkenlerden kaynaklanabilecek olası etkileri minimize etmek amacıyla, saksılara sterilize edilmiş toprak, kum ve elenmiş ahır gübresi kullanılmış. Araştırma kapsamında, toplamda 16 farklı örnek (ALS dayanıklı popülasyon 4 örnek ve ALS hassas popülasyon için 4 örnek, ACCase dayanıklı popülasyon 4 örnek ve ACCase hassas popülasyon için 4 örnek) sera koşullarında yetiştirilmiş ve bu örnekler üzerinde kontrol grubu ile 3 farklı doz herbisit uygulaması gerçekleştirilmiştir. Dayanıklı olan popülasyon için, 1 kontrol ve 3 farklı ALS inhibitörü herbisit dozu ile birlikte 3 farklı ACCase inhibitörü dozu uygulanmıştır. Benzer şekilde, hassas olan popülasyon için de 1 kontrol ve 3 farklı ALS herbisit dozu ile 3 farklı ACCase herbisit dozu uygulanmıştır.

Bu denemeler sonucunda, 16 örneğin tamamından DNA izolasyonu yapılmıştır (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Çalışmada gDNA ekstraksiyonu için toplanılan bitki materyaline ait bilgiler

No	Materyal ve Uygulaması
Uygulama-1	ALS'ye dayanıklı <i>Avena fatua</i> çeşidi için doz uygulanmamış örnek
Uygulama-2	ALS'ye dayanıklı <i>Avena fatua</i> çeşidi için N/2 doz uygulanmış örnek
Uygulama-3	ALS'ye dayanıklı <i>Avena fatua</i> çeşidi için N doz uygulanmış örnek
Uygulama-4	ALS'ye dayanıklı <i>Avena fatua</i> çeşidi için 2N doz uygulanmış örnek
Uygulama-5	ALS'ye hassas <i>Avena fatua</i> çeşidi için doz uygulanmamış örnek
Uygulama-6	ALS'ye hassas <i>Avena fatua</i> çeşidi için N/2 doz uygulanmış örnek
Uygulama-7	ALS'ye hassas <i>Avena fatua</i> çeşidi için N doz uygulanmış örnek
Uygulama-8	ALS'ye hassas <i>Avena fatua</i> çeşidi için 2N doz uygulanmış örnek
Uygulama-9	ACCCase'ye dayanıklı <i>Avena fatua</i> çeşidi için doz uygulanmamış örnek
Uygulama-10	ACCCase'ye dayanıklı <i>Avena fatua</i> çeşidi için N/2 doz uygulanmış örnek
Uygulama-11	ACCCase'ye dayanıklı <i>Avena fatua</i> çeşidi için N doz uygulanmış örnek
Uygulama-12	ACCCase'ye dayanıklı <i>Avena fatua</i> çeşidi için 2N doz uygulanmış örnek
Uygulama-13	ACCCase'ye hassas <i>Avena fatua</i> çeşidi için doz uygulanmamış örnek
Uygulama-14	ACCCase'ye hassas <i>Avena fatua</i> çeşidi için N/2 doz uygulanmış örnek
Uygulama-15	ACCCase'ye hassas <i>Avena fatua</i> çeşidi için N doz uygulanmış örnek
Uygulama-16	ACCCase'ye hassas <i>Avena fatua</i> çeşidi için 2N doz uygulanmış örnek

Epigenetik analizlerde, DNA metilasyonunu incelemek amacıyla 43 farklı IPBS (Inter-Primer Binding Site) primeri 1 numaralı gDNA ile taranmıştır. Yapılan testler sonucunda, yalnızca 12 primer (IPBS 2218, IPBS 2224, IPBS 2228, IPBS 2376, IPBS 2239, IPBS 2272, IPBS 2083, IPBS 2231, IPBS 2255, IPBS 2225, IPBS 2402 ve IPBS 2378) polimorfik bantlar üreterek IPBS-PCR analizlerinde kullanılmaya uygun bulunmuştur (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Analiz için kullanılan iPBS primer bilgileri

No	IPBS Primer İsmi	Primer Baz Dizisi	T _m °C
1	2074	GCTCTGATACCA	50
2	2075	CTCATGATGCCA	50
3	2077	CTCACGATGCCA	55
4	2083	CTTCTAGCGCCA	55
5	2085	ATGCCGATACCA	53
6	2087	GCAATGGAACCA	52
7	2095	GCTCGGATACCA	53
8	2217	ACTTGGATGTCGATACCA	52
9	2218	CTCCAGCTCCGATTACCA	51
10	2219	GAACTTATGCCGATACCA	53
11	2222	ACTTGGATGCCGATACCA	53
12	2224	ATCCTGGCAATGGAACCA	55
13	2225	AGCATAGCTTTGATACCA	55
14	2226	CGGTGACCTTTGATACCA	53
15	2228	CATTGGCTCTTGATACCA	53
16	2229	CGACCTGTTCTGATACCA	52
17	2230	TCTAGGCGTCTGATACCA	53
18	2231	ACTTGGATGCTGATACCA	52
19	2232	AGAGAGGCTCGGATACCA	55
20	2239	ACCTAGGCTCGGATGCCA	55
21	2249	AACCGACCTCTGATACCA	51

Çizelge 3.6. (Devam)

No	IPBS Primer İsmi	Primer Baz Dizisi	Tm °C
22	2251	GAACAGGCGATGATACCA	53
23	2252	TCATGGCTCATGATACCA	52
24	2253	TCGAGGCTCTAGATACCA	51
25	2255	GCGTGTGCTCTCATAACCA	52
26	2272	GGCTCAGATGCCA	55
27	2276	ACCTCTGATACCA	50
28	2277	GGCGATGATACCA	50
29	2278	GCTCATGATACCA	50
30	2279	AATGAAAGCACCA	50
31	2374	CCCAGCAAACCA	53
32	2375	TCGCATCAACCA	50
33	2376	TAGATGGCACCA	52
34	2378	GGTCCTCATCCA	53
35	2386	CTGATCAACCCA	52
36	2387	GCGCAATACCCA	52
37	2388	TTGGAAGACCCA	50
38	2389	ACATCCTTCCCA	52
39	2390	GCAACAACCCCA	55
40	2393	TACGGTACGCCA	50
41	2394	GAGCCTAGGCCA	55
42	2401	AGTTAAGCTTTGATACCA	53
43	2402	TCTAAGCTCTTGATACCA	52

3.2. Yöntem

3.2.1. *Avena fatua* L. tohumlarının toplanması ve temizlenmesi

İğdır ili ilçelerinde, tesadüfi olarak buğday ekim alanlarından çalışmanın ana materyali olan *A. fatua* tohumları toplanmıştır. Toplama işleminin ardından, tohumlar kurutma sürecine tabi tutulmuştur. Kuruma işleminin ardından, tohumlar dış etmenlerden arındırılarak temizlenmiş ve tohumlar dormansi kırılması işlemine tabi tutulmuştur. *A. fatua* tohumlarının toplanılması ve temizlenmesine ait iş akış şeması Şekil 3.8’de sunulmuştur.



Şekil 3.8. *Avena fatua* tohumlarının toplanılması ve temizlenmesine ait iş akış şeması (a: *Avena fatua* bulaşık tarla, b: tohumların toplanması, c: tohumların kurutulması, d-e: tohumların temizlenmesi, f: *Avena fatua* tohumları, g: tohumların dormansileri kırılması)

A. fatua tohumları toplamak amacıyla girilen tarlalarda, *A. fatua* yoğunluk seviyesi %10'un üzerinde olan alanlardan tohumlar toplanmıştır. Bu çalışma sonucunda, toplamda 50 buğday tarlasında her bir tarladan yaklaşık 1 kg *A. fatua* tohumu toplanmıştır.

Tohumların toplanmasında, yoğun olarak herbisit kullanılan tarlalar tercih edilmiştir. Buğday tarlalarındaki herbisit kullanımını hakkında bilgi almak için bayiler ve çiftçilerle görüşülmüş, herbisitlerin yoğun olarak uygulandığı tarlalardan örnekler alınmıştır. Toplanan *A. fatua* tohumları, çuvallara konulmuş ve GPS cihazıyla belirlenen konum bilgileri yazılarak bu çuvalların içine yerleştirilmiştir. Daha sonra, buğday tarlalarında toplanan *A. fatua* tohumları, Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü Ziraat Fakültesi Herboloji Laboratuvarı'na getirilmiş ve kurumaları için 20 gün boyunca serilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. *Avena fatua* tohumlarının toplanılması ve kurutulmasına ait görseller

A. fatua tohumları, Herboloji laboratuvarın'da kurutulmuş ve ardından temizlenmiştir. Temizleme işlemi tamamlandıktan sonra, tohumların dormansilerini kırmak amacıyla 4 °C'de 2 ay boyunca Herboloji Laboratuvarı'nın buzdolabında bekletilmiştir. *A. fatua* tohumlarının temizlenme aşamasına ait görseller Şekil 3.10'da sunulmuştur.



Şekil 3.10. *Avena fatua* tohumlarının temizlenme ve dormansi kırma aşamalarına ait görseller

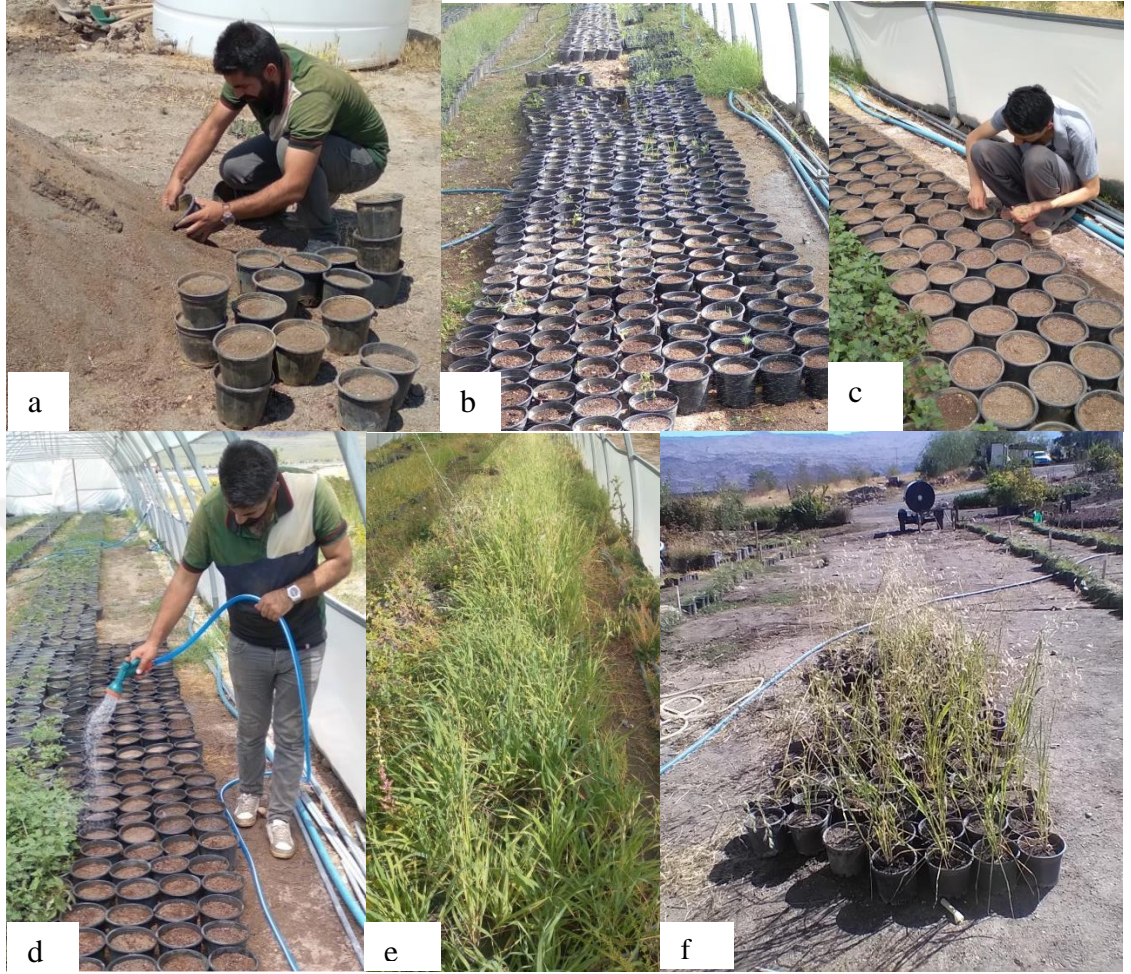
3.2.2. Morfolojik çalışması

Morfolojik özelliklerin belirlenmesi, *A. fatua* gibi yabancı ot türlerinin tanımlanması ve ekolojik adaptasyonlarının anlaşılması açısından büyük önem taşır. *A. fatua* morfolojik özelliklerini belirlemek için yapılan çalışmalara ait iş akış şeması Şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.11. Morfolojik çalışmaya ait iş akış şeması (a: saksıların toprak harcı ile doldurulması, b: *Avena fatua* tohumları, c: tohumların ekimi, d: ilk sulama, e: bitkilerin büyümesi, f: morfolojik ölçümlerin alınması, g: hasat işlemi)

A. fatua popülasyonlarının morfolojik özelliklerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, Deneme tasarımı, tesadüf parseller desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Morfolojik özellikleri belirlemek amacıyla, *A. fatua* tohumları, boyutları 15x15 cm olan saksılara 10 bitki olacak şekilde 12.04.2022 tarihinde ekilmiştir. Saksı başına en erken çimlenme gösteren 5 bitki etiketlenmiş ve bu bitkiler, 1:1:1 oranlarında sterilize edilmiş toprak, kum ve elenmiş ahır gübresi ile doldurulmuş saksılara aktarılmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Morfolojik özellikler belirlemek için yapılan çalışma ile ilgili görseller (a: saksıların toprak harcı ile doldurulması, b-c *Avena fatua* tohumlarının ekimi, d: ilk sulama, e: bitkilerin büyümesi, f: hasat işlemi)

Bitkilerin tohumdan tohuma biyolojik evreleri takip edilerek ve morfolojik parametre verileri alınmıştır. İncelenmiş olan morfolojik parametreler; bitki boyu (cm), gövde çapı (mm), yaprak uzunluğu (cm), başak uzunluğu (cm), başakçık uzunluğu (cm), toplam çiçek sayısı (adet) ve toprak üstü yaş/kuru biomas (g) şeklinde olmuştur.

Bitki Boyu (cm): Bitkilerin tohumdan itibaren en yüksek noktalarına kadar olan uzunlukları, metre kullanılarak ölçülmüştür. Ölçüm, bitkinin kök kısmının toprak seviyesine olan mesafesi dikkate alınarak yapılmıştır.

Gövde çapı (mm): Gövde çapı ölçümleri, bitkinin toprak yüzeyinden 10 cm yukarısındaki bölgesinden alınmıştır. Ölçüm, dijital kumpas kullanılarak yapılmış ve her bitkinin çapı milimetre cinsinden hassasiyetle kaydedilmiştir.

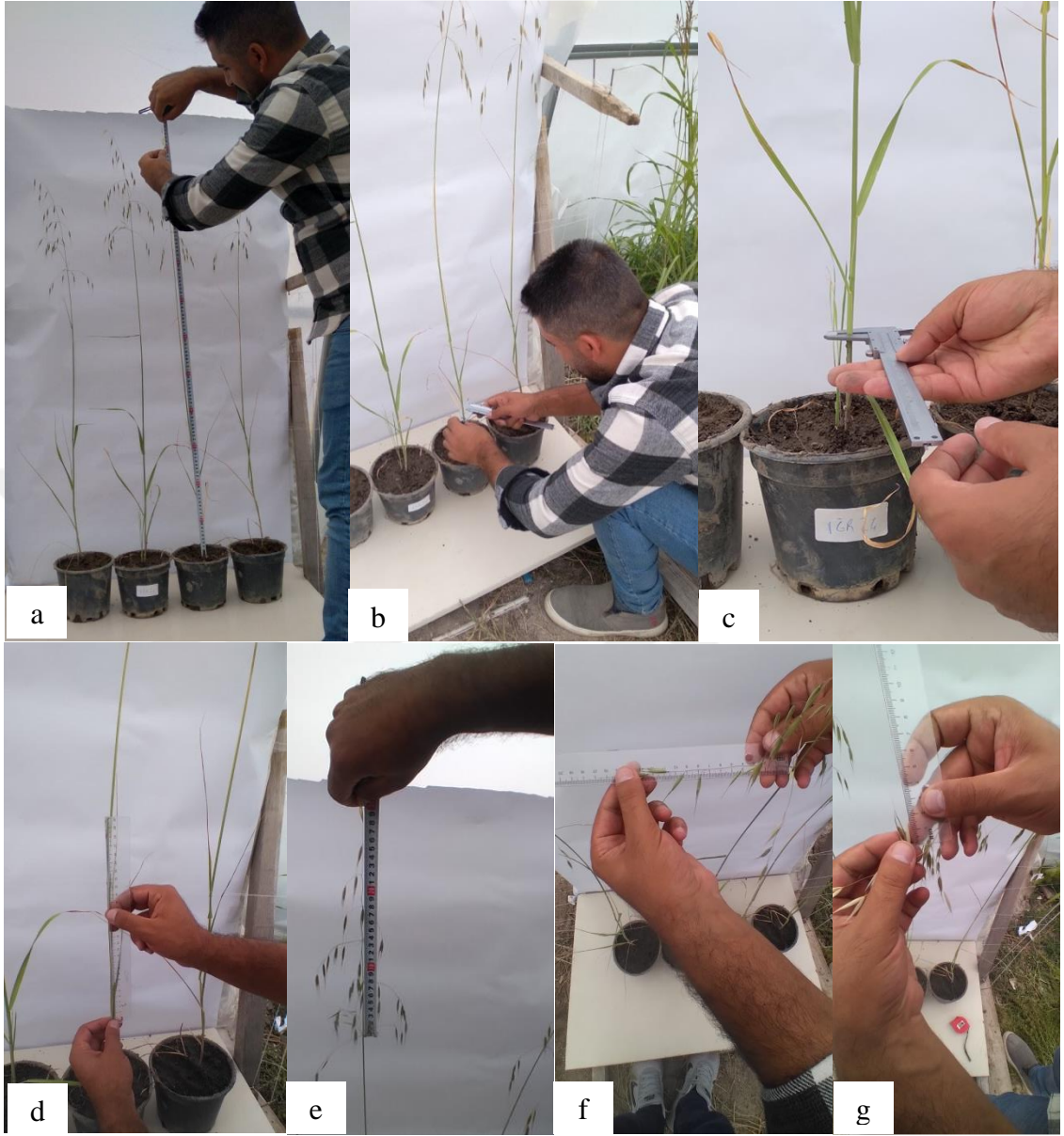
Yaprak Uzunluğu (cm): Her bir yaprağın uzunluğu, yaprağın tabanından uç kısmına kadar cetvel ile ölçölmüştür. Ölçüm sırasında yaprağın düzgün bir yüzeyde uzandığına emin olunmuştur.

Başak Uzunluğu (cm): Bitkilerin başak kısımları, başağın tabanından uç kısmına kadar cetvel ile ölçölmüştür. Bu ölçüm, başağın en üst kısmındaki çiçeklerin sayısını etkileyen bir parametre olduğu için dikkatle gerçekleştirilmiştir.

Başakçık Uzunluğu (cm): Her bir başakçığın uzunluğu, başakçığın tabanından uç kısmına kadar cetvel ile ölçölmüştür.

Toplam Çiçek Sayısı (adet): Her bir başakta bulunan çiçek sayısı, dikkatlice sayılarak kaydedilmiştir.

Toprak Üstü Yaş/Kuru Biomass (g): Bitkilerin toprak üstü kısımları (gövde, yapraklar ve başaklar), hasat edildikten sonra önce yaş ağırlıkları tartılmış. Sonrasında etüvde belirli bir sıcaklıkta kurutulmuş ve ardından bir terazi kullanılarak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Morfolojik özellikleri belirlemek için yapılan aşamalar ve ölçümler Şekil 3.13'te verilmiştir.



Şekil 3.13. Morfolojik özellikleri belirlemek için yapılan aşamalar ve ölçümler (a: bitki boyu ölçümü, b-c: gövde çapı ölçümü, d: yaprak uzunluğu ölçümü, e: başak uzunluğu ölçümü, f-g: başakçık uzunluğu ölçümü)

Hasat işlemi, tüm popülasyonlar aynı anda olgunlaşmadığı için 10.06.2022 ile 21.06.2022 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Hasat sırasında, olgun bitkiler toprak üstünden makas ile kesilerek, ayrı ayrı olacak şekilde toplanmış laboratuvara götürülmüştür. Laboratuvar ortamında, hasat edilen bitkilerin yaş ağırlıkları alınmış ve kuru ağırlıklarının ölçülmesi amacıyla bitkiler 70 °C'de 3 gün süreyle etüvde kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra bitkilerin kuru ağırlıkları tartılmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Hasat işlemi ve yaş/kuru ağırlıkların ölçülmesine ait görseller

3.2.3. Dayanıklılık çalışmaları

Dayanıklılık çalışmaları iki aşamalı olarak yürütülmüştür. İlk aşama, tüm popülasyonların Moss *et al.*, (1999) tarafından geliştirilen dayanıklılık tarama testine tabi tutulmasını kapsamaktadır. Bu aşama, 50 *A. fatua* popülasyonunun tümünü inceleyerek, genel bir değerlendirme yapmayı amaçlamaktadır. İkinci aşama ise, birinci aşama sonuçlarına dayanarak, dayanıklılık şüphesi bulunan popülasyonların detaylı değerlendirmeler için doz-etki analizine tabi tutulmasını içermektedir. Bu yaklaşım, araştırmanın etkinliğini artırmak ve kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlamak amacıyla seçilmiştir.

Bu iki aşamalı yöntem, başlangıçta tüm popülasyonların incelenmesi sayesinde potansiyel dayanıklılık gösteren bireylerin belirlenmesine olanak tanır. Ardından, yalnızca dayanıklılık şüphesi taşıyan popülasyonlar üzerinde detaylı analiz yapılması, zaman ve iş yükünü optimize etmeyi sağlar. Zira, tüm popülasyonlar için detaylı testler gerçekleştirmek yerine, yalnızca ihtiyaç duyulan örnekler üzerinde yoğunlaşmak, laboratuvar işlemlerinin hızlanmasını ve kaynakların etkin kullanılmasını sağlar. Bu amaçla, *A. fatua* tohumları 9 cm çapında içerisinde çift kat kurutma kâğıdı bulunan ve nemlendirilen petrilere 10 adet tohum konularak +24 °C'deki inkübatörde bekletilmiştir. Çimlenen bitkiler 4 tekerrürlü olacak şekilde tesadüf parselleri deneme desenine göre ve her bir saksıda 5 bitki olacak şekilde 7x7 cm'lik saksılara dikimi yapılmıştır. Tohumların ön çimlenme işlemi ve şaşırtılmasına ait göseller Şekil 3.15'te verilmiştir.



Şekil 3.15. Tohumların ön çimlenme işlemi ve şaşırtılmasına ait göseller

Çalışmada materyal olarak kullanılan toprak, hiçbir şekilde herbisit uygulanmayan bir alandan temin edilmiştir. İlaçlama işlemi sırasında alanın ilaçlanma süresi ve hız ayarları gibi teknik özellikler kontrol edilerek kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon işleminin ardından, aktif madde için uygun doz ayarlaması yapılmış ve böylece homojen bir ilaçlama sağlanmıştır. Buğday ekim alanlarında sorun teşkil eden *A. fatua* için Tarım ve Orman Bakanlığı'nın izin verdiği tavsiye dozu doğrultusunda clodinafop-propargyl için 20 ml/da, mesosulfuron-methyl + mefenpyr-diethyl (safener) için ise 40 ml/da ve 100 ml yayıcı yapıştırıcı ile ön uygulama işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.16). Sonrasında bu popülasyonlar, Moss *et al.* (1999) tarafından geliştirilen dayanıklılık tarama testine tabi tutulmuştur (Şekil 3.18).



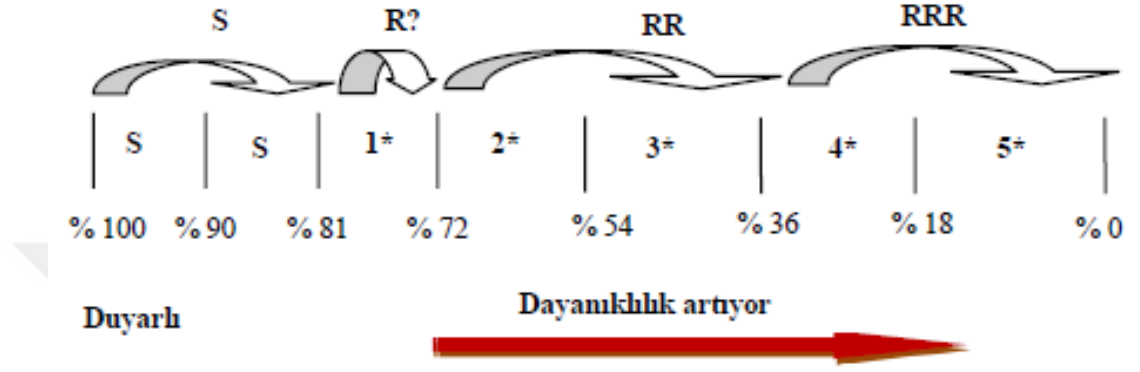
Şekil 3.16. Ön dayanıklılık testi için herbisit uygulamasına ait görseller

Herbisit uygulandıktan 28 gün sonra, yabancı otların toprak üstündeki üst aksamları kesilmiştir. Bu süre, herbisitlerin etkilerini net bir şekilde gözlemlemek ve bitkilerin tepkilerini değerlendirmek için yeterli bir zaman dilimi olmaktadır. Kesilen üst aksamlar, kese kağıtlarının içine konularak, 72 °C'deki etüvde 3 gün bekletilmiştir. Kurutma sürecinden sonra, yabancı otlara ait kuru ağırlıklar ölçülmüştür. Yabancı otların üst aksamının kesilip kese kağıtlarına konulması ve kuru ağırlıkların tartılmasına ait görseller Şekil 3.17'de sunulmuştur.



Şekil 3.17. Yabancı otların üst aksamının kesilip kese kağıtlarına konulması ve kuru ağırlıkların tartılmasına ait görseller

Her iki herbisit uygulamasından sonra, Moss *et al.* (1999) yöntemine göre, R? (% 81'in altı) değerinin altında kalanlar doz etki çalışmalarına alınmış diğerleri ise duyarlı popülasyon olarak değerlendirilmiş veya deneme dışında tutulmuştur. (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Dayanıklılık taramasında kullanılan şema (Moss *et al.*, 1999) (S: Hassas, R?: Şüpheli, RR: Orta derecede dayanıklı, RRR: Yüksek oranda dayanıklı)

Doz-etki çalışması

Doz-etki çalışması doğrultusunda, dayanıklılık şüphesi bulunan yabancı yulaf popülasyonları, farklı herbisitlere göre ayrılarak değerlendirilmiştir. ACCase inhibitörü olan clodinafop-propargyl için 12 popülasyon, ALS inhibitörü olan mesosulfuron-methyl ve mefenpyr-diethyl (safener) için ise 17 popülasyon doz etki çalışmasına dahil edilmiştir. Bu popülasyonlar, ön dayanıklılık denemesinde olduğu gibi 4 tekerrürlü olarak düzenlenmiş ve boyutları 7x7 cm olan saksılara 5 bitki olacak şekilde ekilmiştir. Saksılara sterilize edilmiş 1:1:1 oranlarında toprak, kum ve elenmiş ahır gübresi konulmuştur (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Doz etki çalışmasında yapılan işlemler ve aşamalara ait görseller

Çalışma kapsamında, dayanıklı popülasyonlara karşı herbisitlerin 4 farklı doz uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla ele alınan clodinafop-propargyl için ruhsat dozu 20 ml/da, mesosulfuron-methyl + mefenpyr-diethyl (safener) için ise 40 ml/da + 100 ml yayıcı yapıştırıcı olarak belirlenmiştir. Uygulama dozları, 0 (kontrol), 1, 2, 4 ve 8 kat olarak tasarlanmıştır. Bu kapsamda clodinafop-propargyl için dozlar 0, 20 ml/da, 40 ml/da, 80 ml/da ve 160 ml/da olarak; Mesosulfuron-methyl + Mefenpyr-diethyl (safener) için ise 0, 40 ml/da, 80 ml/da, 160 ml/da ve 320 ml/da olarak ayarlanmıştır. Doz etki çalışmasında herbisit uygulamasına ait görseller Şekil 3.20’de gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Doz etki çalışmasında herbisit uygulamasına ait görseller

Herbisit uygulamasından sonra, herbisitlerin önerilen dozunun en yüksek etki seviyesinin gösterdiği dönem olan 28. günün sonunda denemeler sona erdirilmiştir. Uygulamadan 28 gün sonra yabancı otların toprak üstündeki üst kısımları kesilmiştir. Kesilen üst kısımlar, kese kağıtlarının içine konularak 72 °C'deki etüvde 3 gün bekletilmiştir. Bu kurutma işleminin ardından, yabancı otlara ait kuru ağırlıklar belirlenmiştir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Çalışmada deneme alanında yabancı otun toplanması kurutulması ve tartılmasına ait görseller

Elde edilen kuru ağırlık değerleri, farklı biyotiplerin birbiriyle istatistiksel açıdan karşılaştırılabilmesi için % ağırlık şekline dönüştürülmüştür. Bu amaçla, kontrol bitkilerinden elde edilen ortalama ağırlık %100 kabul edilmiştir. Bu referans değeri temel alarak, her bir tekerrür için % ağırlık değerleri belirlenmiştir. Daha sonra, bu % ağırlık değerleri kullanılarak Streibig (1988) tarafından geliştirilen dört parametrelili lojistik regresyon modeli aracılığıyla her bir biyotip için doz-etki eğrileri elde edilmiştir. Bu model, bitkilerin herbisitlere karşı duyarlılığını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır.

Sonuç olarak, her bir biyotip için etkili dozun (ED_{50}), eğrinin eğimini temsil eden b parametresi, eğrinin y -kesişimi (c) ve maksimum etkisini ifade eden d parametreleri hesaplanmıştır. Bu parametreler, herbisitlerin biyotipler üzerindeki etkilerini anlamak için önemli arz etmektedir.

$$Y=C+\{(D-C) / [1+\exp[b(\log(x)-\log(ED_{50}))]]\}$$

Bu formülde;

Y: X dozu uygulandığında elde edilen parametre seviyesi,

b: Eğrinin eğimi,

c: Alt limit,

d: Üst limit (%95'lik güven aralığında),

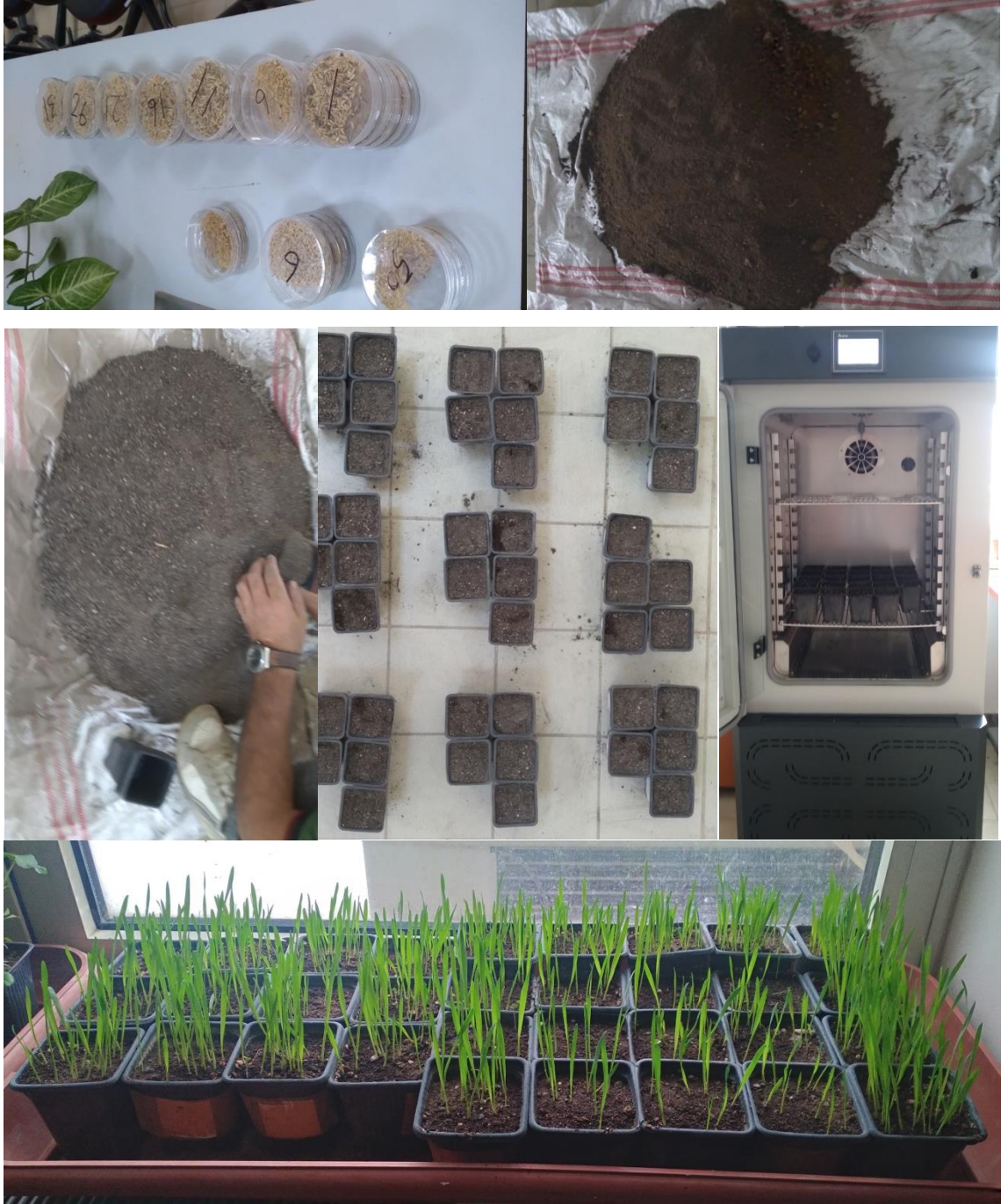
e: ED_{50} ,

R/S: Dayanıklılık oranı

3.2.4. Epigenetik Çalışma

3.2.4.1. Epigenetik çalışması için örneklerin elde edilmesi

Çalışmada alınan 16 örnek için tohum ekimleri gerçekleştirilmiştir. Kullanılan herbisitlerin ruhsat dozları (N) esas alınarak, ACCase inhibitörü olan clodinafop-propargyl için 20 ml/da ve ALS inhibitörü olan mesosulfuron-methyl + mefenpyr-diethyl (safener) için 40 ml/da ruhsatlı dozların N/2, N ve 2N kat doz uygulamaları yapılmıştır. Araştırmada, hassas bireyler için ALS inhibitörü herbisitler için 3 doz, 1 kontrol, ACCase inhibitörü herbisitler için 3 doz ve 1 kontrol olmak üzere toplamda 8 uygulama gerçekleştirilmiştir. Aynı şekilde, dayanıklı bireyler için de ALS inhibitörü herbisitler için 3 doz, 1 kontrol ve ACCase inhibitörü herbisitler için 3 doz, 1 kontrol uygulaması yapılmıştır. Uygulamalar hesaplandığında toplamda örnekleme sayısı 16 olarak belirlenmiştir. Çalışma için 7x7 cm boyutundaki saksılara 1:1:1 oranlarında steril edilmiş toprak, inşaat kumu ve hayvan gübresi konulmuş ve her saksı 5 tohum olacak şekilde ekim işlemleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. Moleküler çalışma için tohum ekimi ve *Avena fatua* gelişimine ait görseller

Epigenetik çalışmalar için hassas ve dayanıklı bireylere herbisit uygulaması, bitkilerin 2-4 yapraklı döneme geldiğinde gerçekleştirilmiştir. Herbisit uygulaması sırasından önce kalibrasyon işlemi yapılmıştır. Bu işlem sonrasında aktif madde için doz ayarlaması gerçekleştirilmiş ve homojen bir şekilde ilaçlama sağlanmıştır. Herbisit

uygulaması 11.20.2021 tarihinde yapılmış olup, bitki örnekleri herbisit uygulamasından 7 gün sonra alınmıştır (Şekil 4.23).



Şekil 3.23. *Avena fatua* örneklerinin alınmasına ait görseller

3.2.4.2. DNA Metilasyonu

Toplamda 16 farklı örnek sera koşullarında yetiştirilerek kontrol ve 3 farklı herbisit dozu uygulanmış olup, bu 16 örnek'ten DNA izolasyonu gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.24).

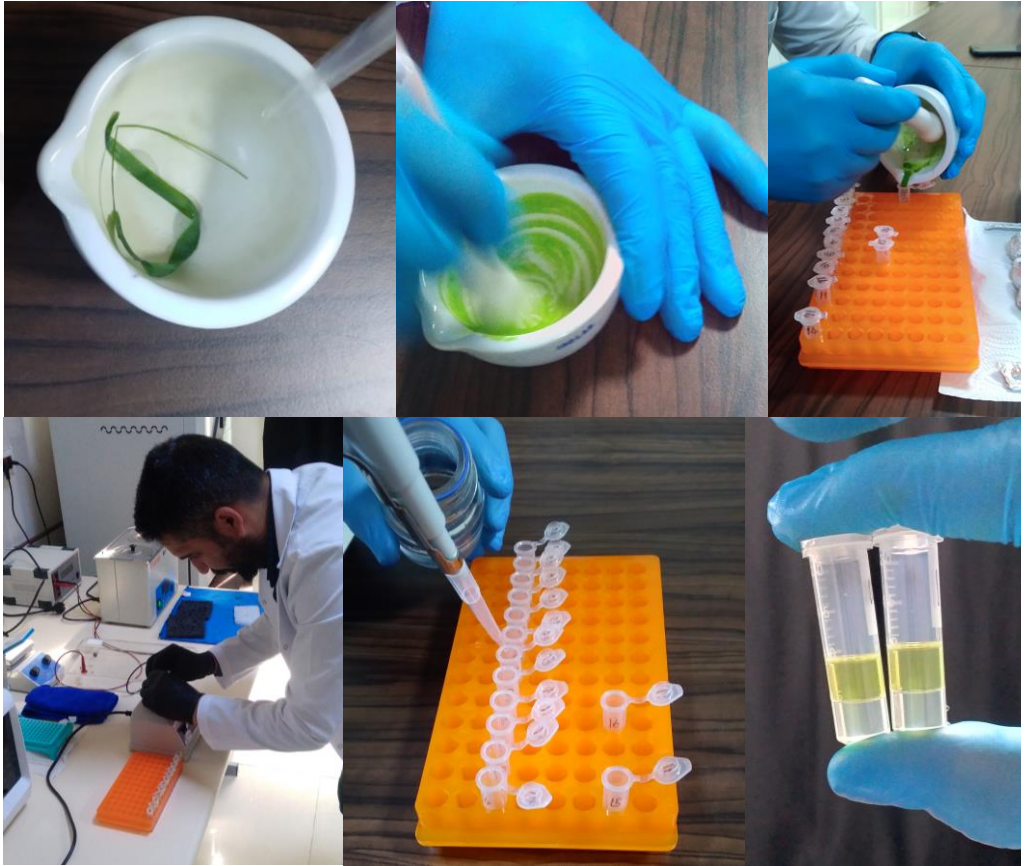
Bu çalışmada DNA izolasyonu, Karaca ve ark. (2005)'e göre modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Elde edilen genomik DNA'nın (gDNA) kalite ve miktarı ise Aydın ve ark. (2018)'e göre belirlenmiştir.

1. Havan eli yardımı ile ezilmiş *A. fatua* yaprağı, 2.0 mL'lik bir Ependorf tüpüne alınmış ve üzerine 335 µL LB (Lysis Buffer) eklenerek vortekslenmiştir.

2. Ardından, 40 µL %20 SLS ve 375 µL 8M LiCl eklenmiş ve homojen bir karışım elde etmek için tekrar vortekslenmiştir. Vortekslenmiş Ependorf tüpü, 65 °C'de su banyosunda her 10 dakikada bir vortekslenerek toplam 40 dakika bekletilmiştir.
3. Su banyosunda bekletilen örnekler oda sıcaklığına veya buz üzerinde soğutulduktan sonra üzerine 750 µL CIS (24:1 oranında kloroform ve izoamilalkol) eklenmiş, ardından vortekslenmiş ve 10,000 xg'de 10 dakika santrifüj edilmiştir.
4. Santrifüj sonrasında, üst faz dikkatlice temiz bir 2 mL'lik steril Ependorf tüpüne alınmış ve alınan hacim kadar üzerine tekrar CIS eklenmiştir. Ependorf tüpü 5-10 saniye vortekslenmiş ve ardından 10,000 xg'de 10 dakika santrifüj edilmiştir.
5. Santrifüjden sonra, üst faz (süpernatant) tekrar temiz bir 2 mL'lik Ependorf tüpüne alınmış; alınan hacmin 1/10'u kadar 5M NaCl eklenmiş ve süpernatantın 9/10 hacmi kadar izopropanol eklenerek iyice karıştırılmıştır. Bu karışım, 10,000 xg'de 10 dakika santrifüj edilmiştir.
6. Üst faz uzaklaştırıldıktan sonra %50 seyreltilmiş LB'den 335 µL eklenmiş, ardından vortekslenmiş ve 40 µL %20 SLS ve 375 µL 8M LiCl eklenerek iyice karıştırılmıştır. Bu karışım, 65 °C'deki su banyosunda 30 dakika bekletilmiştir (her 10 dakikada bir vorteks).
7. 30 dakika sonunda örnekler, oda sıcaklığına veya buz üzerinde soğutulduktan sonra üzerine 750 µL CIS eklenmiş ve iyice vortekslenerek 10,000 xg'de 10 dakika santrifüj edilmiştir.
8. Santrifüjden sonra, süpernatant dikkatlice steril 2 mL'lik bir Ependorf tüpüne alınmış ve alınan hacmin miktarı kadar tekrar CIS eklenmiştir. Bu işlem 10,000 xg'de 10 dakika daha santrifüj edilerek tekrarlanmıştır.
9. Santrifüj aşamasından sonra, Ependorf tüplerindeki süpernatant dikkatlice 1.5 mL'lik steril bir Ependorf tüpüne alınmış; alınan hacmin 1/10'u kadar 5M NaCl ve süpernatant hacminin 9/10'u kadar izopropanol eklenerek iyice karıştırılmıştır. Bu karışım, -20 °C'de en az bir gece bekletilmiştir.
10. -20 °C'den alınan örnekler oda sıcaklığında bekletilip sıcaklığı oda sıcaklığına geldikten sonra 10,000 xg'de 10 dakika santrifüj edilmiş ve üst faz uzaklaştırılmıştır.
11. Daha sonra, tüpün dibinde kalan pellet üzerine 65 °C'de bekletilen TE (pH: 8.0) eklenmiş (300 µL) ve iyice çözüldükten sonra 30 µL NaAc (pH: 5.2) eklenmiştir.

Ardından %100 etanol eklenerek (870 μ L) tüpler ters-düz edildikten sonra 10,000 xg'de 5 dakika santrifüj edilmiştir.

12. Santrifüjden sonra üst faz dikkatlice uzaklaştırılmış ve üzerine 300-400 μ L %80 etanol eklenerek 10,000 xg'de 3 dakika santrifüj edilmiştir. Etanol tamamen uzaklaştırıldıktan sonra, pellet üzerine 65 °C'de bekletilen TE (pH: 8.0) (100-200 μ L) eklenmiş ve elde edilen toplam genomik DNA, çalışmalarda kullanılmak üzere -20 °C'de saklanmıştır (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. DNA izolasyonuna ait görseller

3.2.4.3. DNA kalitesi ve miktarlarının belirlenmesi

3.2.4.3.1. Spektrofotometrik yöntemi

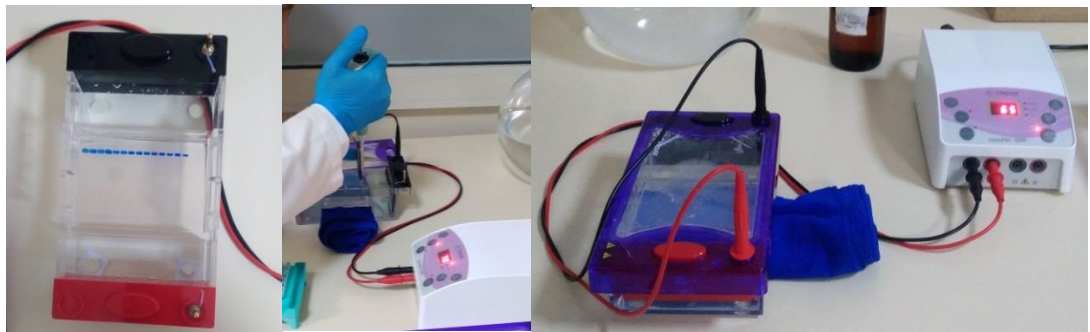
İzolasyonu yapılmış olan genomik DNA'nın miktar ve kalitesinin belirlenmesi için 25 kat seyreltilmiş olan örnekler absorbanans 200- 300 nm arasında A_{230} , A_{260} ve A_{280} değerleri baz alınıp, MAESTRO marka nanodrop cihazı kullanarak spektrofotometrik yöntem yardımı ile Aydın ve ark., (2018)'a göre DNA'nın kalite analizi yapılmıştır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Spektrofotometrik yöntemi ile DNA'nın kalite analizi

3.2.4.4.2. Agaroz jel elektroforez yöntemi

Genomik DNA'nın saflığı ve bütünlüğü, %1'lik agaroz jel elektroforezi ile değerlendirilmiştir. Agaroz jel hazırlamak amacıyla, 1 g agaroz, 100 mL 1X TAE elektroforez tamponuna eklenmiş ve mikrodalga fırında çözüldürülerek homojen bir karışım elde edilmiştir. Karışım, yaklaşık 40-45 °C'ye soğuduktan sonra son konsantrasyonu 5 µg/100 mL olacak şekilde 2 µL Gel Redsafe boyası eklenmiştir. Ardından, jel elektroforez sistemine yerleştirilmiştir. PCR ürünleri, 2,5 µL yükleme boyası (Fermentas 6X Loading Dye Solution) ile karıştırılarak jel kuyucuklarına yüklenmiştir. Örnekler, 1X TBE çözeltisi ile 60V/cm sabit voltaj uygulanarak, 120 dakika boyunca elektroforez işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.26). Bu işlem sonucunda, DNA'nın saflık ve bütünlük durumu gözlemlenerek değerlendirilmiştir.



Şekil 3.26. Agaroz jel elektroforez yöntemi ile DNA'nın kalite analizi

3.2.4.5.3. Polimeraz Zincir Reaksiyonları (PZR)

PZR bileşenleri

Polimeraz zincir reaksiyon (PZR) işlemlerinde SimpliAmp marka Termal Döngü Cihazından (Thermal Cycler) faydalanmıştır. Ayrıca termal döngü cihazı “ramp” %100 olarak kullanılmıştır. PZR analiz hacmi 25 µL’ye ayarlanarak içerisinde 100-120 nanogram toplam gDNA, 1 µM kullanılan primer, 10X enzim bufferından 3 uL, 0.28 mM her bir dNTP, 2-3 mM MgCl₂ ve 1 ünite Taq DNA polimeraz (Thermo Fisher) içeren solüsyonda gerçekleştirilmiştir. PZR işlemlerinde hata oranı ve pipet sayısını azaltmak için master karışımlar hazırlandıktan sonra bu karışımlar pipet ile sekizli 0,2 mL PZR tüplerine aktarım gerçekleştirilmiştir. PZR çalışmalarında Çizelge 3.7’de kullanılan kimyasal ve miktarları gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. Polimeraz zincir reaksiyon (PZR) çalışmalarında kullanılan kimyasallar ve miktarları

Kullanılan Kimyasallar	Stok	Miktar	Final
Genomik DNA		8.5 µl	85 ng
Steril-H ₂ O		5.25 µl	
Primer	20 µM	1.25 µl	1.0 µM
Steril-H ₂ O		4.6 µl	
10X Buffer	100 mM	3 µl	12 mM
MgCl ₂	50 mM	1.5 µl	3 mM
dNTP	10 mM	0.7 µl	0.28 mM
Taq DNA Polimeraz	5 ünite/ µl	0.2 µl	1 ünite
Toplam Hacim		25 µl	

PZR profili

Mikrosatellit lokuslarının çoğaltımında kullanılmış olan PZR profili Çizelge 3,8'de belirtilmiş olup "Touch-Down" PZR yöntemi kullanılmıştır (Aydın ve ark., 2018).

Çizelge 3.8. Çalışmada kullanılan Polimeraz Zincir Reaksiyon (PZR) profili

Hot Start	95°C	4 dakika	1 döngü	Ön-denatürasyon
Ön PZR	95°C	30 saniye	10 döngü	Denatürasyon
	50°C→45°C	45 saniye		Renatürasyon
	55°C→50°C			
	72°C	2 dakika		Sentez
PZR	94°C	30 saniye	30 döngü	Denatürasyon
	45°C	45 saniye		Renatürasyon
	50°C			
	72°C	2 dakika		Sentez
Final	72°C	10 dakika	1 döngü	Final Sentez
	4°C	1 saat		

Polimeraz zincir reaksiyon (PZR) profili için primerlerin bağlanma sıcaklığı 55-50°C farklılık gösterdiğinde iki farklı PZR profili kullanılmıştır. Her primer için renatürasyon sıcaklıkları optimize edilmiştir. IPBS bölgelerinin çoğaltımı için PZR profilinde spesifik olmayan amplifikasyonların oluşumunu önlemek amacı ile indirgemeli PZR ("touch-down PCR") profili kullanılmıştır. Oluşturulmuş bu yöntemle başlangıçtaki 10 döngüde asıl reaksiyonun devam ettiği renatürasyon sıcaklığından en az 5°C yüksek sıcaklıkla primer çiftinin çoğaltılan DNA sarmallarına bağlanması sağlandıktan sonra her döngü için renatürasyon sıcaklığı 0.5 °C düşürülmüştür. İndirgemeli PZR profilleri uygulamaları ile PZR işlemlerinde spesifik olmayan bölgelerin amplifikasyonları önlenmeye çalışılmıştır (Aydın ve ark., 2018) (Şekil 3.27).



Şekil 3.27. Termal döngü cihazı (Thermal Cycler)

3.2.4.4. DNA'ların Restriksiyon enzimleri ile kesilmesi

Epigenetik çalışması, farklılıkların birincil nedenlerinden biri olan DNA metilasyonunu analiz eden CRED-IPBS tekniğinin kullanıldığını tespit edilmiştir; bu teknik, Coupled Restriction Enzyme Digestion-Random Amplification anlamına gelmektedir. DNA'nın metilasyona duyarlı enzimlerle kesilmesini analiz etmek için kullanılmaktadır. Genomdaki metilasyon modellerinin analizinde Hpa II ve Msp I restriksiyon enzimleri kullanılır. CCGG dizisi her iki enzim tarafından da tanınır. Msp I, dış sitozin metilasyonunun varlığında DNA ile bir bağlanma kompleksi oluşturamaz. Hpa II ise yalnızca metillenmiş sitozinlerin yokluğunda düzgün bir şekilde çalışabilir (Guilford *et al.*, 1997; Levani, 2004). Genomda bulunan metilasyon modellerini araştırmak için HpaII ve MspI enzimleri kullanılmıştır. Ayrıca enzimlerin kesim modelleri de Çizelge 3.9'da ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir. Genomda bulunan metilasyon modellerini araştırmak için HpaII ve MspI enzimleri kullanılmıştır. DNA'ların Restriksiyon enzimleri ile kesilmesi için her bir DNA örneği için total hacim 15 µl olacak şekilde strip tüpleri içerisine 10 µl DNA+su ve 5 µl enzim eklenip 37 °C de 16 saat 65 °C de 20 dk PCR yapılmıştır. Sonrasında alınan numuneler +4 °C te saklanmıştır.

Çizelge 3.9. MspI ve HpaII RE enzimlerinin metilasyon duyarlılığı (Xiong *et al.*, 1999)

Hedef Bölge	MspI	HpaII	Metilasyon Durumu
5'→CCGG→3'	Kesildi	Kesildi	Her iki iplikte de metilasyon yok.
5'→CCmGG→3'	Kesildi	Kesilmedi	Her iki iplikte de iç sitozinler metilasyon içeriyor.
5'→CmCmGG→3'	Kesilmedi	Kesildi	Sadece bir iplikte her iki sitozin metileşmiş.
5'→CmCGG→3'	Kesilmedi	Kesildi	Tek ipliğin dıştaki sitozini metileşmiş.
5'→CmCmGG→3'	Kesilmedi	Kesilmedi	Her iki iplikteki sitozinler metileşmiş.

3.2.5. Veri analiz

3.2.5.1. Morfolojik ve dayanıklılık çalışmaları verileri analizi

Çalışmada *A. fatua* morfolojik özellikleri; bitki boyu, gövde çapı, yaprak uzunluğu, başak uzunluğu, başakçık sayısı, başakçık uzunluğu, çiçek sayısı, yağ ağırlık ve kuru ağırlık verileri değerlendirilmiştir. Veriler tek yönlü varyans analizine tabi tutulmuştur. Varyans analizi, farklı grupların ortalamaları arasındaki farkları belirlemek için kullanılarak, gruplar arasında anlamlı bir fark olup olmadığını değerlendirmiştir. Ortalamalar, Duncan çoklu karşılaştırma testi ($p < 0.05$) (SPSS 20) kullanılarak karşılaştırılmıştır. Duncan testi, gruplar arasındaki farklılıkları tespit etmek için kullanılarak, hangi grupların birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir (SPSS, 1991).

Ek olarak çalışmanın bulgularını ilişkilendirmek için bir dizi istatistik analiz gerçekleştirilmiştir. Morfolojik analizler için verilerin dönüştürülmesi/normalleştirilmesinden sonra; Sankey diyagramı (SankeyMATIC), veri akışını ve ilişkilerini göstermek için kullanılmıştır. Korelasyon analizi (JASP), değişkenler arasındaki ilişki derecesini belirlemek için yapılmış, güçlü ve zayıf ilişkiler tespit edilmiştir. Isı haritası kümelemesi (SRplot), verilerin yoğunluğunu görselleştirmek için kullanılarak benzer grupları belirlemiştir. Hiyerarşik kümelemesi (PAST Yazılımı), verileri benzerliklerine göre gruplamak için uygulanmıştır. Ağ grafiği analizi (PAST yazılımı) ise, değişkenler arasındaki ilişkilerin görselleştirilmesini sağlamıştır. Temel

bileşen analizi (PAST Yazılımı), çok değişkenli verileri daha az boyutlu bir alana indirgemek ve önemli değişkenleri belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Ön dayanıklılık çalışması için verilerin dönüştürülmesi/normalleştirilmesinden sonra; radar grafiği analizi (SRplot) ve hiyerarşik kümelemesi (SRplot) analizleri yapılmıştır. Doz etki çalışması için ise verilerin dönüştürülmesi/normalleştirilmesinden sonra; radar grafiği analizi (SRplot) ve doz oranına göre değişen analiz (RAWGraphs), ısı haritası kümelemesi (SRplot), hiyerarşik kümelemesi (SRplot), ağ grafiği analizi (PAST yazılımı), temel bileşen analizi (SRplot) ve analize tabi tutulmuştur. Ayrıca doz etki analizi için R programında ED₅₀ ve ED₉₀ değerleri ile grafikler elde edilmiştir; bu değerler, herbisitlerin etkisini değerlendirmek ve dayanıklılık düzeylerini belirlemek amacıyla kullanılmıştır. *A. fatua* popülasyonlarının ALS ve ACCase inhibitörü herbisitlere karşı gösterdiği dayanıklılık ile bu popülasyonların morfolojik özellikleri arasındaki ilişki düzeylerini belirlemek için korelasyon analizi yapılmıştır. JASP programı kullanılarak yapılan bu analiz ile özellikle farklı morfolojik özelliklerin herbisit dayanıklılığı arasındaki ilişkiyi araştırmak amaçlanmıştır.

3.2.5.2. Moleküler Verilerin Analizi

Amplikonlar %2 AGE konsantrasyonunda görüntülenmiş ve her bir amplikon Gel Analyzer v.23.1 yazılım programı kullanılarak tespit edilmiştir. Kontrol grubuyla ilişkili olarak, her uygulama için artan veya azalan bantlar şeklinde polimorfizmler tespit edilmiştir. Her bir deney grubunun ortalaması hesaplanmış ve her bir grubun ortalamalarındaki kontrole göre değişimler yüzde olarak hesaplanmıştır. CRED-IPBS çalışması için ortalama polimorfizm değerini hesaplamak için aşağıda belirtilen formül kullanılmıştır (Türkoğlu ve ark. 2023).

$$\% = 100 \times \frac{a}{n}$$

a= her bir tedavi numunesi için keşfedilen IPBS polimorfik profilleri

n= ilgili markırı içeren negatif kontrol grubunda keşfedilen DNA toplam bantlarının sayısı

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. *Avena fatua* L.'nin Morfolojik Özellikleri

A. fatua'nın morfolojik özelliklerini incelerken, bu özelliklerin farklı popülasyonlar arasında anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini değerlendirmek için varyans analizi yapılmıştır. *A. fatua* popülasyonlarının morfolojik özellikleri incelendiğinde, bitki boyu, yaprak uzunluğu, başak uzunluğu, başakçık sayısı, başakçık uzunluğu, çiçek sayısı, yaş ağırlık ve kuru ağırlık gibi çeşitli parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlemlenmiştir. *A. fatua*'nın morfolojik özelliklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. *Avena fatua*'nın morfolojik özelliklerine ait varyans analiz sonuçları

VK	sd	KT	KO	F	P
Bitki boyu					
Popülasyonlar arası	49	67159,320	1370,598	17,398	0,000**
Gruplar	150	11817,000	78,780		
Toplam	199	78976,320			
Gövde çapı					
Popülasyonlar arası	49	835,304	17,047	1,227	0,176
Gruplar	150	2084,297	13,895		
Toplam	199	2919,601			
Yaprak uzunluğu					
Popülasyonlar arası	49	1694,711	34,586	4,046	0,000**
Gruplar	150	1282,188	8,548		
Toplam	199	2976,899			
Başak uzunluğu					
Popülasyonlar arası	49	4088,020	83,429	2,458	0,000**
Gruplar	150	5091,000	33,940		
Toplam	199	9179,020			

** p< 0,01 %1 düzeyinde istatistik fark meydana gelmiştir

Çizelge 4.1 (devam)

VK	sd	KT	KO	F	P
Başakçık sayısı					
Popülasyonlar arası	49	1650,820	33,690	4,366	0,000**
Gruplar	150	1157,500	7,717		
Toplam	199	2808,320			
Başakçık uzunluğu					
Popülasyonlar arası	49	720,420	14,702	4,473	0,000**
Gruplar	150	493,000	3,287		
Toplam	199	1213,420			
Çiçek sayısı					
Popülasyonlar arası	49	15678,080	319,961	4,198	0,000**
Gruplar	150	11431,500	76,210		
Toplam	199	27109,580			
Yaş ağırlık					
Popülasyonlar arası	49	946,805	19,323	14,657	0,000**
Gruplar	150	197,750	1,318		
Toplam	199	1144,555			
Kuru ağırlık					
Popülasyonlar arası	49	946,805	19,323	12,284	0,000**
Gruplar	150	197,750	1,318		
Toplam	199	1144,555			

** p< 0,01 %1 düzeyinde istatistik fark meydana gelmiştir

Çalışma sonucunda gövde çapı dışında diğer parametrelerde *A. fatua* popülasyonları arasında %1 düzeyinde (p<0,01) istatistiksel anlamlı farklılıklar meydana gelmiştir. Bu sonuçlar, *A. fatua* popülasyonları arasında morfolojik özellikler açısından önemli farklılıklar olduğunu, ancak gövde çapında bu farklılıkların olmadığını göstermektedir. *A. fatua* morfolojik özellikleri ve popülasyonlar arasındaki farklar (bitki boyu, gövde çapı, yaprak uzunluğu, başak uzunluğu, başakçık sayısı) Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. *Avena fatua* morfolojik özellikleri ve popülasyonlar arasındaki farklar (bitki boyu, gövde çapı, yaprak uzunluğu, başak uzunluğu, başakçık sayısı)

Kod	Bitki boyu (cm)	Gövde çapı (mm)	Yaprak uzunluğu (cm)	Başak uzunluğu (cm)	Başakçık sayısı (adet)
IĞR0	113,25±5,46 ^{klmn}	3,75±0,31 ^a	18,25±1,25 ^{efghijkl}	34,00±3,46 ^{abcdeghi}	17,00±1,45 ^{defghijkl}
IĞR1	110,00±2,27 ^{lmnp}	3,05±0,10 ^a	18,50±0,29 ^{efghijkl}	32,75±1,65 ^{bcdeghi}	18,25±0,25 ^{cdefghijk}
IĞR2	123,75±1,65 ^{efghijk}	4,10±0,23 ^a	18,50±1,32 ^{efghijkl}	39,50±3,12 ^{abcd}	16,25±2,06 ^{efghijkl}
IĞR3	104,50±5,44 ^{prstu}	3,58±0,28 ^a	18,00±1,29 ^{efghijkl}	30,00±2,97 ^{defghi}	18,25±1,38 ^{cdefghijk}
IĞR4	106,00±5,2 ^{prst}	2,46±0,04 ^a	19,88±1,71 ^{cdefghijkl}	31,00±2,35 ^{cdefghi}	20,25±1,18 ^{cdefg}
IĞR5	146,50±4,56 ^{bc}	4,13±0,31 ^a	21,75±1,31 ^{bcdefghij}	38,50±2,40 ^{abcde}	19,75±1,38 ^{gdefgh}
IĞR6	107,50±3,59 ^{mnp}	2,96±0,13 ^a	20,00±1,22 ^{cdefghijkl}	31,00±1,35 ^{cdefghi}	18,50±0,50 ^{cdefghij}
IĞR7	118,25±3,33 ^{ijklmn}	3,78±0,75 ^a	21,00±1,58 ^{bcdefghijk}	36,00±3,58 ^{abcde}	15,50±1,26 ^{efghijkl}
IĞR8	112,00±1,47 ^{klmnp}	2,90±0,20 ^a	19,75±1,25 ^{cdefghijkl}	28,25±1,31 ^{fghi}	16,50±0,65 ^{efghijkl}
IĞR9	127,50±2,63 ^{efghi}	4,73±0,58 ^a	22,00±4,18 ^{bcde}	30,25±6,64 ^{cdefghi}	14,50±2,22 ^{ijkl}
IĞR10	111,25±3,50 ^{lmnp}	3,55±0,20 ^a	22,00±1,68 ^{bcde}	36,00±4,02 ^{abcde}	20,50±0,87 ^{bcde}
IĞR11	113,50±2,84 ^{ijklmn}	3,73±0,19 ^a	17,50±0,65 ^{hijkl}	33,75±1,65 ^{bcdeghi}	22,00±1,58 ^{bcd}
IĞR12	113,00±2,65 ^{ijklmn}	2,90±0,13 ^a	18,75±0,25 ^{efghijkl}	28,00±1,47 ^{fghi}	16,50±0,65 ^{efghijkl}
IĞR13	109,50±2,60 ^{lmnp}	3,45±0,33 ^a	23,00±0,71 ^{bcde}	32,25±0,25 ^{bcdeghi}	16,50±1,32 ^{efghijkl}
IĞR14	132,00±5,67 ^{defgh}	3,18±0,09 ^a	21,25±1,60 ^{bcdefghijk}	31,25±0,75 ^{cdefghi}	15,75±1,65 ^{efghijkl}
IĞR15	142,50±5,32 ^{bcd}	3,88±0,58 ^a	18,00±1,41 ^{efghijkl}	29,00±4,49 ^{defghi}	17,50±2,60 ^{defghijkl}
IĞR16	107,00±2,58 ^{nprst}	3,18±0,12 ^a	16,25±1,31 ^{kl}	28,50±1,85 ^{fghi}	17,25±0,25 ^{defghijkl}
IĞR17	139,75±11,68 ^{bcde}	3,98±0,55 ^a	19,00±2,12 ^{defghijkl}	32,25±5,54 ^{bcdeghi}	18,50±2,78 ^{cdefghij}
IĞR18	117,50±9,39 ^{ijklmn}	4,15±0,62 ^a	32,50±1,89 ^a	36,50±3,86 ^{abcde}	18,75±1,25 ^{cdefghij}
IĞR19	150,25±2,93 ^{abc}	4,33±0,23 ^a	19,75±0,85 ^{cdefghijkl}	31,00±1,58 ^{cdefghi}	19,50±1,19 ^{cdefghi}
IĞR20	127,50±4,44 ^{efghi}	3,23±0,36 ^a	23,75±1,31 ^{bcde}	34,25±2,53 ^{abcdeghi}	22,75±2,14 ^{abc}
IĞR21	112,25±2,17 ^{klmnp}	3,41±0,16 ^a	23,75±1,55 ^{bcde}	27,25±3,15 ^{fghi}	17,00±0,91 ^{efghijkl}
IĞR22	163,00±7,36 ^a	5,35±0,56 ^a	25,50±2,75 ^b	42,25±7,00 ^{ab}	25,00±1,47 ^{ab}
IĞR23	122,75±3,04 ^{ghijkl}	3,75±0,20 ^a	23,25±1,31 ^{bcde}	30,25±0,63 ^{cdefghi}	21,50±0,65 ^{bcde}
IĞR24	121,50±2,96 ^{hijklm}	3,23±0,09 ^a	18,75±0,48 ^{efghijkl}	32,00±0,82 ^{cdefghi}	19,50±0,87 ^{cdefghi}
IĞR25	116,00±6,79 ^{ijklmn}	3,73±0,19 ^a	22,00±1,96 ^{bcde}	30,75±1,75 ^{cdefghi}	18,75±1,49 ^{cdefghij}
IĞR26	136,50±3,62 ^{cdefg}	4,83±0,42 ^a	20,50±1,19 ^{cdefghijkl}	37,50±3,23 ^{abcde}	21,50±1,19 ^{bcde}
IĞR27	152,50±4,01 ^{ab}	4,38±0,25 ^a	20,50±0,96 ^{cdefghijkl}	34,00±1,87 ^{abcdeghi}	21,75±1,31 ^{bcde}
IĞR28	126,75±7,45 ^{efghij}	3,23±0,22 ^a	19,25±1,11 ^{defghijkl}	31,00±4,53 ^{cdefghi}	13,50±1,19 ^{kl}
IĞR29	112,75±2,63 ^{klmnp}	3,13±0,29 ^a	20,00±2,04 ^{cdefghijkl}	31,00±2,35 ^{cdefghi}	13,25±1,55 ^l

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar 0,05 düzeyinde önemli değildir

Çizelge 4.2 (devam)

Kod	Bitki boyu (cm)	Gövde çapı (mm)	Yaprak uzunluğu (cm)	Başak uzunluğu (cm)	Başakçık sayısı (adet)
IĞR30	137,50±3,40 ^{cdef}	4,55±0,49 ^a	24,50±1,85 ^{bc}	43,75±2,17 ^a	26,50±0,87 ^a
IĞR31	112,50±5,24 ^{ijklmnp}	2,95±0,29 ^a	18,25±0,63 ^{fghijkl}	31,75±2,02 ^{cdefghi}	17,25±1,89 ^{defghijkl}
IĞR32	123,25±5,85 ^{fghijk}	3,85±0,14 ^a	21,75±1,70 ^{bcdefghij}	38,50±4,05 ^{abcdef}	23,00±1,78 ^{abc}
IĞR33	121,00±1,68 ^{ijklmn}	2,98±0,15 ^a	20,00±1,08 ^{cdefghijkl}	31,75±1,31 ^{cdefghi}	19,00±1,41 ^{cdefghij}
IĞR34	104,50±5,69 ^{prstu}	3,08±0,19 ^a	24,00±2,74 ^{bcd}	32,00±5,12 ^{cdefghi}	15,00±0,41 ^{hijkl}
IĞR35	107,75±1,80 ^{mnp}	3,13±0,08 ^a	17,00±0,82 ^{ijkl}	28,00±0,41 ^{ghi}	17,50±0,50 ^{defghijk}
IĞR36	124,50±4,77 ^{fghijk}	3,81±0,28 ^a	17,50±0,65 ^{hijkl}	33,00±1,08 ^{bcdefghi}	22,75±1,03 ^{abc}
IĞR37	106,50±4,70 ^{nprst}	3,25±0,22 ^a	17,75±1,31 ^{hijkl}	29,25±2,25 ^{defghi}	17,00±1,47 ^{efghijkl}
IĞR38	112,25±1,38 ^{ijklmnp}	4,23±0,18 ^a	22,25±0,85 ^{bcdefgh}	39,25±1,25 ^{abcde}	19,75±0,75 ^{cdefgh}
IĞR39	94,75±1,80 ^{stuv}	3,40±0,32 ^a	20,00±1,68 ^{cdefghijkl}	31,50±2,72 ^{cdefghi}	19,25±1,65 ^{cdefghij}
IĞR40	144,25±7,17 ^{bcd}	4,00±0,20 ^a	19,25±0,48 ^{defghijkl}	35,25±1,80 ^{abcdefgh}	17,25±1,03 ^{defghijkl}
IĞR41	97,50±0,96 ^{rstuv}	2,45±0,13 ^a	15,75±0,85 ^l	24,75±1,89 ^l	16,25±1,65 ^{fghijkl}
IĞR42	145,75±3,54 ^{bcd}	4,53±0,37 ^a	21,75±0,95 ^{bcdefghij}	40,50±4,66 ^{abc}	17,75±1,38 ^{defghijkl}
IĞR43	88,75±1,89 ^v	2,40±0,02 ^a	16,75±0,85 ^{ijkl}	24,50±1,55 ^l	14,75±1,25 ^{ijkl}
IĞR44	83,25±3,28 ^v	2,40±0,27 ^a	16,25±1,03 ^{kl}	25,50±1,85 ^{hi}	15,50±1,26 ^{ghijkl}
IĞR45	93,00±2,86 ^{uv}	2,70±0,13 ^a	18,50±0,65 ^{fghijkl}	28,50±0,96 ^{efghi}	15,00±0,91 ^{hijkl}
IĞR46	84,00±1,68 ^v	2,16±0,12 ^a	17,50±0,87 ^{hijkl}	25,00±1,35 ^{hi}	14,50±1,04 ^{ijkl}
IĞR47	110,25±4,99 ^{lmnp}	3,06±0,15 ^a	18,25±0,75 ^{fghijkl}	32,25±2,10 ^{bcdefghi}	20,25±1,44 ^{cdefg}
IĞR48	89,00±3,42 ^v	2,71±0,23 ^a	19,75±0,85 ^{cdefghijkl}	29,00±2,83 ^{defghi}	17,00±1,58 ^{efghijkl}
IĞR49	109,25±2,17 ^{lmnp}	3,36±0,15 ^a	18,75±1,75 ^{efghijkl}	29,50±2,63 ^{defghi}	18,50±0,96 ^{cdefghij}
IĞR50	90,75±2,14 ^{uv}	2,39±0,14 ^a	17,25±0,75 ^{hijkl}	24,00±1,87 ^l	15,25±1,89 ^{hijkl}
ORT.	117,28±1,41	3,83±0,27	20,15±0,27	32,07±0,48	18,28±0,27

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar 0,05 düzeyinde önemli değildir

A. fatua bitkilerinin boy ortalamaları, 163,00 cm ile 83,25 cm arasında değişim göstermektedir. En yüksek bitki boyu IĞR22, en düşük bitki boyu ise IĞR44 popülasyonlarında gözlemlenmiştir. Gövde çapı ortalamaları, 5,35 mm ile 2,16 mm arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek gövde çapı, IĞR22, en düşük gövde çapı değeri ise IĞR46 popülasyonlarında belirlenmiştir. Yaprak uzunluğu en yüksek değeri IĞR18 (32,50 cm), en düşük değeri ise IĞR41 (15,75 cm) popülasyonlarında gözlemlenmiştir. Başak uzunlukları, 43,75 cm ile 24,00 cm arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek başak uzunlukları IĞR30 (43,75 cm) ve IĞR22 (42,25 cm) popülasyonlarında belirlenirken, en düşük başak uzunlukları IĞR43 (24,50 cm) ve IĞR50 (24,00 cm) popülasyonlarında tespit edilmiştir. En yüksek başakçık sayısına

sahip popülasyonlar IĞR30 (26,50 adet) ve IĞR22 (25,00 adet) popülasyonlarında belirlenmiştir. En düşük başakçık sayıları ise IĞR28 (13,50 adet) ve IĞR29 (13,25 adet) popülasyonlarında gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, *A. fatua* popülasyonları arasında belirgin morfolojik farklılıklar gözlemlenmiştir. Başak uzunluğu ve başakçık sayısı da popülasyonlar arasında farklılık göstermekte; IĞR30, her iki karakterde de en yüksek değerlere ulaşarak potansiyel olarak daha fazla tohum üretme kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.2).

Literatürde, *A. fatua* bitki boyu 25,00 ile 120,00 cm arasında değişmektedir (Holm ve ark., 1977). Yapraklar koyu yeşil olup 40,00 cm'ye kadar büyümektedir (Rooney, 1990). Ayrıca, bitki boyunun 80-143 cm arasında değiştiği bildirilmiştir (Miller *et al.*, 1982). Dai *et al.* (2012) bitki boyunu 65,00-95,00 cm arasında belirlemiştir. Mahajan *et al.* (2020) ise bitki boyu ortalamalarının 78,00 ile 108,00 cm arasında değiştiğini rapor etmiştir. Morikawa (1989) ise bitki boyunun 63,00-99,00 cm arasında değiştiğini belirtmiştir. Hem çalışmamızda hem de literatürde *A. fatua* bitkilerinin boyu 25,00 cm ile 150,00 cm arasında değişim göstermektedir. Çalışmamızda yaprak uzunluğunun 15,75 cm ile 32,50 cm arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bu değerler, Rooney (1990) tarafından bildirilen koyu yeşil yaprakların 40,00 cm'ye kadar büyüyebileceği ifadesiyle örtüşmektedir. Sonuç olarak, çalışmamız *A. fatua* bitkilerinin morfolojik özellikleri mevcut literatürdeki bilgilerle karşılaştırıldığında benzerlikler ve farklılıklar olmaktadır. *A. fatua* morfolojik özellikleri ve popülasyonlar arasındaki farklar (başakçık uzunluğu, çiçek sayısı, yaş ağırlık, kuru ağırlık) Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. *Avena fatua* morfolojik özellikleri ve popülasyonlar arasındaki farklar (başakçık uzunluğu, çiçek sayısı, yaş ağırlık, kuru ağırlık)

Kod	Başakçık uzunluğu (cm)	Çiçek sayısı (adet)	Yaş ağırlık (g)	Kuru ağırlık (g)
IĞR0	11,50±1,05 ^{cdefgh}	38,00±3,55 ^{defghijkl}	19,00±0,70 ^{ijklmp}	6,50±0,58 ^{ijklmp}
IĞR1	12,75±0,75 ^{bcde}	43,25±3,22 ^{abcdehgh}	19,75±0,85 ^{hijklmp}	6,75±0,85 ^{hijklmp}
IĞR2	11,75±1,11 ^{cdefgh}	32,75±5,02 ^{ghijkl}	18,25±0,48 ^{lmp}	5,25±0,48 ^{lmp}
IĞR3	10,25±0,85 ^{efghi}	48,50±3,62 ^{abcdef}	20,00±0,41 ^{ghijklm}	7,00±0,41 ^{ghijklm}
IĞR4	10,50±1,26 ^{efghi}	42,75±5,76 ^{bcdehgh}	19,50±0,29 ^{ijklmp}	6,50±0,29 ^{ijklmp}
IĞR5	12,00±1,00 ^{cdefg}	37,50±3,93 ^{efghijkl}	22,75±0,48 ^{de}	9,75±0,48 ^{de}
IĞR6	11,25±0,75 ^{cdefghi}	34,00±2,35 ^{efghijkl}	20,25±0,48 ^{efghijkl}	7,25±0,48 ^{efghijkl}
IĞR7	11,25±1,25 ^{cdefghi}	29,75±4,46 ^{hijkl}	18,25±0,75 ^{lmp}	5,25±0,75 ^{lmp}
IĞR8	10,50±0,65 ^{efghi}	38,75±1,11 ^{cdefghijkl}	15,75±0,85 ^r	2,75±0,85 ^r
IĞR9	13,75±1,89 ^{abcd}	29,25±4,57 ^{hijkl}	18,50±0,65 ^{klmp}	5,50±0,65 ^{klmp}
IĞR10	12,25±1,03 ^{cdef}	48,75±3,77 ^{abcdef}	19,00±0,41 ^{ijklmp}	6,00±0,41 ^{ijklmp}
IĞR11	11,75±0,85 ^{cdefgh}	53,50±4,44 ^{abc}	19,75±0,48 ^{hijklmp}	6,75±0,48 ^{hijklmp}
IĞR12	9,25±0,48 ^{efghij}	29,75±1,25 ^{hijkl}	18,75±0,63 ^{ijklmp}	5,75±0,63 ^{ijklmp}
IĞR13	10,75±0,95 ^{defghi}	24,00±3,08 ^l	17,75±0,25 ^p	4,75±0,25 ^p
IĞR14	10,00±0,71 ^{efghi}	28,50±2,60 ^{hijkl}	18,50±0,29 ^{klmp}	5,50±0,29 ^{klmp}
IĞR15	9,25±0,95 ^{efghij}	29,00±6,72 ^{hijkl}	20,75±0,48 ^{efghij}	7,75±0,48 ^{efghij}
IĞR16	5,50±0,50 ^k	33,25±1,60 ^{ghijkl}	18,50±0,29 ^{klmp}	5,50±0,29 ^{klmp}
IĞR17	11,50±1,19 ^{cdefgh}	39,50±9,68 ^{bcdefghijk}	24,50±0,65 ^{bc}	11,50±0,65 ^{bc}
IĞR18	11,25±1,31 ^{cdefghi}	54,50±7,80 ^{ab}	22,00±0,71 ^{ef}	9,00±0,71 ^{ef}
IĞR19	11,75±0,63 ^{cdefgh}	38,25±1,65 ^{defghijkl}	22,75±0,48 ^{de}	9,75±0,48 ^{de}
IĞR20	11,75±1,11 ^{cdefgh}	41,25±3,50 ^{bcdefghi}	20,75±0,48 ^{efghij}	7,75±0,48 ^{efghij}
IĞR21	10,00±0,41 ^{efghi}	41,50±5,56 ^{bcdefghi}	19,75±0,48 ^{hijklmp}	6,75±0,48 ^{hijklmp}
IĞR22	15,50±1,76 ^{ab}	57,50±5,33 ^a	26,50±0,29 ^a	13,50±0,29 ^a
IĞR23	10,00±0,41 ^{efghi}	49,25±3,71 ^{abcde}	20,75±0,48 ^{efghij}	7,75±0,48 ^{efghij}
IĞR24	10,00±0,71 ^{efghi}	39,50±3,28 ^{bcdefghijk}	22,00±0,71 ^{ef}	9,00±0,71 ^{ef}
IĞR25	12,00±0,82 ^{cdefg}	43,00±4,32 ^{abcdehgh}	21,75±0,63 ^{efg}	8,75±0,63 ^{efg}
IĞR26	10,25±0,63 ^{efghi}	46,50±5,01 ^{abcdehgh}	22,00±0,41 ^{ef}	9,00±0,41 ^{ef}
IĞR27	10,50±0,65 ^{efghi}	38,25±5,25 ^{defghijkl}	21,00±0,41 ^{efghi}	8,00±0,41 ^{efghi}
IĞR28	10,25±1,11 ^{efghi}	29,25±2,78 ^{hijkl}	19,00±0,41 ^{ijklmp}	6,00±0,41 ^{ijklmp}
IĞR29	10,25±1,11 ^{efghi}	30,50±3,30 ^{hijkl}	18,25±0,25 ^{lmp}	5,25±0,25 ^{lmp}
IĞR30	14,00±0,91 ^{abc}	52,75±2,87 ^{abcd}	25,75±0,63 ^{ab}	12,75±0,63 ^{ab}

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar 0,05 düzeyinde önemli değildir

Çizelge 4.3 (Devam)

Kod	Başakçık uzunluğu (cm)	Çiçek sayısı (adet)	Yaş ağırlık (g)	Kuru ağırlık (g)
IĞR31	10,75±0,95 ^{defghi}	30,50±4,73 ^{hijkl}	19,50±1,26 ^{ijklmp}	6,50±1,26 ^{ijklmp}
IĞR32	11,00±1,08 ^{defghi}	54,00±6,49 ^{ab}	24,00±1,47 ^{cd}	11,00±1,47 ^{cd}
IĞR33	8,75±0,75 ^{hij}	29,50±3,40 ^{hijklhijkl}	19,50±0,65 ^{ijklmp}	6,50±0,65 ^{ijklmp}
IĞR34	15,75±1,31 ^a	29,50±3,40 ^{hijkl}	19,75±0,85 ^{hijklmp}	6,75±0,85 ^{hijklmp}
IĞR35	9,75±0,48 ^{efghi}	33,50±1,26 ^{efghijkl}	18,50±0,29 ^{klmp}	5,50±0,29 ^{klmp}
IĞR36	9,00±0,41 ^{ghij}	41,00±2,04 ^{bcdefghij}	20,50±0,65 ^{efghijk}	7,50±0,65 ^{efghijk}
IĞR37	10,50±0,96 ^{efghi}	29,50±2,50 ^{hijkl}	21,25±0,25 ^{efghi}	8,25±0,25 ^{efghi}
IĞR38	14,00±0,41 ^{abc}	48,75±3,73 ^{abcdef}	20,75±0,48 ^{efghij}	7,75±0,48 ^{efghij}
IĞR39	11,00±1,08 ^{defghi}	42,25±8,09 ^{bcdefgh}	20,75±0,48 ^{efghij}	7,75±0,48 ^{efghij}
IĞR40	12,00±0,41 ^{cdefg}	36,25±3,97 ^{efghijkl}	21,50±0,29 ^{efgh}	8,50±0,29 ^{efgh}
IĞR41	9,00±0,71 ^{ghij}	26,75±4,33 ^{ijkl}	20,00±0,41 ^{ghijklm}	7,00±0,41 ^{ghijklm}
IĞR42	11,75±1,38 ^{cdefgh}	39,50±6,03 ^{bcdefghijk}	25,25±0,48 ^{abc}	12,25±0,48 ^{abc}
IĞR43	8,75±0,48 ^{hij}	25,75±2,84 ^{ijkl}	18,00±0,41 ^{mp}	5,00±0,41 ^{mp}
IĞR44	6,25±0,63 ^{jk}	24,00±3,44 ^l	18,75±0,25 ^{ijklmp}	5,75±0,25 ^{ijklmp}
IĞR45	10,50±0,29 ^{efghi}	35,75±0,85 ^{efghijkl}	18,50±0,29 ^{klmp}	5,50±0,29 ^{klmp}
IĞR46	8,75±0,48 ^{hij}	29,25±2,02 ^{hijkl}	18,00±0,41 ^{mp}	5,00±0,41 ^{mp}
IĞR47	9,25±0,48 ^{efghij}	35,50±4,35 ^{efghijkl}	20,50±0,87 ^{efghijk}	7,50±0,87 ^{efghijk}
IĞR48	9,75±0,75 ^{efghi}	28,50±5,42 ^{hijkl}	19,00±0,41 ^{ijklmp}	6,00±0,41 ^{ijklmp}
IĞR49	10,00±0,71 ^{efghi}	40,00±4,14 ^{bcdefghijk}	21,75±0,48 ^{efg}	8,75±0,48 ^{efg}
IĞR50	8,25±0,25 ^{ij}	25,00±4,06 ^{kl}	18,25±0,25 ^{lmp}	5,25±0,25 ^{mp}

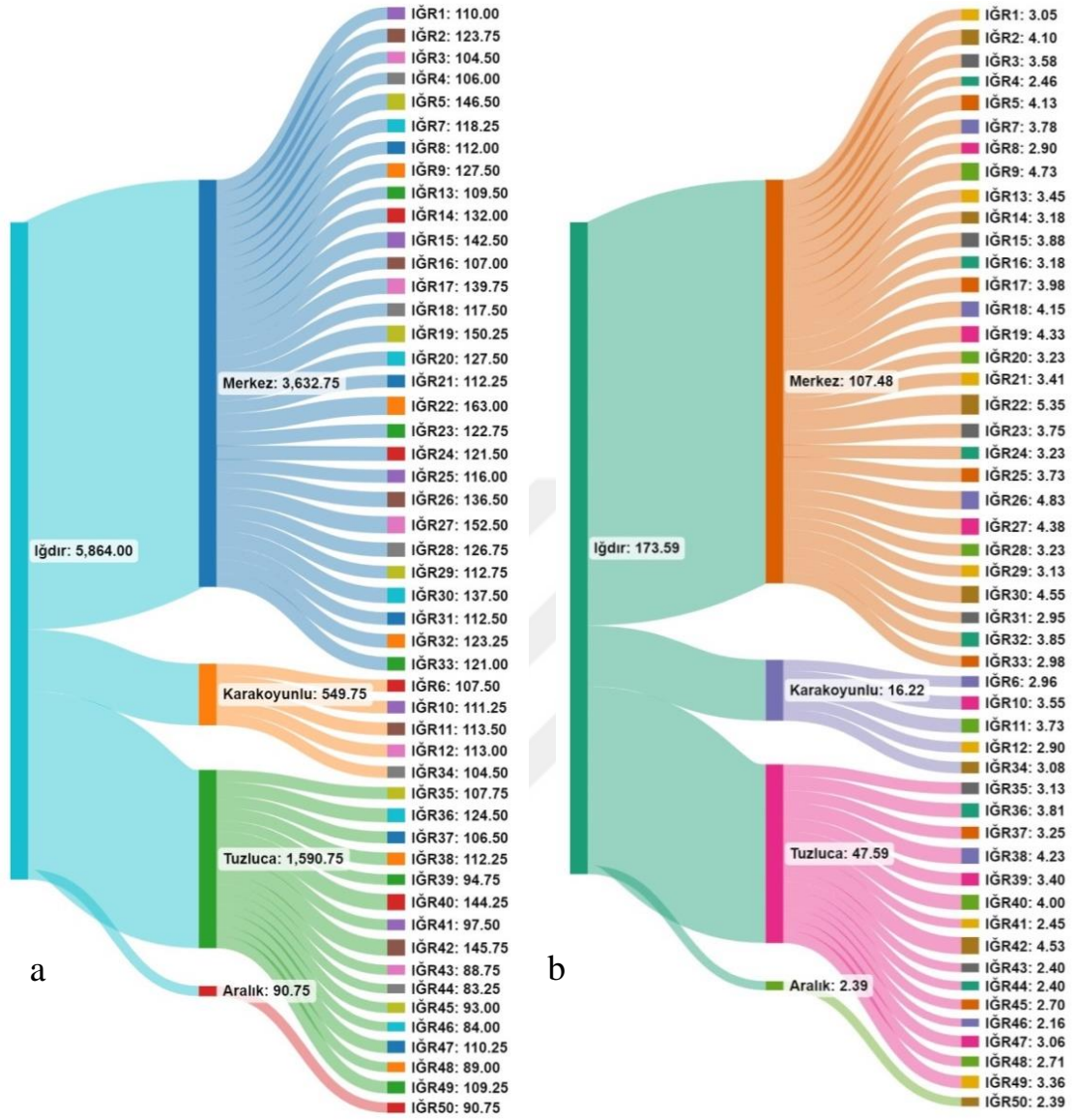
Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar 0,05 düzeyinde önemli değildir

A. *fatua* popülasyonları arasında başakçık uzunluğu, çiçek sayısı, yaş ağırlığı ve kuru ağırlık gibi morfolojik karakterlerde dikkate değer farklılıklar gözlemlenmiştir. Başakçık uzunluğu en yüksek değeri 15,75 cm ile IĞR34 popülasyonunda belirlenmiş olup, en düşük başakçık uzunluğu ise 5,50 cm ile IĞR16 popülasyonunda tespit edilmiştir. Çiçek sayısı açısından popülasyonlar arasında büyük bir değişkenlik bulunmakta olup, en fazla çiçek sayısı 57,50 adet ile IĞR22'de kaydedilmiştir. En az çiçek sayısı ise 24,00 adet ile IĞR44 popülasyonunda gözlemlenmiştir. Yaş ağırlıkları 15,75 g ile 26,50 g arasında değişim göstermekte, IĞR22 popülasyonunda en yüksek yaş ağırlığı, en düşük yaş ağırlıkları ise IĞR8 popülasyonunda kaydedilmiştir. Kuru ağırlık değerleri de benzer bir dağılım göstermektedir. En yüksek kuru ağırlık 13,50 g ile IĞR22, popülasyonunda, en düşük değer ise IĞR13 (4,75 g) ve IĞR8 (2,75 g) popülasyonlarında elde edilmiştir (Çizelge 4.3). Sonuç olarak, IĞR34 popülasyonunun

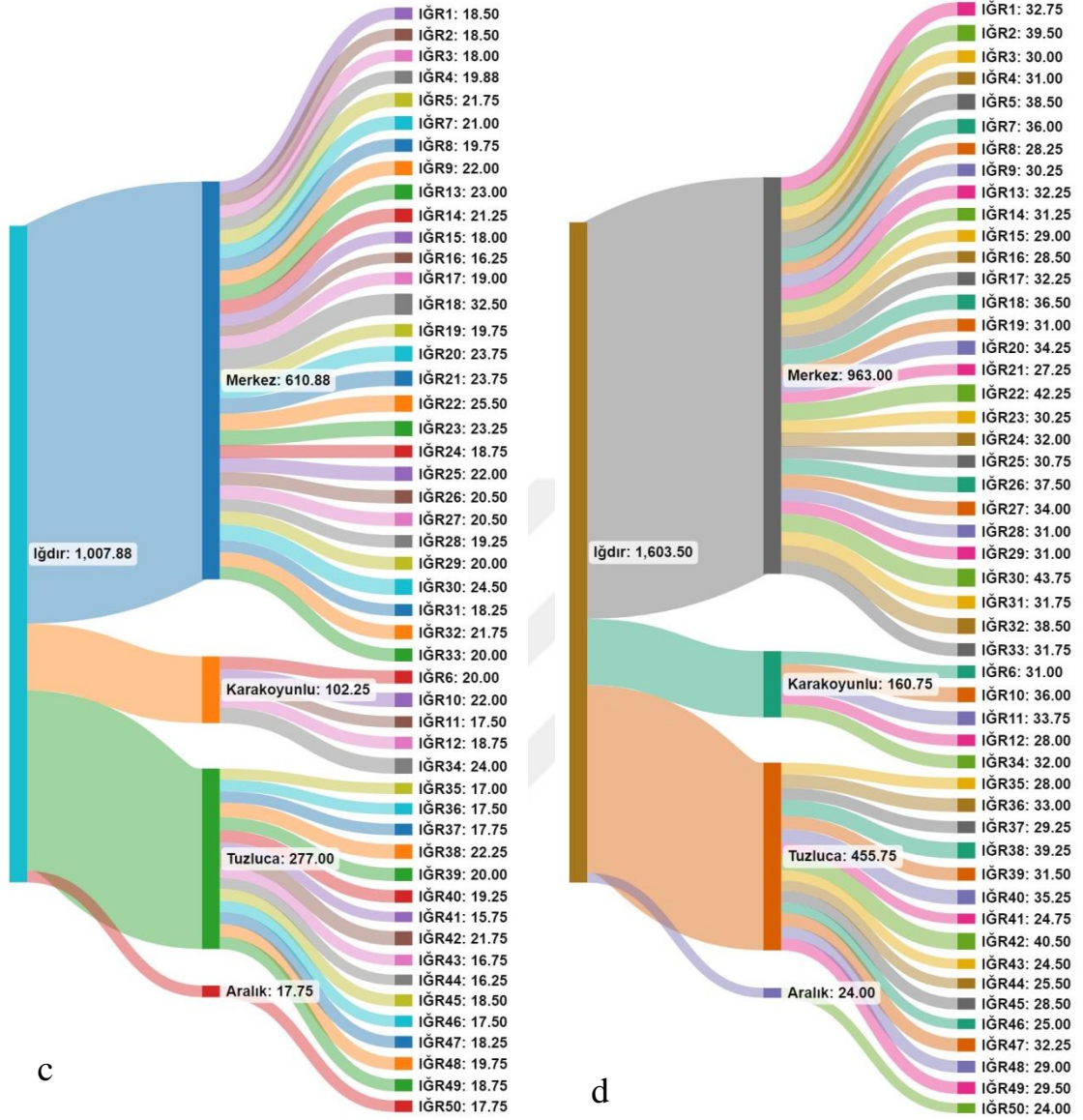
başakçık uzunluğu bakımından en yüksek değere sahip olması, bu popülasyonun potansiyel olarak daha fazla tohum üretebileceğini göstermektedir. IĞR22 popülasyonu en yüksek çiçek sayısına sahip olup, bu durum onun üreme başarısını artırabilir. Öte yandan, IĞR46 ve IĞR43 gibi popülasyonlarda gözlemlenen düşük yaş ve kuru ağırlıklar belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Literatürde başak uzunluğunun 10,00-40,00 cm arasında değiştiği (CABI, 2024) belirtilmektedir. Bu çalışma, mevcut literatürdeki başak uzunluğu değerleriyle benzerlik göstermektedir; ancak, IĞR34 popülasyonundaki 15,75 cm'lik en yüksek başak uzunluğu, önceki çalışmaların öngördüğü aralığın üst sınırına yakın bir değerdir. Kuru ağırlık ortalamalarının 10,10 g ile 13,60 g arasında değiştiği (Dai *et al.*, 2012) bildirilmiştir. Öte yandan, Mahajan *et al.* (2020), çalışmasında kuru ağırlık ortalaması 8,90 g ve yaş ağırlık ortalaması ise 31,50 g olarak belirlenmiştir. Bu durumda, yaş ağırlıklarının mevcut çalışmadaki 26,50 g ile kıyaslandığında daha yüksek olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, çalışmanız *A. fatua* bitkilerinin morfolojik özellikleri mevcut literatürdeki bilgilerle karşılaştırıldığında benzerlikler ve farklılıklar olmaktadır.

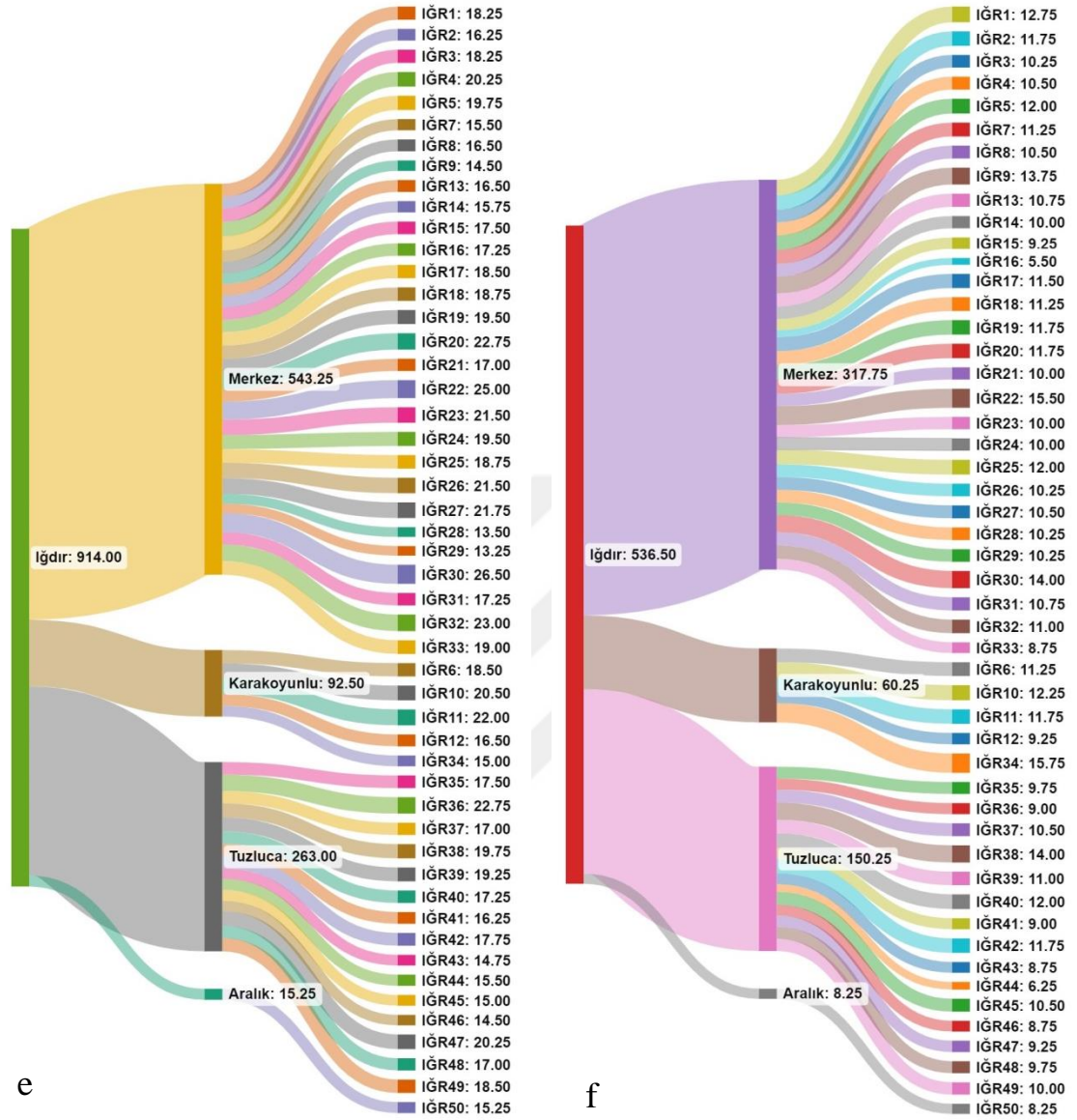
Iğdır ili ve ilçelerinde toplanan *A. fatua* popülasyonlarının ilçelere göre ayrı ayrı değerlendirilmesi ve aralarındaki ilişkilere dair görselleştirme amacıyla Sankey diyagramı analizi yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında Merkez ilçede 29 popülasyon, Tuzluca ilçesinde 15 popülasyon, Karakoyunlu ilçesinde 5 popülasyon ve Aralık ilçesinde 1 popülasyon toplanmıştır. Analiz sonuçları, her bir popülasyondan elde edilen morfolojik değerlerin belirgin bir şekilde sunulmasını sağlar. Sankey diyagramları, bitki boyu ve gövde çapı ile ilgili sonuçlar Şekil 4.1'de, yaprak uzunluğu ve başak uzunluğu verileri Şekil 4.2'de, başakçık sayısı ve başakçık uzunluğu Şekil 4.3'te, çiçek sayısı Şekil 4.4'te, yaş ağırlık ve kuru ağırlık verileri ise Şekil 4.5'te görselleştirilmiştir.



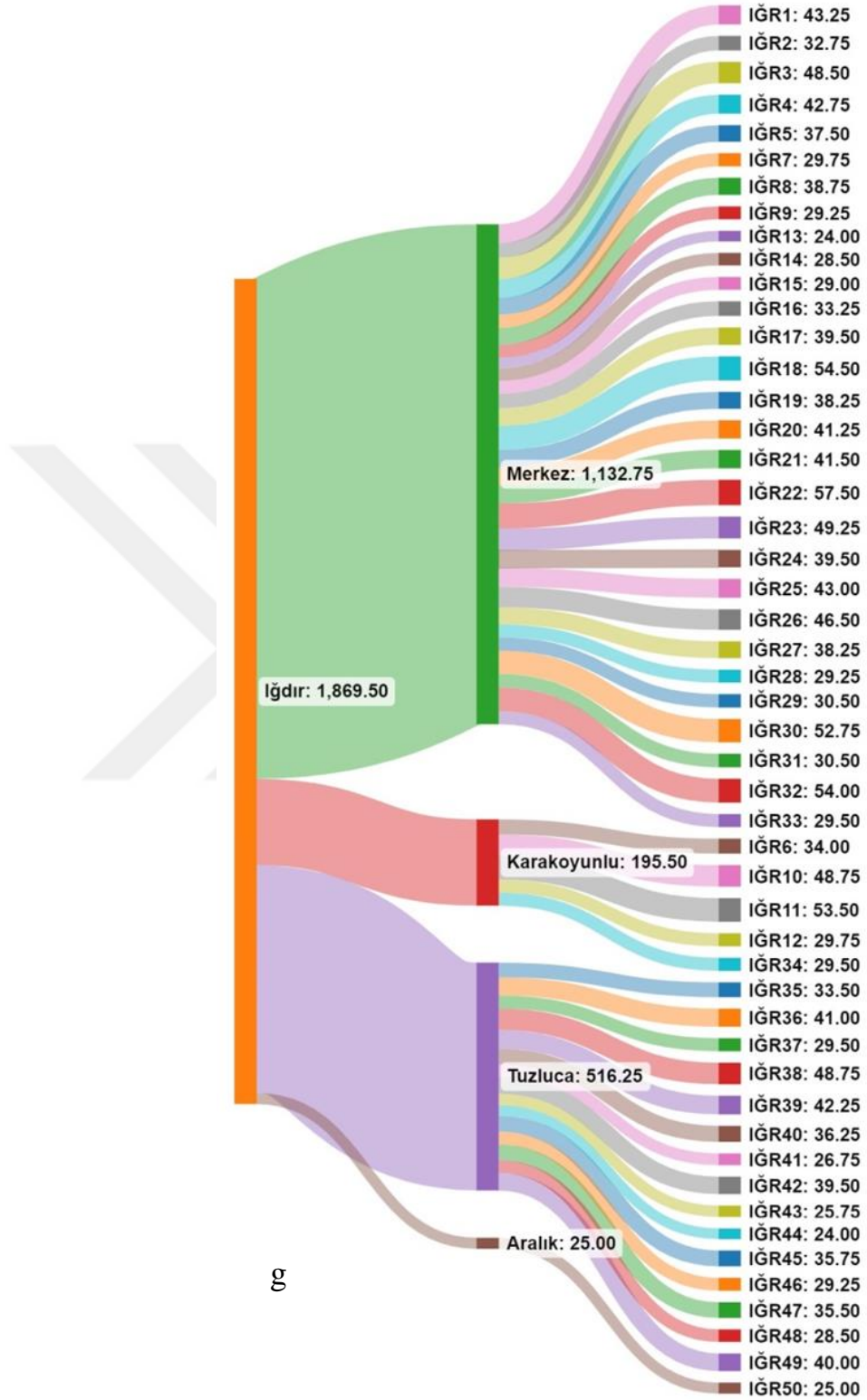
Şekil 4.1. Sankey diyagramı analizi (a; bitki boyu, b; gövde çapı)



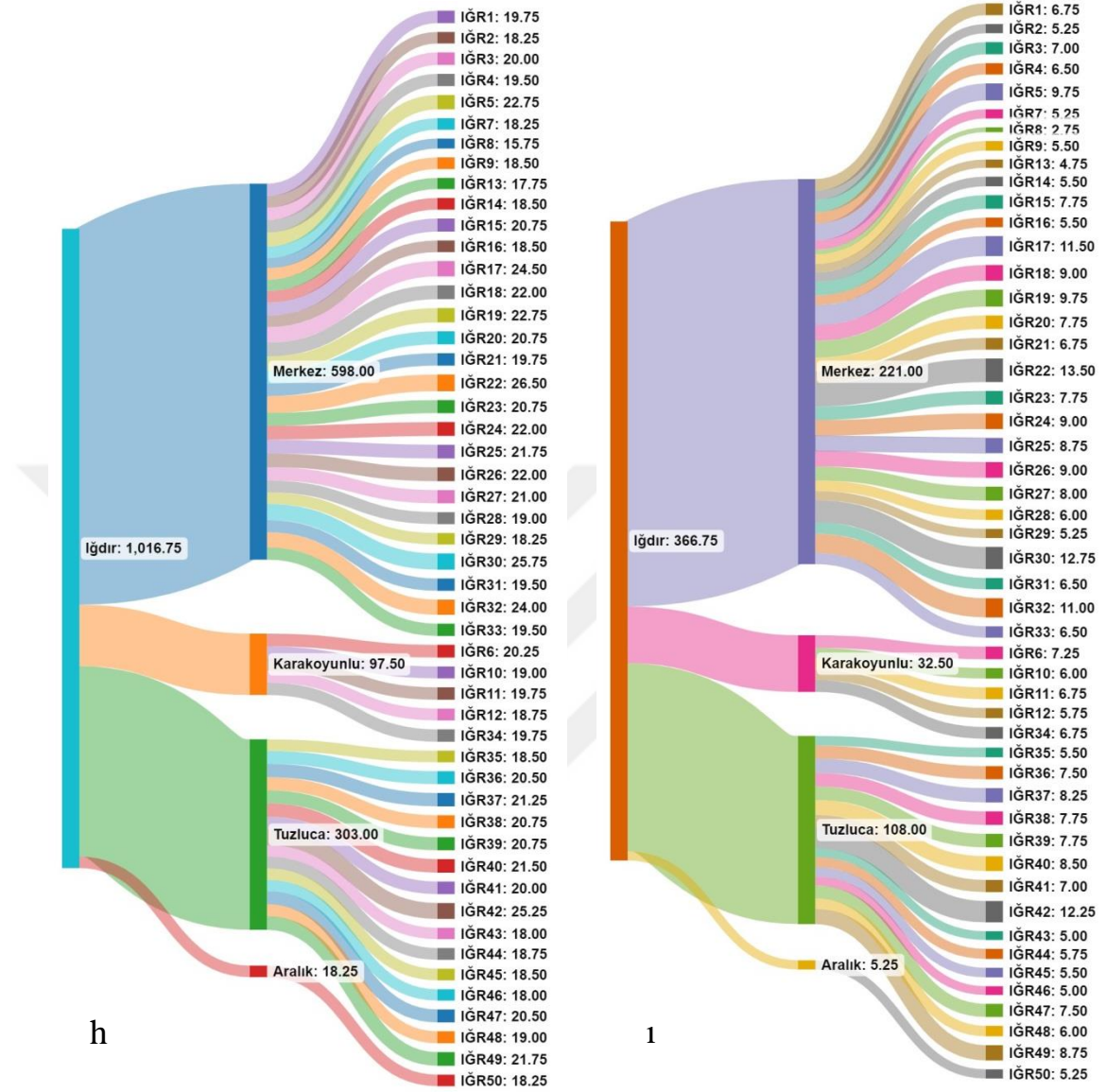
Şekil 4.2. Sankey diyagramı analizi (c; yaprak uzunluğu, d; başak uzunluğu)



Şekil 4.3. Sankey diyagramı analizi (e; başakçık sayısı, f; başakçık uzunluğu)



Şekil 4.4. Sankey diyagramı analizi (g; çiçek sayısı)



Şekil 4.5. Sankey diyagramı analizi (h; yaş ağırlık, ı; kuru ağırlık)

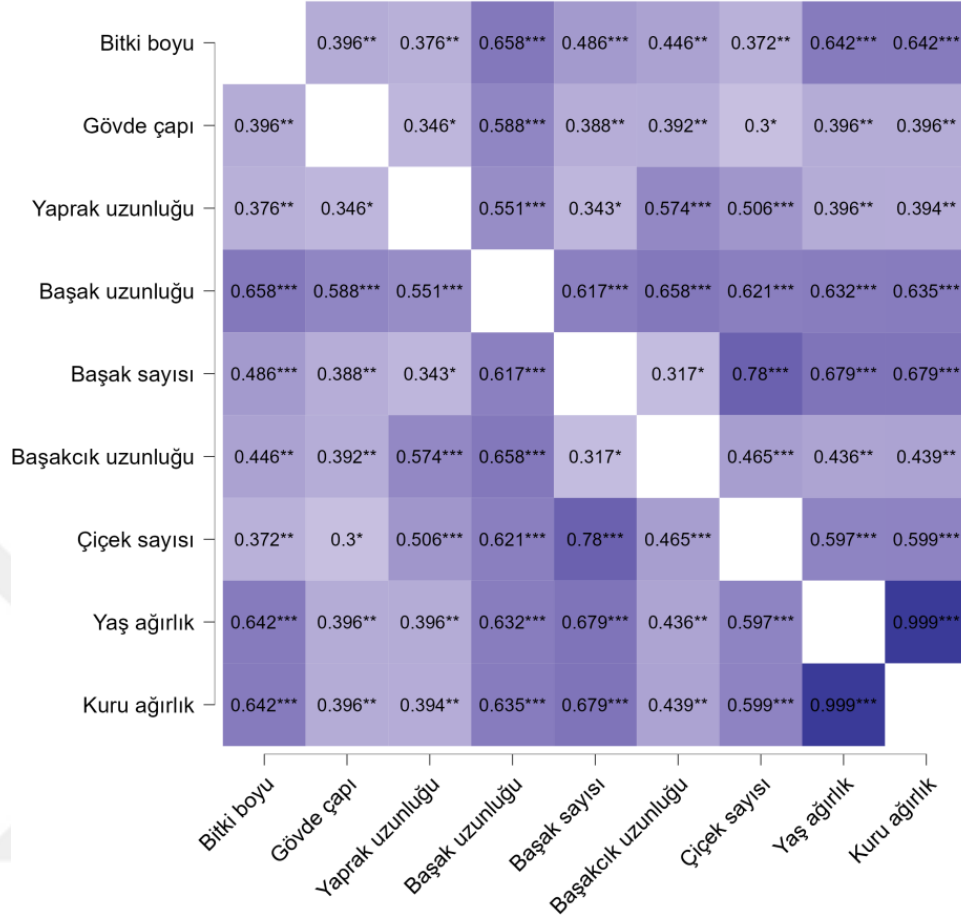
4.1.1. Popülasyonların ve Parametrelerin Çok Değişkenli Analizi

Tek yönlü varyans analizine ek olarak popülasyonlar ve parametreler arasındaki ilişkiyi belirlemek için bir dizi istatistiksel analiz yapılmıştır. Çalışma kapsamında değerlendirilen *A. fatua* bitkisinin morfolojik özellikleri arasında bitki boyu, gövde çapı, yaprak uzunluğu, başak uzunluğu, başakçık sayısı, başakçık uzunluğu, çiçek sayısı, yaş ağırlık ve kuru ağırlık bulunmaktadır. Bu özelliklerin birbirleriyle olan ilişkilerini anlamak, popülasyonlar arasındaki morfolojik farklılıkları ve benzerlikleri ortaya koymak için çeşitli istatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Öncelikle, değişkenler

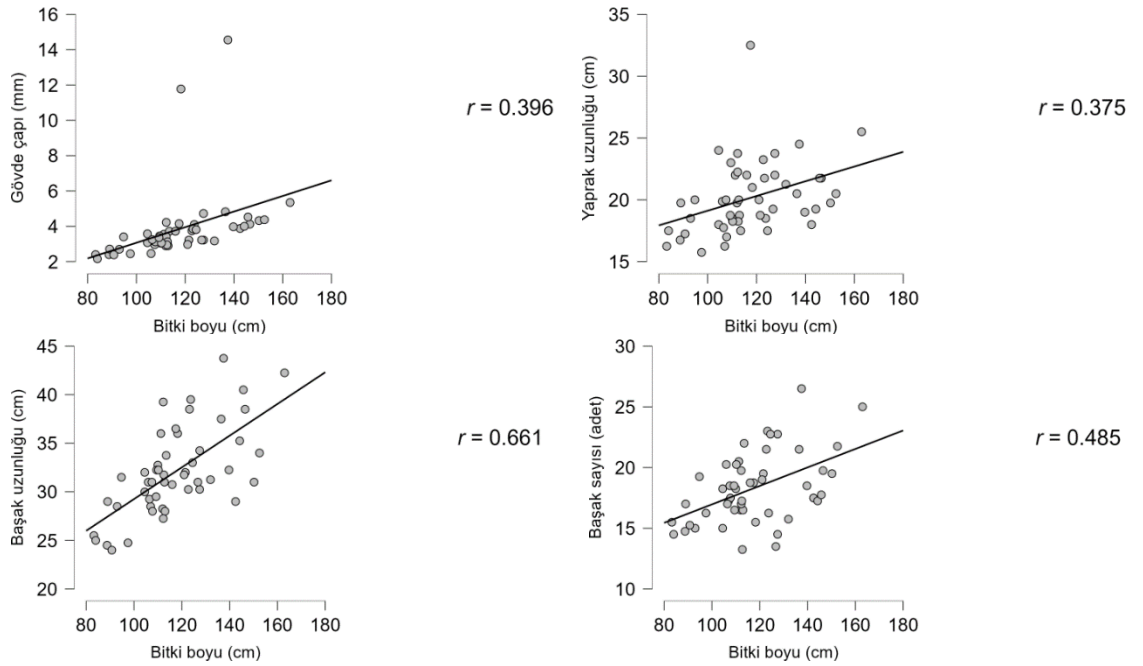
arasındaki korelasyon analizi gerçekleştirilmiş ve bu analiz sayesinde her bir morfolojik özellik arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Korelasyon analizi, değişkenler arasındaki doğrusal ilişkilerin gücünü ve yönünü ölçmeyi amaçlamaktadır. Ardından, ısı haritası kümelemesi uygulanarak, morfolojik verilerin görselleştirilmesi sağlanmış ve benzer özellikler gösteren popülasyonlar arasındaki benzerlikler ortaya konmuştur. Ayrıca, hiyerarşik kümeleme analizi yapılmış; bu analiz sayesinde benzer özellikler gösteren popülasyonlar belirli gruplar altında toplanmıştır. Ek olarak, ağ analizi ile popülasyon arasındaki ilişki düzeylerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Ayrıca çok boyutlu veri setlerini daha az sayıda boyuta indirgemek için kullanılarak, verilerin önemli bileşenlerinin ortaya konması için temel bileşen analizi yapılmıştır. Tüm bu istatistiksel analizler, *A. fatua* popülasyonlarının morfolojik özellikleri arasındaki ilişkileri inceleyerek, bitki çeşitliliğini anlamak için önemli bir temel oluşturmuştur.

4.1.1.1. Değişkenler arasındaki korelasyon

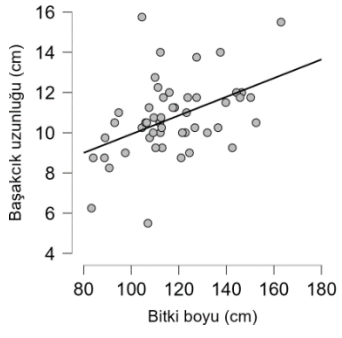
Çalışmada *A. fatua*'nın morfolojik özelliklerinin birbiriyle pozitif ilişki içerisinde olduğu belirlenmiştir. Parametreler arasında istatistiksel seviyeler farklılık gösterse de, genel olarak ilişki düzeyi anlamlı bulunmuştur. En yüksek ilişki yaş ve kuru ağırlık parametreleri arasında saptanırken, en düşük ilişki ise çiçek sayısı ile gövde çapı arasında gözlenmiştir (Şekil 4.6, Şekil 4.7).



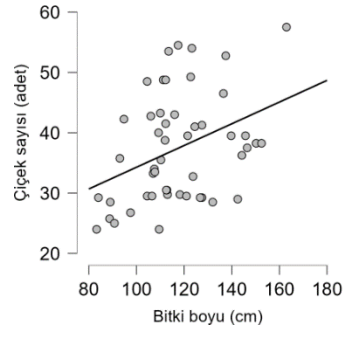
Şekil 4.6. *Avena fatua* morfolojik özelliklerinin korelasyon analizi



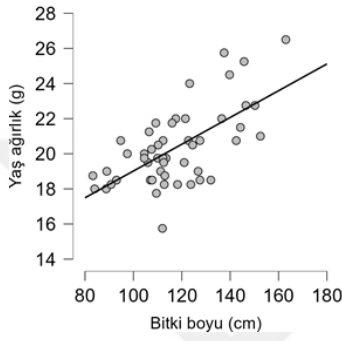
Şekil 4.7. *Avena fatua* morfolojik özelliklerinin birbirleri ile korelasyonları



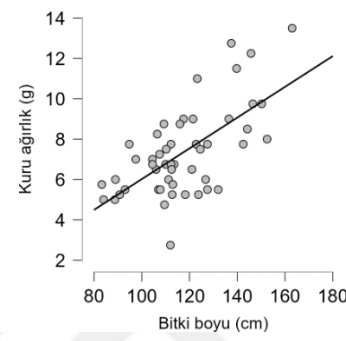
$r = 0.448$



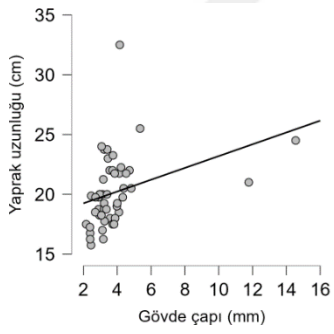
$r = 0.372$



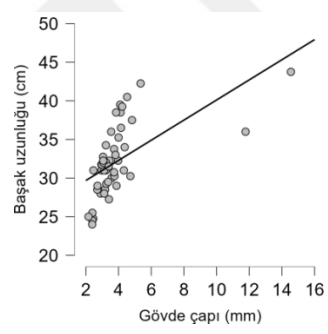
$r = 0.642$



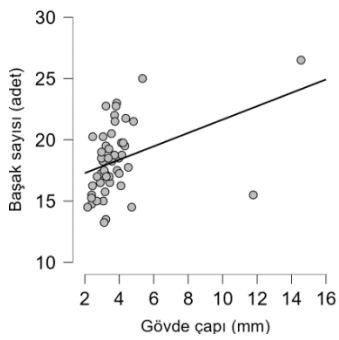
$r = 0.642$



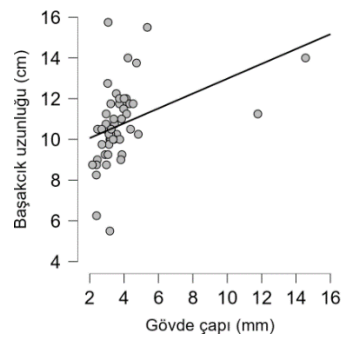
$r = 0.347$



$r = 0.589$

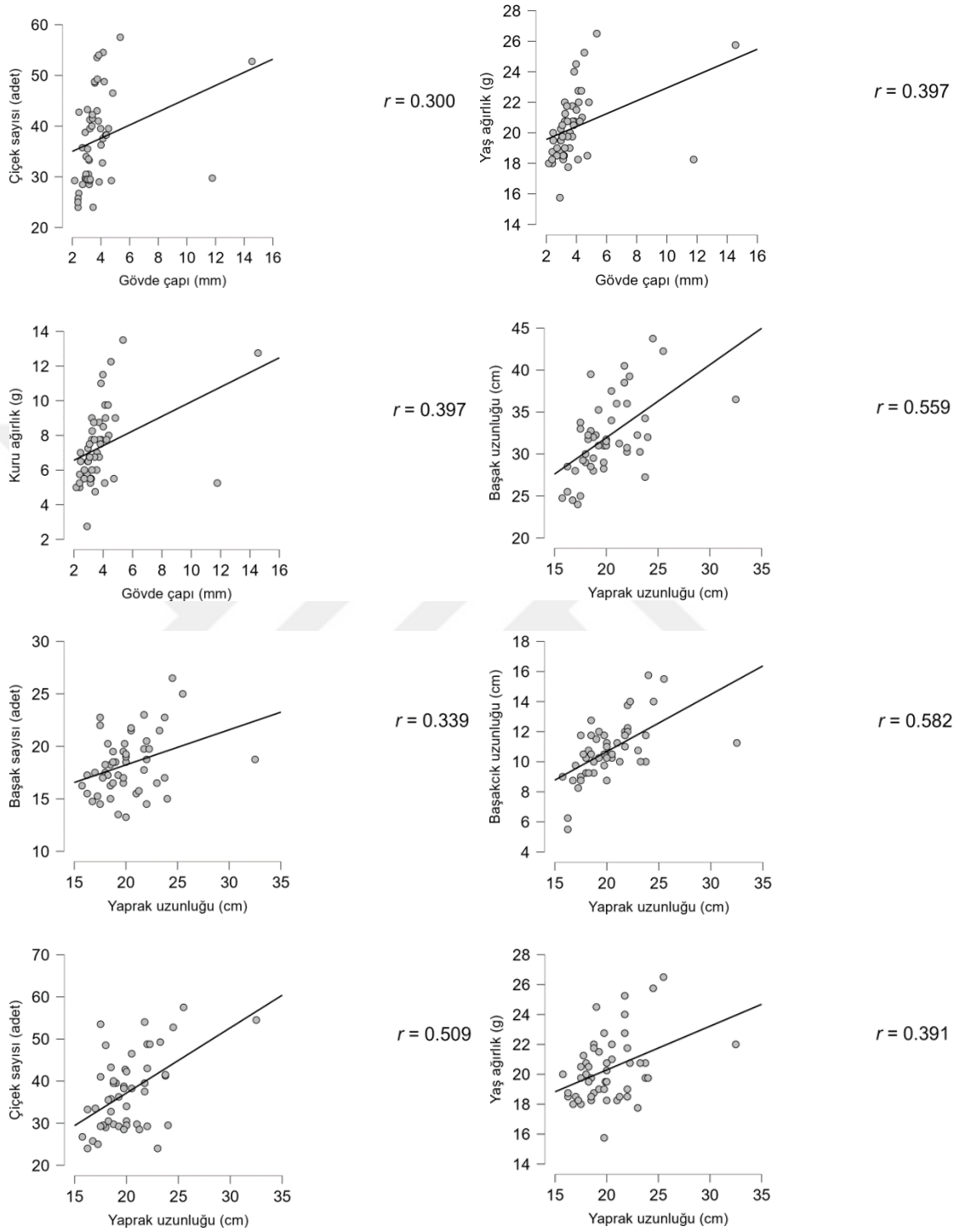


$r = 0.388$

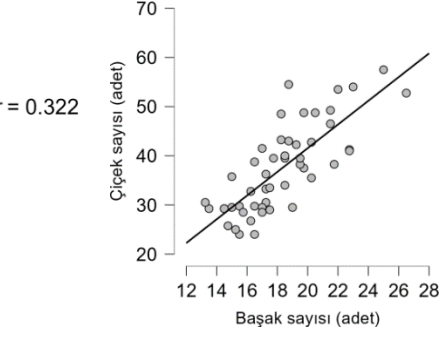
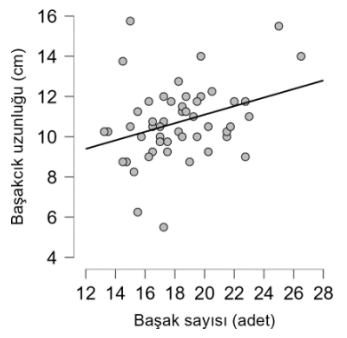
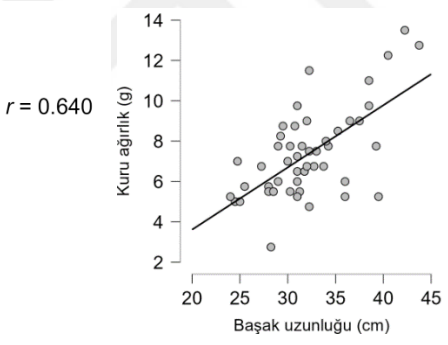
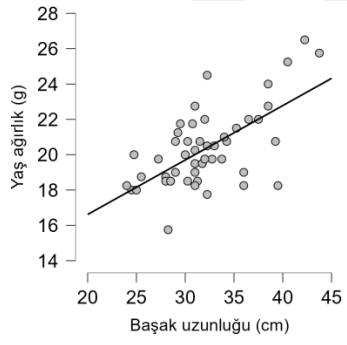
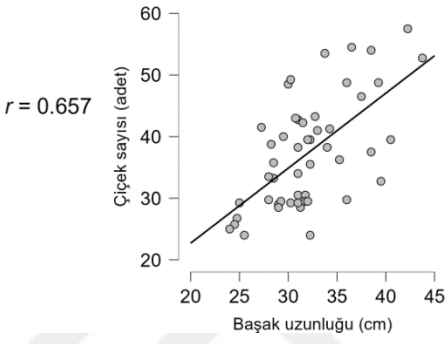
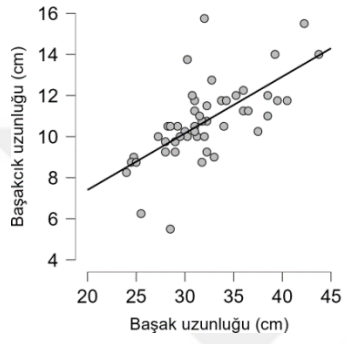
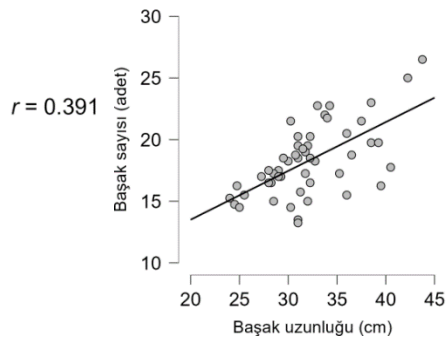
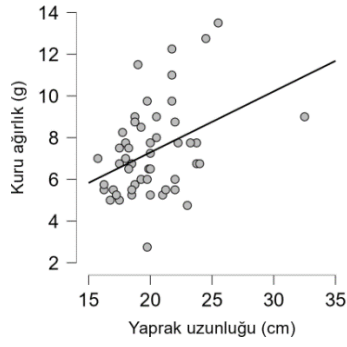


$r = 0.393$

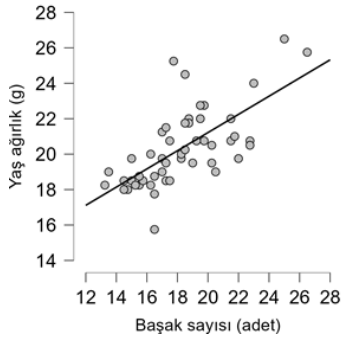
Şekil 4.7 (devam)



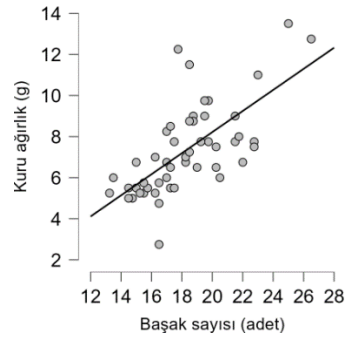
Şekil 4.7 (devam)



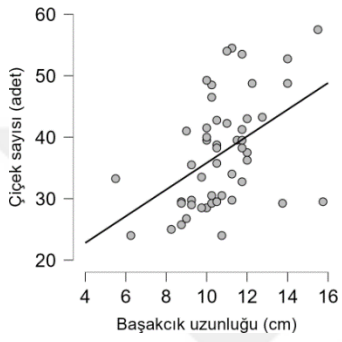
Şekil 4.7 (devam)



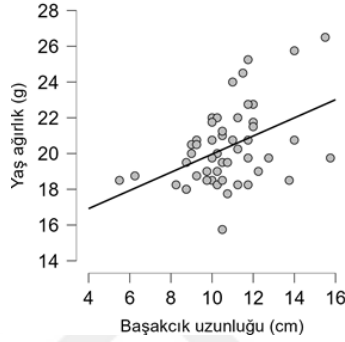
$r = 0.678$



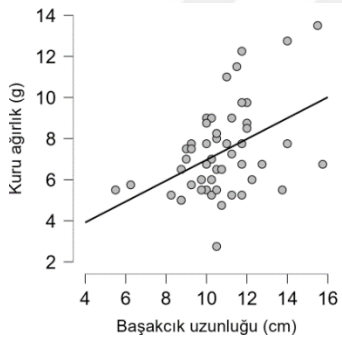
$r = 0.678$



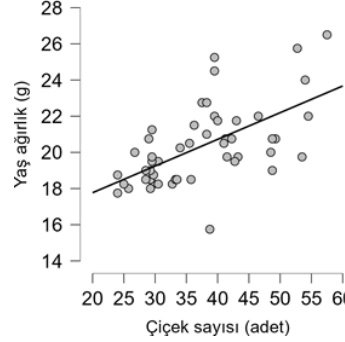
$r = 0.465$



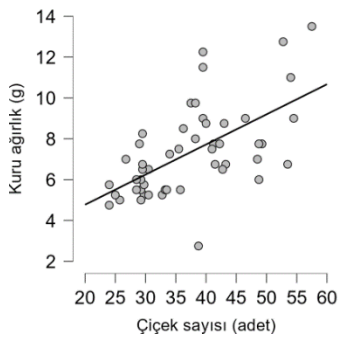
$r = 0.443$



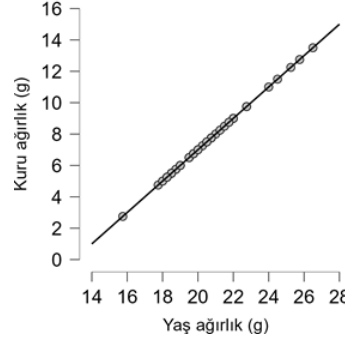
$r = 0.443$



$r = 0.600$



$r = 0.600$

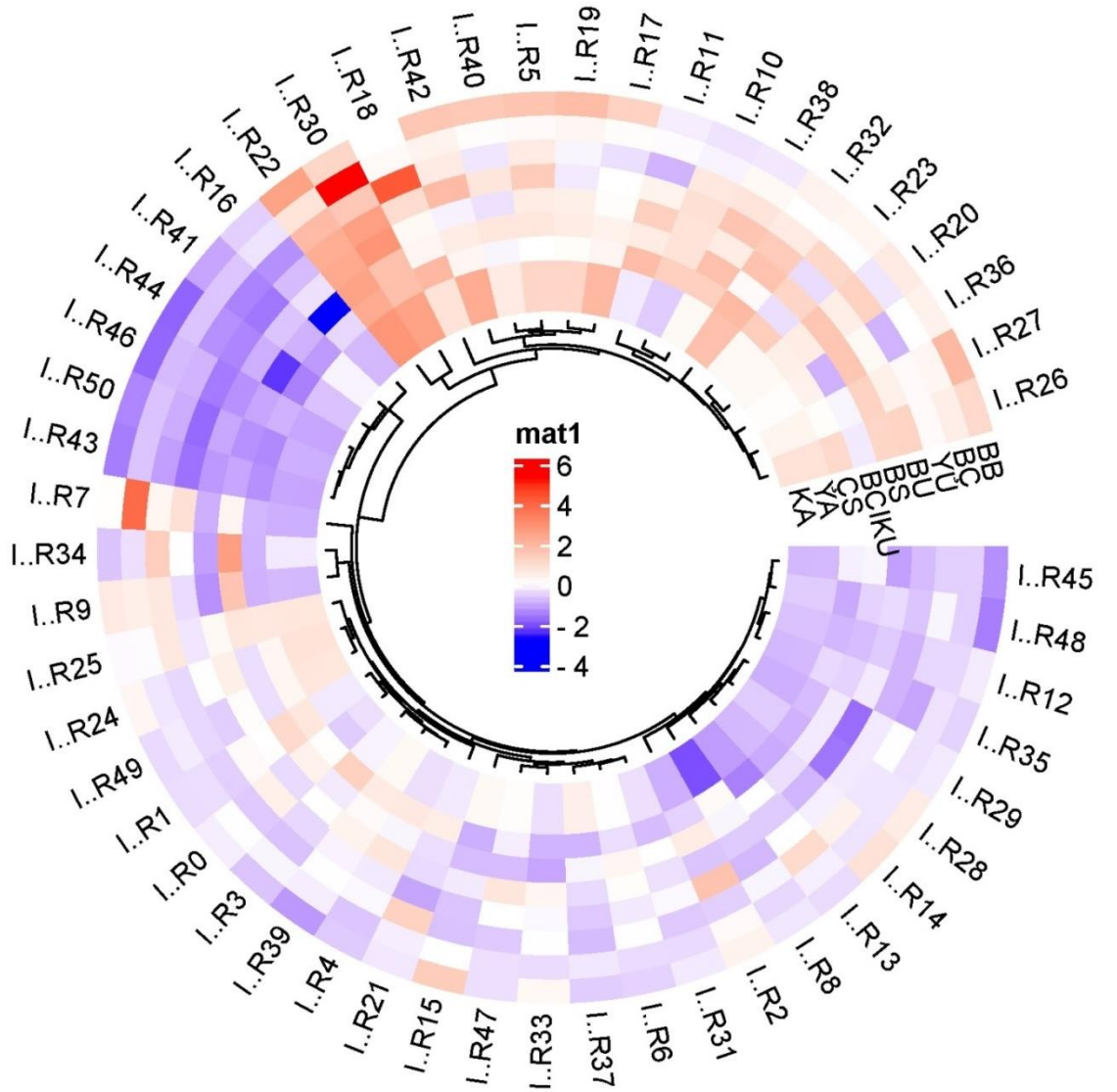


$r = 1.000$

Şekil 4.7 (devam)

4.1.1.2. Isı Haritası kümeleme analizi

Isı haritası kümelemesi analizi, *A. fatua*'nın morfolojik özelliklerini incelemek, farklı popülasyonlar arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları görselleştirmek, morfolojik karakterleri arasındaki ilişkileri belirlemeye ve benzer özelliklere sahip popülasyonları gruplandırmaya amacıyla yapılmıştır. Bu analiz bağımlı ve bağımsız değişkenleri net bir şekilde görselleştirmiştir (Şekil 4.8).

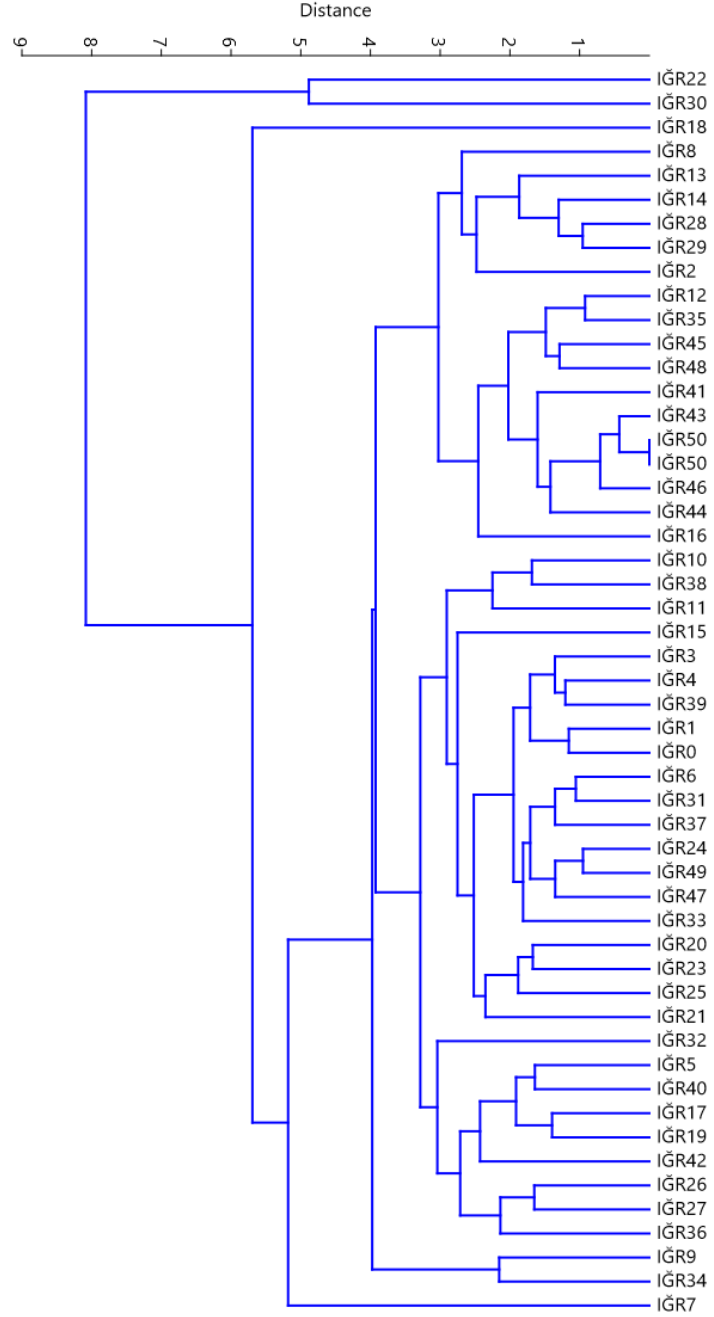


Şekil 4.8. *Avena fatua* morfolojik özelliklerin ısı haritası kümelemesi (BB: Bitki boyu, GÇ: Gövde çapı, YU: Yaprak uzunluğu, BU: Başak uzunluğu, BS: Başak sayısı, BCIKU: Başakçık uzunluğu, ÇS: Çiçek sayısı, YA: Yaş ağırlık, KA: Kuru ağırlık)

Bu analizde, elde edilen değerler, kırmızıdan maviye değişen bir renk aralığı ile gösterilen (+6 ıla -4) iki ana kümeye ayrılmıştır. İlk ana küme, IĞR26, IĞR27, IĞR20, IĞR23, IĞR36, IĞR32, IĞR38, IĞR10, IĞR11, IĞR17, IĞR19, IĞR5, IĞR40, IĞR42, IĞR30, IĞR22 ve IĞR18 popülasyonlarını içermektedir. Diğer popülasyonlar ise ikinci ana kümede yer almıştır. Varyans analizi bulgularında da belirtildiği gibi, en yüksek değerlerin elde edildiği IĞR22 ve IĞR30 popülasyonları, ısı haritası kümelemesi içerisinde kendi içlerinde bir grup oluşturarak belirgin bir farklılık göstermişlerdir (Şekil 4.8).

4.1.1.3. Hiyerarşik kümeleme analizi

Hiyerarşik kümeleme analizi, *A. fatua*'nın benzer morfolojik özelliklere sahip popülasyonları gruplandırarak ilişkilerini görsel olarak incelemek ve karmaşık verileri daha anlaşılır hale getirerek dendrogramlar gibi görsel araçlar ile grupların hiyerarşik yapısını görmek amaçlanmıştır. *A. fatua* morfolojik özelliklerinin hiyerarşik kümeleme analizine ait dendrogram Şekil 4.9'da verilmiştir.

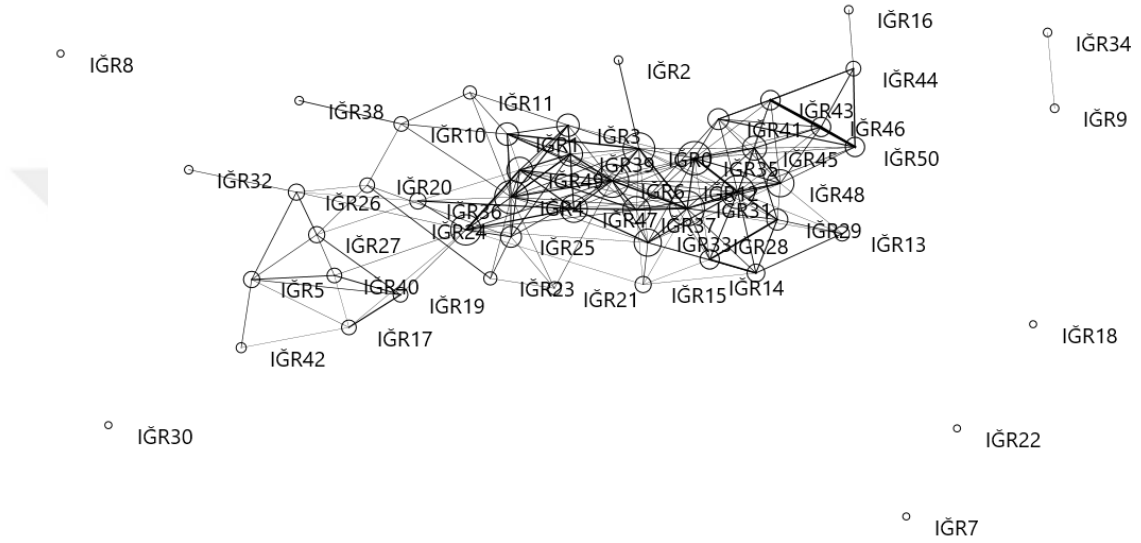


Şekil 4.9. *Avena fatua* morfolojik özelliklerin hiyerarşik kümeleme analizine ait dendrogram

Yapılan hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda, iki ana grup belirlenmiştir. Bu ana gruplardan birinde IĞR22 ve IĞR30 popülasyonları bir arada yer alırken, diğer ana grupta IĞR18 popülasyonu tek başına bir grup oluşturmuştur. Benzer bir şekilde, IĞR7 popülasyonu da ayrı bir grup halinde değerlendirilmiştir (Şekil 4.9).

4.1.1.4. Ağ grafiği analizi

Ağ grafiği analizi, *A. fatua*'nın morfolojik özellikleri arasındaki ilişkileri ve etkileşimleri belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu analizde, düğümler arasındaki çizgilerin kalınlığı, ilişkilerin gücünü temsil etmektedir; ince çizgiler zayıf ilişkileri, kalın çizgiler ise güçlü ilişkileri göstermektedir (Şekil 4.10).

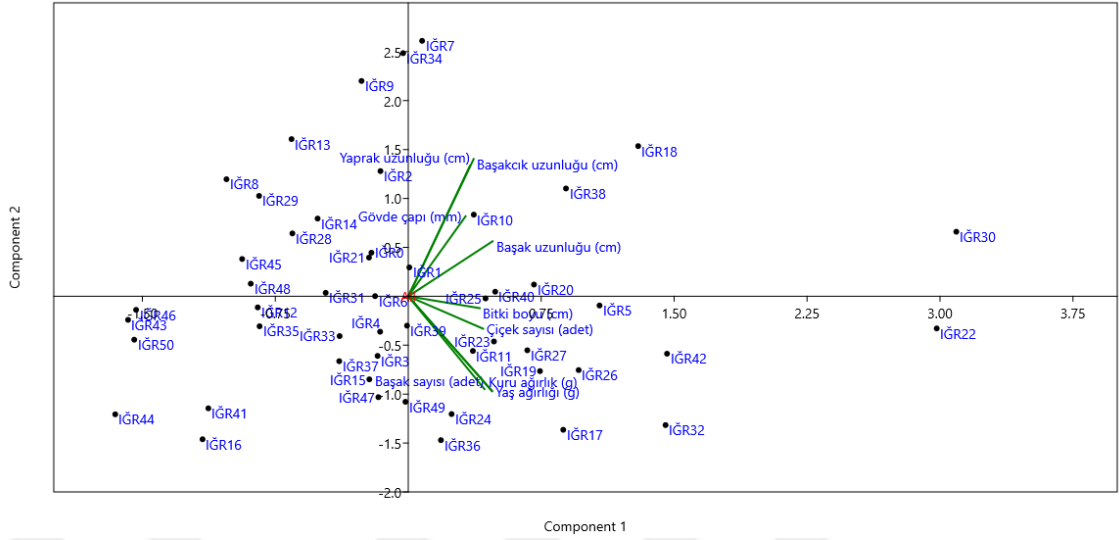


Şekil 4.10. *Avena fatua* morfolojik özelliklerin ağ grafiği analizi

Elde edilen sonuçlar, ısı haritası kümelemesi ile tutarlı bir şekilde net ayrımlara işaret etmektedir. Analiz sonucunda, IGR8, IGR30, IGR7, IGR22 ve IGR18 popülasyonları herhangi bir popülasyon ile ilişki kurmamıştır. Öte yandan, IGR34 ve IGR9 popülasyonları kendi aralarında bir ilişki oluştururken, diğer popülasyonlar kontrol popülasyonu (IGR0) ile birlikte belli bir dereceye kadar birbirleriyle ilişkili bulunmuştur (Şekil 4.10).

4.1.1.5. Temel bileşen analizi

Temel bileşen analizi, Çok boyutlu veri setlerini daha az sayıda boyuta indirgemek için kullanılarak, verilerin önemli bileşenlerinin ortaya konması için yapılmıştır. *A. fatua* popülasyonları, morfolojik özellikleri temel bileşenler analizi çerçevesinde bir biplot üzerinde dağılmıştır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. *Avena fatua* morfolojik özelliklerin temel bileşen analizi

Bu analizde elde edilen ilk iki bileşen (PC1: %78,35 ve PC2: %14,65), orijinal verilerin değişkenliğinin %93'ünü açıklamıştır. Bu yüksek varyans oranı, temel bileşenler analizinin tahmin edilen parametrelerin etkisini değerlendirmede ne kadar etkili olduğunu göstermektedir. Analiz sonucunda, İlk bileşen (PC1), IĞR5 (+1,06 puan), IĞR7 (+0,07 puan), IĞR10 (+0,36 puan), IĞR11 (+0,35 puan), IĞR17 (+0,86 puan), IĞR18 (+1,28 puan), IĞR19 (+0,73 puan), IĞR20 (+0,69 puan), IĞR22 (+2,94 puan), IĞR23 (+0,47 puan), IĞR24 (+0,23 puan), IĞR25 (+0,42 puan), IĞR26 (+0,94 puan), IĞR27 (+0,66 puan), IĞR30 (+3,05 puan), IĞR32 (+1,43 puan), IĞR36 (+0,18 puan), IĞR38 (+0,88 puan), IĞR40 (+0,48 puan) ve IĞR42 (+1,44 puan) popülasyonlarıyla pozitif bir ilişki sergilemektedir. Diğer popülasyonlar ise kontrol popülasyonu (-0,20 puan) ile negatif bir ilişki göstermektedir. Biplot grafiği incelendiğinde, IĞR30 popülasyonu, pozitif ilişki gösteren en yüksek puan (+3,05) ile dikkat çekerken, IĞR22 (+2,94) ve diğer birçok popülasyon da pozitif ilişkiler sergilemiştir. Ayrıca, kontrol popülasyonu, diğerleriyle negatif bir ilişki göstererek farklılıklarını ortaya koymuştur (Şekil 4.11). Popülasyonlar ve parametrelerin çok değişkenli analizi, *A. fatua* popülasyonlarının morfolojik özellikleri üzerinde kapsamlı bir değerlendirme sağlamıştır. Yapılan çeşitli analizler, bu popülasyonlar arasında belirgin ilişkilerin ve farklılıkların varlığını ortaya koymuştur.

4.2. Dayanıklılık Çalışması

4.2.1. Ön dayanıklılık çalışması

Ön dayanıklılık test sonuçlarına göre, ALS inhibitörü herbisitine karşı 17 popülasyonun, ACCase inhibitörü herbisitine karşı ise 12 popülasyonun %81 ve altında etki göstermiştir. Ön dayanıklılık çalışması sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Ön dayanıklılık çalışması sonuçları

Popülasyon	ALS inhibitörü yüzde etki (%)	ACCcase inhibitörü yüzde etki (%)
IĞR0	100	100
IĞR1	100	100
IĞR2	100	100
IĞR3	70	75
IĞR4	100	70
IĞR5	100	75
IĞR6	65	65
IĞR7	75	70
IĞR8	75	100
IĞR9	70	100
IĞR10	65	100
IĞR11	70	60
IĞR12	100	100
IĞR13	100	100
IĞR14	100	100
IĞR15	65	100
IĞR16	100	100
IĞR17	70	0

Çizelge 4.4 (Devam)

Popülasyon	ALS inhibitörü yüzde etki (%)	ACCCase inhibitörü yüzde etki (%)
IĞR18	100	100
IĞR19	75	70
IĞR20	100	100
IĞR21	100	100
IĞR11	70	60
IĞR11	70	60
IĞR12	100	100
IĞR13	100	100
IĞR14	100	100
IĞR15	65	100
IĞR16	100	100
IĞR17	70	0
IĞR18	100	100
IĞR19	75	70
IĞR20	100	100
IĞR21	100	100
IĞR22	100	100
IĞR23	100	10
IĞR24	100	100
IĞR25	100	75
IĞR26	100	100
IĞR27	100	70
IĞR28	100	100
IĞR29	70	100

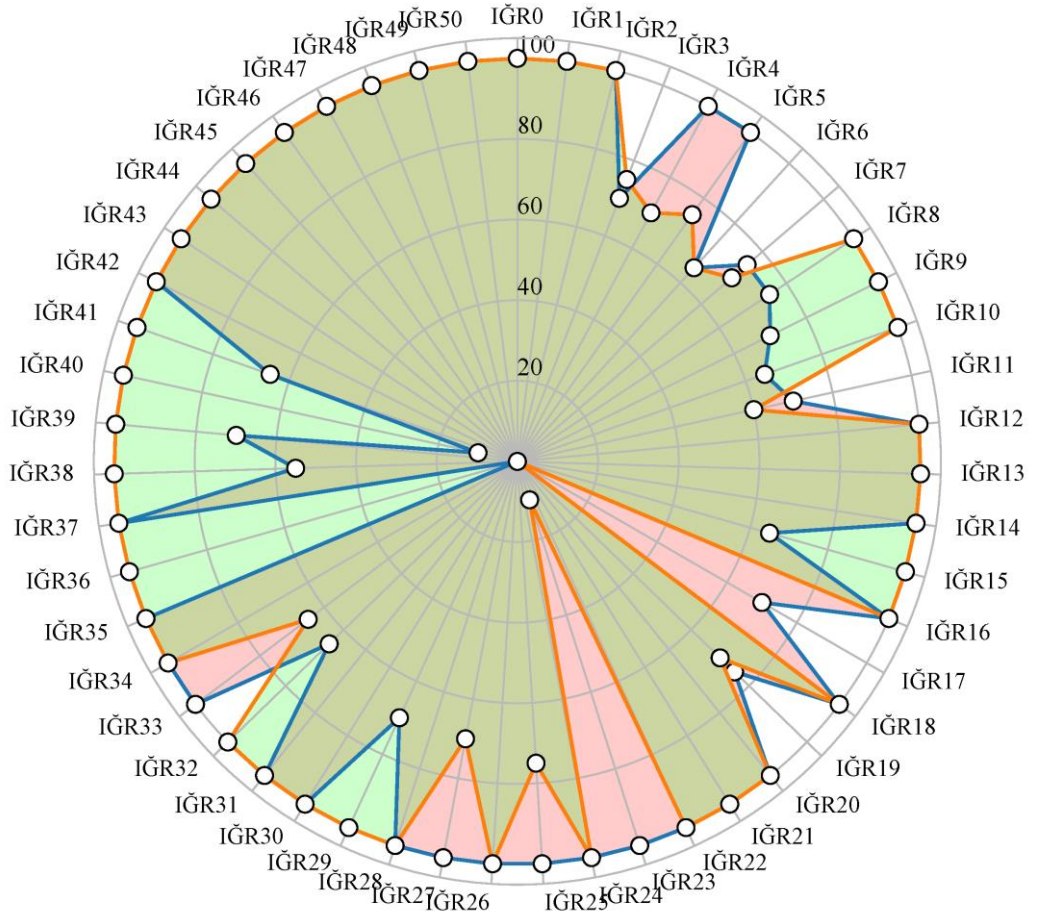
Çizelge 4.4 (Devam)

Popülasyon	ALS inhibitörü yüzde etki (%)	ACCCase inhibitörü yüzde etki (%)
IĞR30	100	100
IĞR31	100	100
IĞR32	65	100
IĞR33	100	65
IĞR34	100	100
IĞR35	100	100
IĞR36	0	100
IĞR37	100	100
IĞR38	55	100
IĞR39	70	100
IĞR40	10	100
IĞR41	65	100
IĞR42	100	100
IĞR43	100	100
IĞR44	100	100
IĞR45	100	100
IĞR46	100	100
IĞR47	100	100
IĞR48	100	100
IĞR49	100	100
IĞR50	100	100

ALS inhibitörü herbisitinin en düşük etkisi, IĞR36 (%0) ve IĞR40 (%10) popülasyonlarında görülmüştür. Diğer popülasyonların etki oranları ise şu şekilde sıralanmıştır: IĞR38 (%55), IĞR6, IĞR10, IĞR15, IĞR32 ve IĞR41 (%65); IĞR3, IĞR9, IĞR11, IĞR17, IĞR29 ve IĞR39 (%70) ile IĞR7, IĞR8 ve IĞR19 (%75) olarak belirlenmiştir. ACCCase inhibitörü herbisitine yönelik en düşük etki, IĞR17 ve IĞR23 popülasyonlarında %0 ve %10 olarak gözlemlenmiştir. Bu popülasyonları, IĞR11 (%60), IĞR6 ve IĞR33 (%65), IĞR4, IĞR7, IĞR19 ve IĞR27 (%70) ve IĞR3, IĞR5 ve

IĞR25 (%75) popülasyonları takip etmiştir. Sonuç olarak, ALS inhibitörü için 17 popülasyon ve ACCase inhibitörü için 12 popülasyon %81 ve altında etki göstermiştir. Diğer popülasyonlar ise her iki herbisit için önerilen dozlarla %100 etki sağlamıştır (Çizelge 4.4).

Ön dayanıklılık çalışmasında *A. fatua* popülasyonlarının ALS ve ACCase herbisitlerine karşı doz etki oranlarını görsel olarak karşılaştırmak ve her bir popülasyonun herbisit dozlarına verdiği tepkiyi net bir şekilde ortaya koymak amacıyla radar analizi yapılmıştır. Ön dayanıklılık çalışması radar analizi sonuçları Şekil 4.12’de verilmiştir.

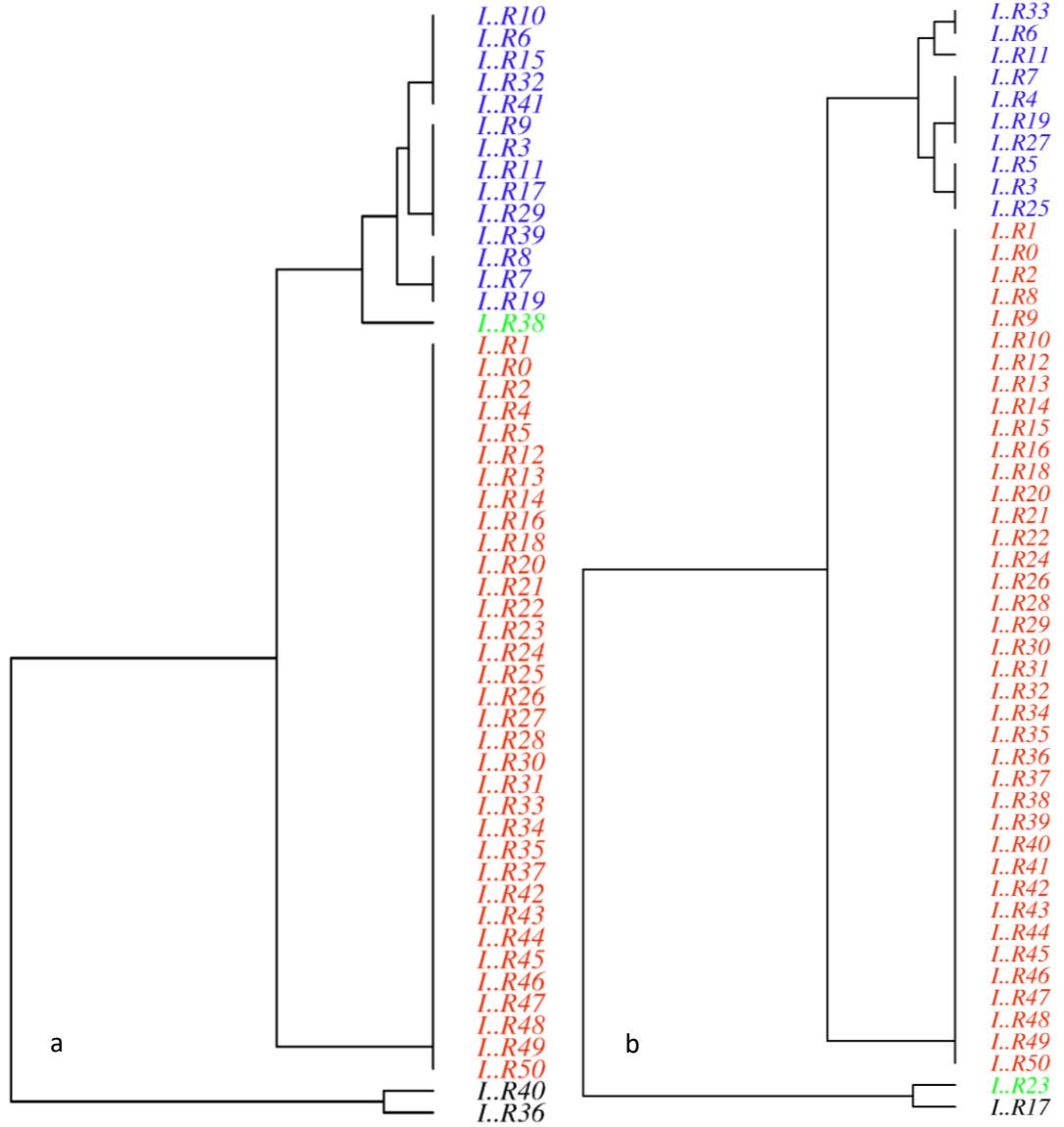


Şekil 4.12. Ön dayanıklılık çalışması radar analiz sonucu

Şekil 4.12’de belirtildiği üzere, gri renkte bulunan popülasyonlar her iki herbisit tarafından %100 etkilenmiştir. Mavi renkteki popülasyonlar, ACCase inhibitör herbisitinin %100 etki gösterdiği, ancak ALS inhibitörünün %81 ve altında etki

sağladığı grupta yer almaktadır. Kırmızı renkteki popülasyonlar, ALS inhibitör herbisitlerinin %100 etki gösterdiği, ACCase inhibitörü herbisitlerinin ise %81 ve altında etki sağladığı grubu temsil etmektedir. Beyaz alanda görülenler ise her iki herbisit için %81'in altında etki oranı gösteren popülasyonlar olmaktadır (Şekil 4.12).

Ön dayanıklılık çalışmasında *A. fatua* popülasyonlarının ALS ve ACCase herbisitlerine karşı doz etki oranları temelinde benzerlik gösteren gruplarını belirlemek amacıyla hiyerarşi kümeleme analizi yapılmıştır. Ön dayanıklılık çalışması hiyerarşi kümeleme analizi sonuçları Şekil 4.13'te sunulmuştur.



Şekil 4.13. Ön dayanıklılık çalışması hiyerarşi kümeleme analizi (a; ALS, b; ACCase)

Çalışmada, ALS ve ACCase inhibitörü herbisitlerin *A. fatua* üzerindeki etki oranlarının değerlendirilmesinde hiyerarşik kümeleme analizi kullanılmıştır. Bu analiz sonucunda, ALS inhibitörüne tepki gösteren popülasyonlar iki ana gruba ayrılmıştır. İlk grup, IĞR36 ve IĞR40 popülasyonlarından oluşurken, ikinci grup kendi içinde iki gruba ayrılmıştır. Bu gruplardan ilki, herbisitinin %81 ve altında etki gösteren popülasyonları (IĞR3, IĞR6, IĞR7, IĞR8, IĞR9, IĞR10, IĞR11, IĞR15, IĞR17, IĞR19, IĞR29, IĞR32, IĞR38, IĞR39 ve IĞR41) içermektedir; diğer grup ise %82 ve üzeri etki gösteren popülasyonları barındırmaktadır. ACCase inhibitörü herbisiti için yapılan analizde ise benzer bir ayırım gözlemlenmiştir. Burada bir grup, IĞR17 ve IĞR23 popülasyonlarını içermektedir. Diğer grup, kendi içinde iki gruba ayrılmakta; bir grup, herbisitinin %81 ve altında etki gösteren popülasyonları (IĞR3, IĞR4, IĞR5, IĞR6, IĞR7, IĞR11, IĞR19, IĞR25, IĞR27 ve IĞR33) kapsamaktadır. Diğer grup ise %82 ve üzeri etki gösteren popülasyonları içermektedir (Şekil 4.13).

4.2.2. Doz etki çalışması

4.2.2.1. ALS inhibitörü herbisitinin doz etki çalışması

Herbisit doz-etki çalışmasını, *A. fatua* popülasyonlarının herbisitlere karşı duyarlılık veya dayanıklılık seviyesini tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Bu çalışmada gerçekleştirilen ön dayanıklılık testleri sonucunda, ALS inhibitör herbisitinin %81 ve altında etki gösterdiği 17 popülasyona doz etki çalışmasına tabi tutulmuştur. ALS inhibitör herbisitinin doz etki çalışması sonuçları Çizelge 4.5'te ve ALS inhibitörü herbisit uygulaması öncesi ve sonrası *A. fatua*'ya ait görseller Şekil 4.14'te sunulmuştur.

Çizelge 4.5. ALS inhibitör herbisitinin doz etki çalışması sonuçları

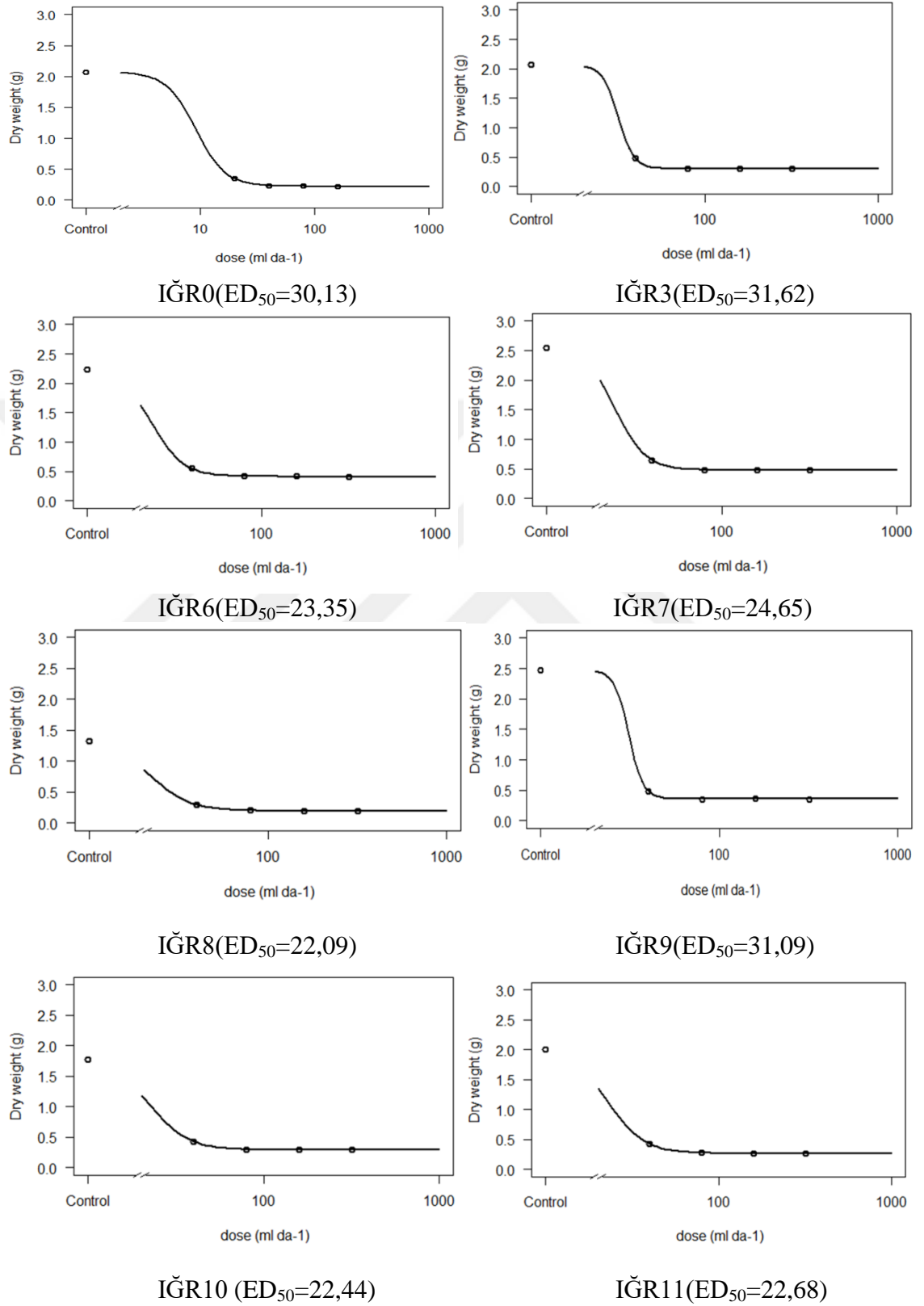
Kod	K		N		2N		4N		8N	
	KA (mg)	Yüzde etki (%)	KA (mg)	Yüzde etki (%)	KA (mg)	Yüzde etki (%)	KA (mg)	Yüzde etki (%)	KA (mg)	Yüzde etki (%)
IĞR0	207,00	-	35,00	83,09	23,50	88,65	23,50	88,65	21,50	89,61
IĞR3	156,75	-	29,00	81,50	26,25	83,25	19,25	87,72	19,00	87,88
IĞR6	223,00	-	45,00	79,82	26,00	88,34	23,50	89,46	23,00	89,69
IĞR7	253,75	-	49,25	80,59	33,75	86,70	33,00	87,00	30,50	87,98
IĞR8	131,75	-	29,50	77,61	20,25	84,63	19,25	85,39	20,75	84,25
IĞR9	247,00	-	48,75	80,26	35,50	85,63	37,00	85,02	35,50	85,63
IĞR10	176,75	-	34,50	80,48	28,50	83,88	30,00	83,03	25,00	85,86
IĞR11	201,25	-	34,50	83,48	29,75	85,22	26,75	86,71	26,75	86,71
IĞR15	200,00	-	43,00	78,50	26,00	87,00	26,50	86,75	25,25	87,38
IĞR17	229,50	-	45,25	80,28	33,50	85,40	33,00	85,62	33,25	85,51
IĞR19	245,50	-	45,00	81,67	44,50	81,87	25,75	89,51	25,75	89,51
IĞR29	256,75	-	50,25	80,43	40,00	84,42	36,00	85,98	25,75	89,97
IĞR32	180,50	-	42,75	76,32	34,25	81,02	24,50	86,43	25,75	85,73
IĞR36	178,75	-	149,75	16,22	137,50	23,08	93,00	47,97	80,00	55,24
IĞR38	257,75	-	51,50	80,02	46,00	82,15	32,25	87,49	27,00	89,52
IĞR39	193,25	-	42,50	78,01	36,50	81,11	29,75	84,61	29,00	84,99
IĞR40	173,75	-	180,75	0	101,00	41,87	51,25	70,50	46,25	73,38
IĞR41	196,75	-	38,75	80,30	37,75	80,81	25,75	86,91	26,00	86,79

KA: kuru ağırlık

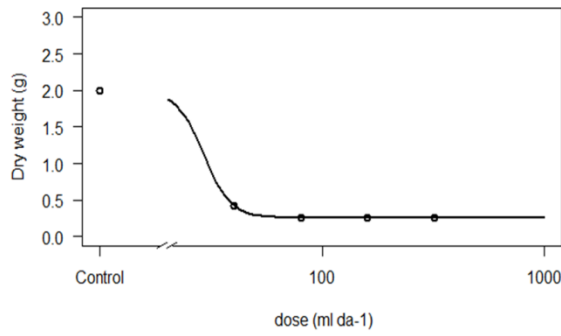


Şekil 4.14. ALS inhibitörü herbisiti uygulama öncesi ve sonrası *Avena fatua* görseli

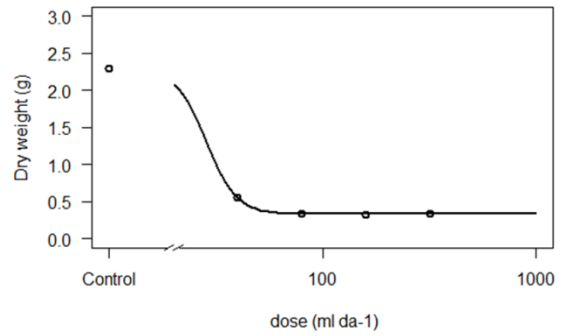
Çalışmada N dozunda, en düşük etki IĞR40 (%0) ve IĞR36 (%16,22) popülasyonlarına karşı gözlemlenirken, en yüksek etki IĞR11 (%83,48) ve IĞR19 (%81,67) popülasyonlarında tespit edilmiştir. 2N dozunda ise en düşük etki oranları IĞR36 (%23,08) ve IĞR40 (%41,87) popülasyonlarında gözlemlenirken, en yüksek etki oranları IĞR6 (%88,34), IĞR15 (%87,00) ve IĞR7 (%86,70) belirlenmiştir. Uygulanan 4N ve 8N dozlarında benzer sonuçlar elde edilmiş; en düşük etki oranları yine IĞR36 ve IĞR40 popülasyonlarında bulunmuştur (4N=%47,97; %70,50; 8N=%55,24; %73,38). Bu dozlarda yalnızca iki popülasyon dışında, diğer popülasyonların %80 ve üzeri etki gösterdiği gözlemlenmiştir (Çizelge 4.5). *A. fatua*'nın farklı popülasyonlarına uygulanan ALS inhibitörü herbisit dozlarının oluşturduğu doz-etki eğrileri Şekil 4.15'te verilmiştir.



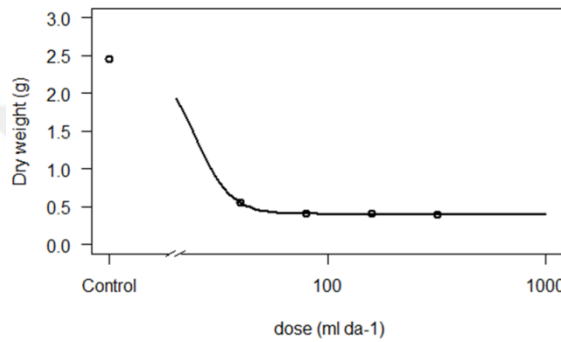
Şekil 4.15. *Avena fatua*'nın farklı popülasyonlarına uygulanan ALS inhibitörü herbisit dozlarının oluşturduğu doz-etki eğrileri



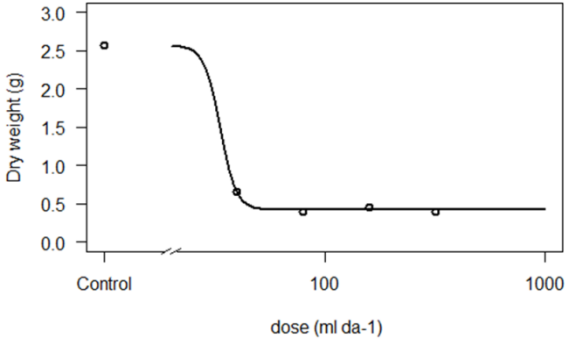
IĞR15 (ED₅₀=29,21)



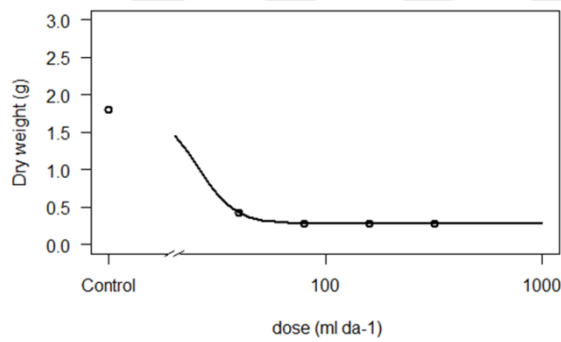
IĞR17(ED₅₀=28,45)



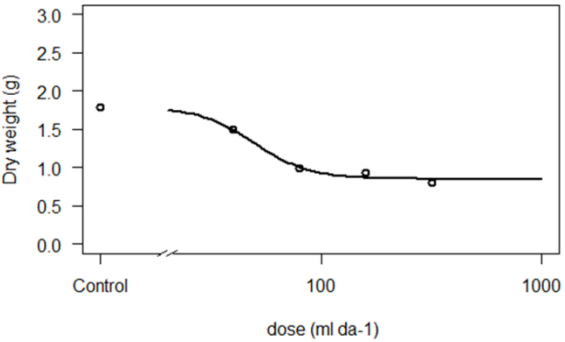
IĞR19 (ED₅₀=24,69)



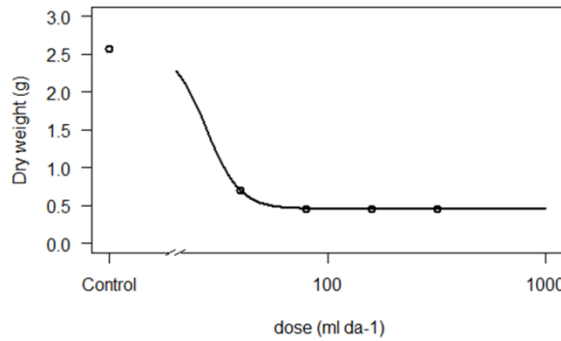
IĞR29(ED₅₀=33,51)



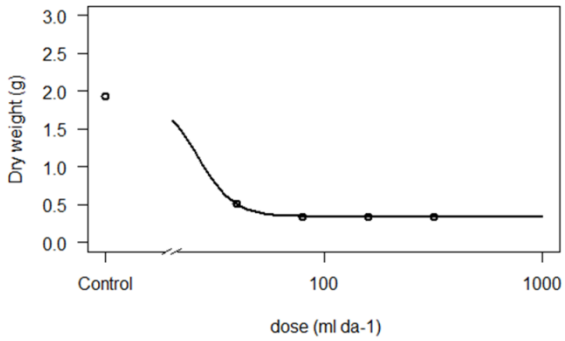
IĞR32(ED₅₀=25,59)



IĞR36(ED₅₀=50,00)

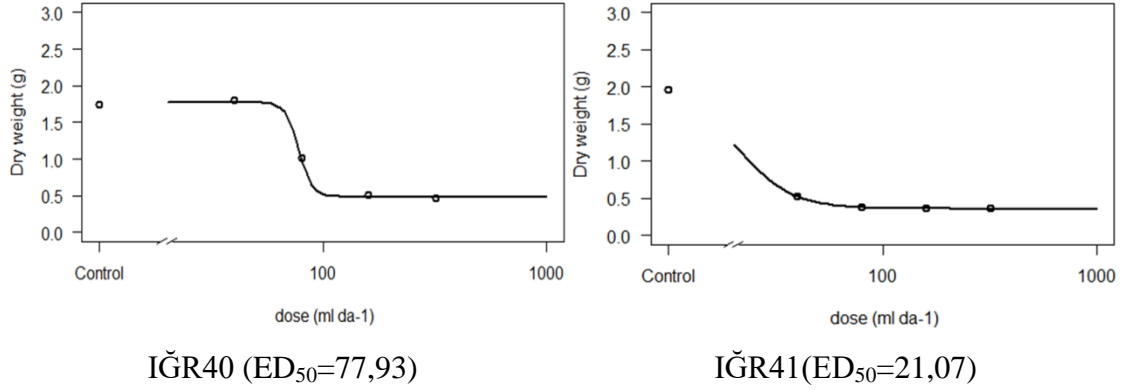


IĞR38(ED₅₀=27,79)



IĞR39(ED₅₀=26,37)

Şekil 4.15 (devam)



Şekil 4.15 (devam)

Çalışmada, ALS inhibitörü herbisitinin farklı dozlarının uygulandığı kontrol (IĞR0) ve 17 farklı *A. fatua* popülasyonuna yönelik doz etki analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada belirlenen en yüksek ED_{50} değerleri, IĞR40 ($ED_{50}=77,93$) ve IĞR36 ($ED_{50}=50,00$) popülasyonlarında belirlenmiştir. Bu popülasyonların ALS inhibitörüne karşı daha yüksek dozlarda etkili olduğunu ve dolayısıyla bu popülasyonların daha dayanıklı olduğunu göstermektedir. Öte yandan, en düşük ED_{50} değerleri IĞR41 ($ED_{50}=21,07$), IĞR8 ($ED_{50}=22,09$) ve IĞR10 ($ED_{50}=22,44$) popülasyonlarında belirlenmiştir. Elde edilen bu değerler, bu popülasyonların ALS inhibitörüne karşı daha hassas olduğunu ve düşük dozlarda etkili hale geldiğini göstermektedir (Şekil 4.15). *A. fatua*'nın ALS inhibitörü herbisite duyarlı ve dayanıklı popülasyonlarının doz-etki analiz sonrası elde edilen parametreleri ve dayanıklılık indeksi katsayıları Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

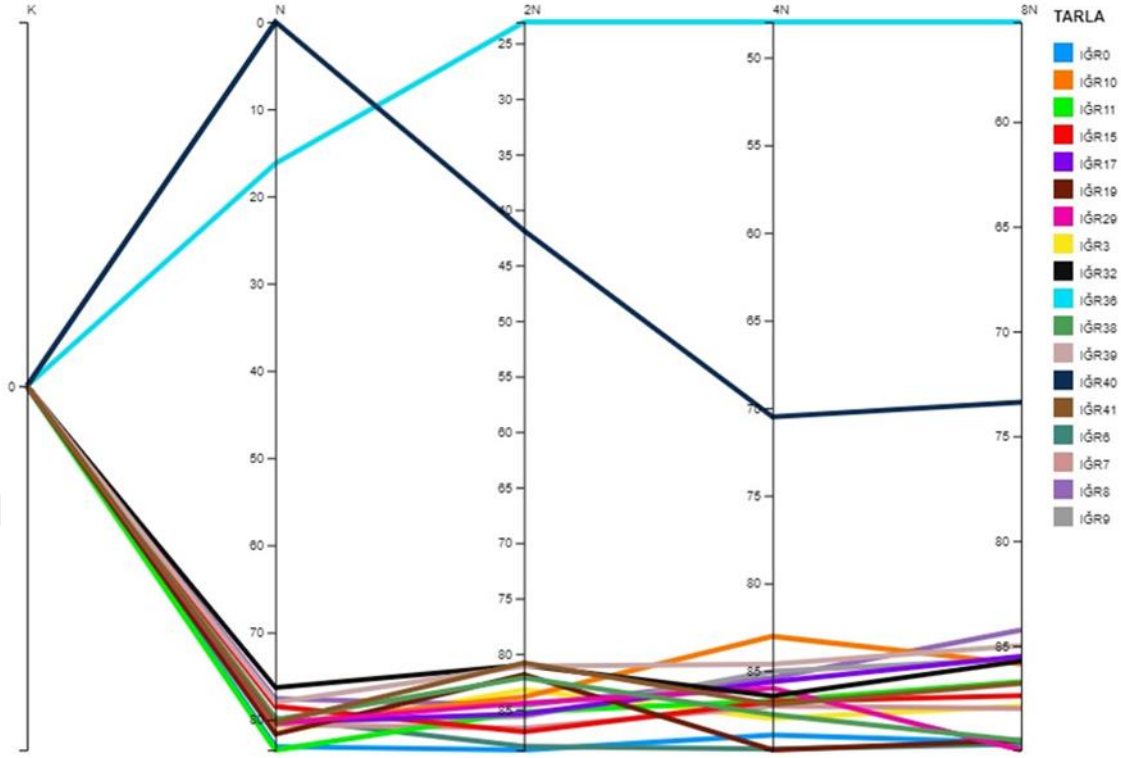
Çizelge 4.6. *Avena fatua*'nın ALS inhibitörü herbisite duyarlı ve dayanıklı popülasyonlarının doz-etki analiz sonrası elde edilen parametreleri ve dayanıklılık indeksi katsayıları

Popülas No	Parametreler			ED ₉₀	R/S
	b	c	d		
IĞR0	3,33	0,22	2,07	38,69±0,76	1*
IĞR3	9,39	3,05	2,07	39,96±0,07	1*
IĞR6	4,68	0,41	2,22	37,34±3,67	1*
IĞR7	4,96	0,48	2,53	38,39±0,15	1*
IĞR8	3,91	0,19	1,31	38,72±0,51	1*
IĞR9	10,89	0,35	2,46	38,04±6,24	1*
IĞR10	3,90	2,86	1,76	39,41±0,04	1*
IĞR11	4,06	2,67	2,01	38,92±0,03	1*
IĞR15	7,04	0,25	2,00	39,89±0,36	1*
IĞR17	6,06	0,33	2,29	40,89±0,16	1*
IĞR19	5,28	0,40	2,45	37,42±1,05	1*
IĞR29	11,89	0,41	2,56	40,31±1,96	1*
IĞR32	4,96	0,27	1,80	39,84±0,30	1*
IĞR36	3,47	0,85	1,78	94,11±30,92	2,35
IĞR38	5,65	0,45	2,57	40,98±0,58	1*
IĞR39	5,17	3,40	1,93	40,30±0,06	1*
IĞR40	11,43	0,48	1,77	90,75±48,96	2,27
IĞR41	3,35	3,59	1,96	40,61±0,12	1*

$Y=c+[d-c/1+e[b(\log(x)-\log(ED_{90}))]]$ 4 parametrelı lojistik regresyon denklemine göre X. Uygulanan herbisit dozu, Y. X dozu uygulandığında elde edilen parametre seviyesi, b. Eğrinin eğimi, c. Alt limit, d. Üst limit (% 95'lik güven aralığında), ED₉₀, R Dayanıklılık indeksi, S Duyarlılık indeksi, R/S Dayanıklılık oranı, * Duyarlı popülasyon

Çalışmada, ALS inhibitörü herbisitın *A. fatua* üzerine etkisi için yapılan doz-etki analizi sonucunda, iki popülasyonda mesosulfuron-methyl + mefenpyr-diethyl (safener) (40 ml/da) herbisitın tavsiye edilen dozundan daha yüksek ED₉₀ değerleri belirlenmiştir. En yüksek ED₉₀ değerleri, IĞR36 (ED₉₀=94,11±30,92) ve IĞR40 (ED₉₀=90,75±48,96) popülasyonlarında tespit edilmiştir. Bu bulgular, IĞR36 ve IĞR40 popülasyonlarının

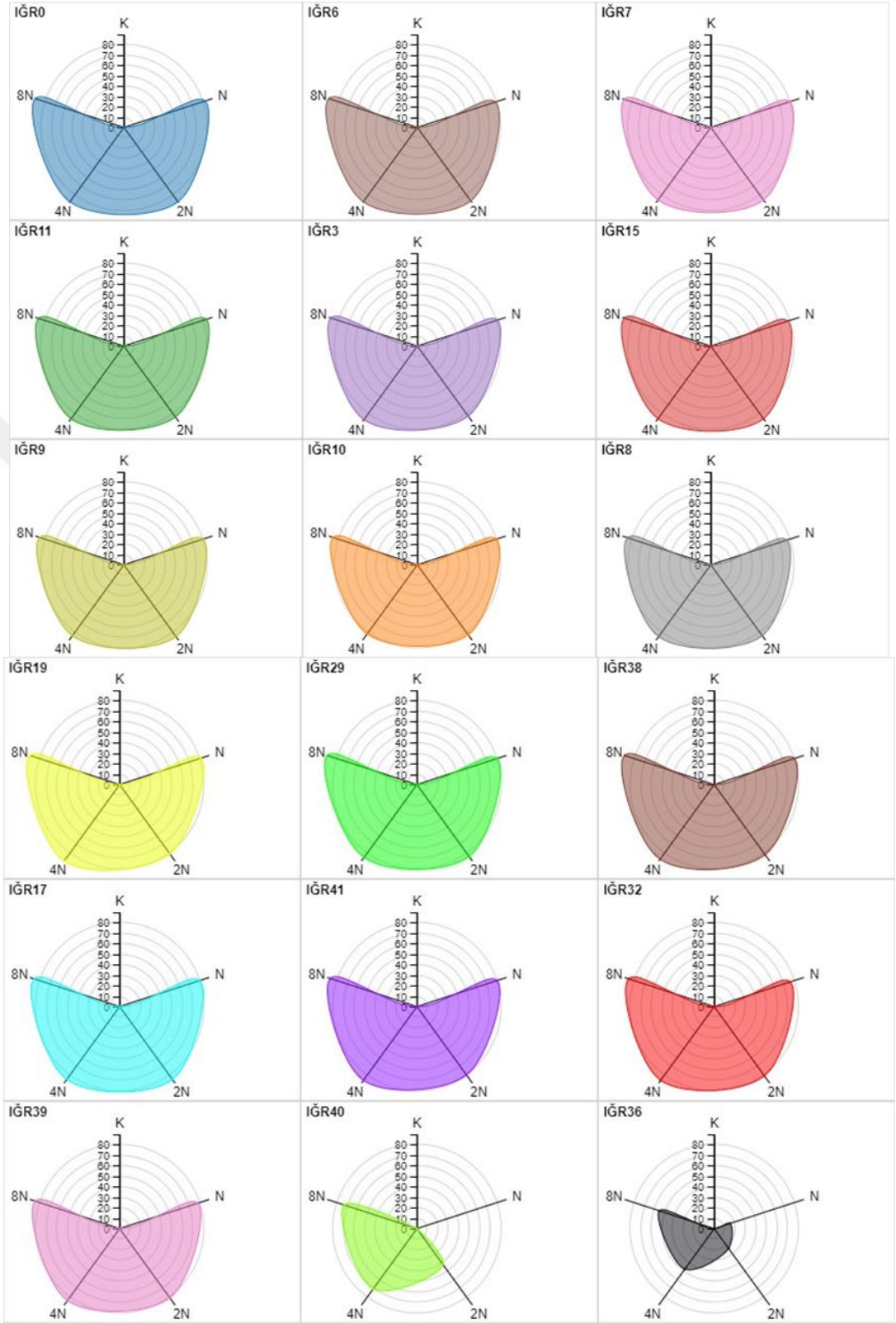
herbiste karşı dayanıklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. En düşük ED₉₀ değerleri ise IĞR19 (ED₉₀=37,42±1,05), IĞR6 (ED₉₀=37,34±3,67) ve IĞR9 (ED₉₀=38,04±6,24) popülasyonlarında gözlemlenmiştir; diğer popülasyonlar, herbiste karşı hassas olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Yapılan farklı çalışmalar da *A. fatua*'nın herbisitlere karşı dayanıklılık geliştirdiğini göstermektedir. Sarıaslan (2013), topladıkları 32 farklı tarlada *A. fatua* tohumlarından 11 popülasyonun propoxycarbazone sodium + mesosulfuron methyl ve 16 popülasyonun mesosulfuron methyl + iodosulfuron methyl ile yeterince kontrol edilemediğini belirlemiştir. Martín ve Scursoni (2018) tarafından yapılan bir çalışmada ise 20 farklı lokasyonda toplanan *A. fatua* tohumlarının ACCase ve ALS inhibitörü herbisitlere karşı dayanıklılık geliştirmediği ifade edilmiştir. Bu durum, *A. fatua*'nın belirli popülasyonlarının farklı coğrafi alanlarda farklı tepkiler verdiğini göstermektedir. Beckie *et al.* (2012b) ise 16 yabani yulaf biyotipinden 12'sinin ALS inhibitörüne dayanıklı olduğunu tespit etmiş ve bazı biyotiplerde ALS hedef bölgesi mutasyonlarının bulunduğunu bildirmiştir. Mangin *et al.* (2016) ve Cruz-Hipolito *et al.* (2011) tarafından yapılan çalışmalar, *A. fatua* popülasyonlarının çeşitli herbisitlere karşı dayanıklılık ve çapraz dayanıklılık geliştirdiğini ortaya koymuştur. Friesen *et al.* (2000) ve Türkseven ve Nemli (2015) ise, *A. fatua*'nın çeşitli herbisitlere karşı farklı seviyelerde dayanıklılık kazandığını ve bazı biyotiplerin çoklu dayanıklılık gösterdiğini rapor etmiştir. Mevcut çalışmamızda elde edilen bulgular, bu literatürdeki sonuçlarla paralellik göstermektedir. ALS inhibitörü herbisitinin *A. fatua* üzerinde etki oranının dozlara göre değişimi Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.16. ALS inhibitörü herbisitinin *Avena fatua* üzerinde etki oranının dozlara göre değişimi

Uygulanan herbisit N dozunda, 17 popülasyondan yalnızca iki popülasyon (IĞR36 ve IĞR40) %80'in altında bir etki gösterirken, diğer popülasyonlar tüm dozlarda %80 ve üzeri etki oranları sergilemiştir. Bu bulgular, herbisit dozlarının artışıyla birlikte etkisinin arttığını ve çoğu popülasyonun yüksek duyarlılık gösterdiğini ortaya koymaktadır (Şekil 4.16).

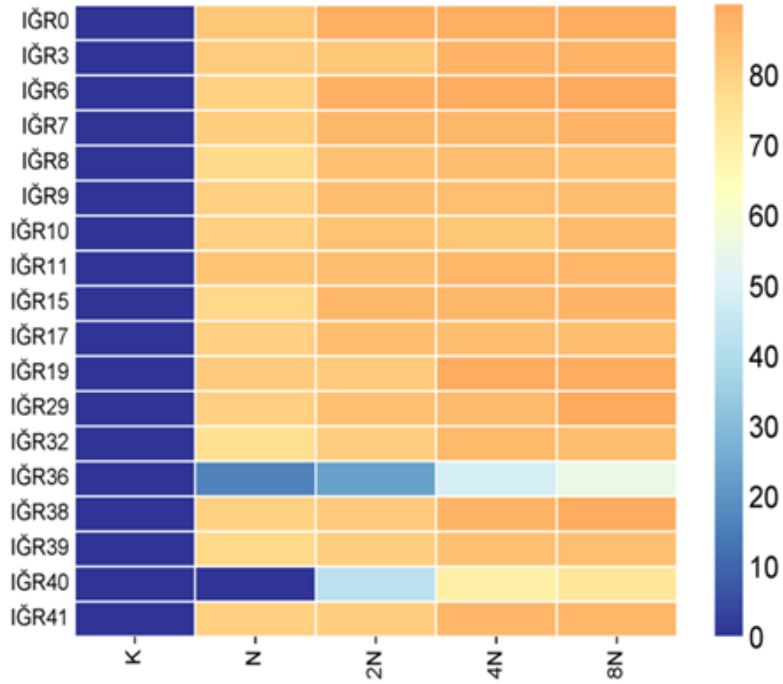
ALS inhibitörü herbisitinin *A. fatua* popülasyonlarının herbisite karşı verdikleri yanıtları görselleştirerek, her popülasyonun dayanıklılık düzeyini ve herbisitinin etkisini net ortaya koymak amacıyla radar analizi yapılmıştır. ALS inhibitörü herbisitinin *A. fatua* popülasyonu üzerindeki etki oranları radar analizi sonuçları Şekil 4.17'de gösterilmiştir.



Şekil 4.17. ALS inhibitörü herbisitinin *Avena fatua* popülasyonu üzerindeki etki oranları radar analizi

ALS inhibitörü herbisitinin doz etki çalışması sonucunda, *A. fatua* popülasyonları üzerinde etkileri her popülasyon radar analizi ile değerlendirilmiştir. Kullanılan her dozda etki oranları yüzde olarak gösterilmiştir. Şekil 4.17 incelendiğinde, doz etki çalışmasına tabi tutulan 17 popülasyondan yalnızca iki popülasyon (IĞR36 ve IĞR40) %80'in altında etki göstermektedir. Özellikle, IĞR40 popülasyonu N dozda %0 etki sergilerken, artan dozlarla birlikte etki oranında belirgin bir artış gözlemlenmiştir. IĞR36 popülasyonunda da benzer bir durum söz konusu olup, ilk dozdan artan doza geçişte etki oranında bir artış meydana gelmiştir. Bu sonuçlar, *A. fatua* popülasyonlarının herbisitlere karşı farklı duyarlılık seviyelerine sahip olduğunu ve dozların arttıkça etki oranlarının da yükseldiğini göstermektedir (Şekil 4.17).

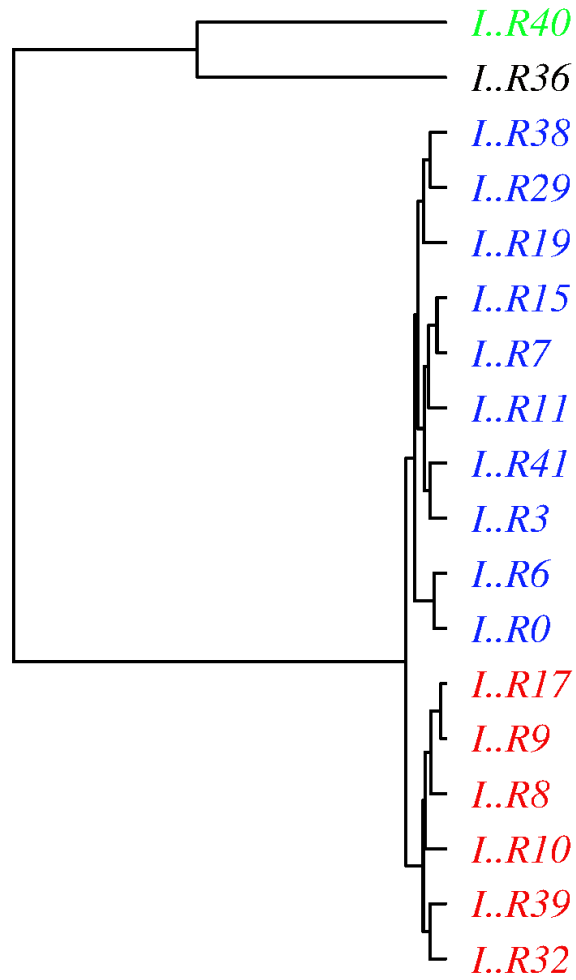
Herbiseite karşı farklı popülasyonların tepkilerini ve dayanıklılık düzeylerini görselleştirmek, popülasyonlar arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları belirleyerek, herbisitinin etkilerinin dağılımını değerlendirme amacıyla ısı haritası kümeleme analizi yapılmıştır. ALS inhibitörü herbisitinin *A. fatua* popülasyonu üzerine etkisine ait ısı haritası kümeleme Şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.18. ALS inhibitörü herbisitinin *Avena fatua* popülasyonu üzerine etkisine ait ısı haritası kümeleme

Isı haritası kümeleme analizi, bağımlı ve bağımsız değişkenlerin yanı sıra elde edilen değerleri gösteren bir renk aralığıyla (80 ila 0; kırmızıdan maviye) iki ana kümeye ayırarak belirgin bir şekilde ayırt edilmiştir. İlk ana kümede, dayanıklı olarak belirlenen IĞR36 ve IĞR40 popülasyonları yer alırken, diğer popülasyonlar ikinci ana kümede toplanmıştır. Bu durum, bu iki popülasyonun ALS inhibitörü herbisite karşı dayanıklı olduklarını göstermektedir (Şekil 4.18).

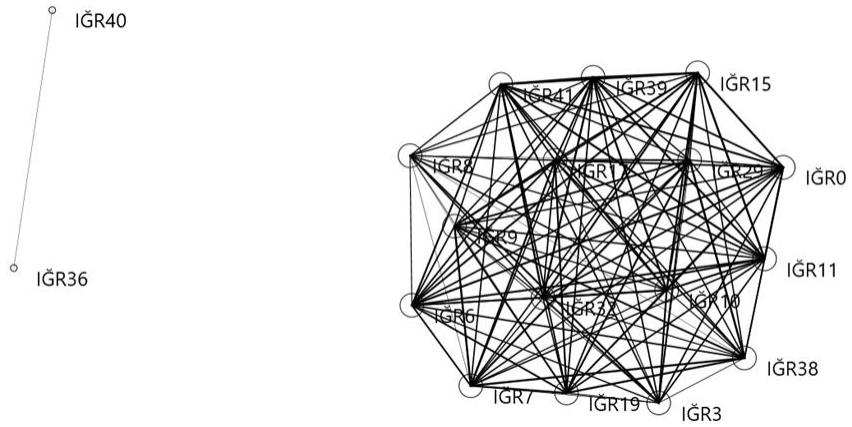
Çalışmada *A. fatua* popülasyonlarının herbisit uygulamalarına yanıtlarını benzerliklerine göre gruplandırmak amacıyla hiyerarşik kümeleme analizi yapılmıştır. ALS inhibitörü herbisitinin *A. fatua* popülasyonu üzerine etkisine ait hiyerarşik kümeleme analizi Şekil 4.19’da gösterilmiştir.



Şekil 4.19. ALS inhibitörü herbisitinin *Avena fatua* popülasyonu üzerine etkisine ait hiyerarşik kümeleme analizi

Yaptığımız hiyerarşik kümeleme analizi, ALS inhibitörü herbisitinin *A. fatua* üzerindeki etkisi açısından iki ana grup oluşturmuştur. İlk grup, düşük etki oranları gözlemlenen IĞR36 ve IĞR40 popülasyonlarını içermektedir. İkinci grupta ise kontrol popülasyonu ve diğer popülasyonlar yer almaktadır. Bu analiz, dayanıklı ve hassas popülasyonlar arasındaki farklılıkları net bir şekilde ortaya koymakta ve herbisit uygulamalarının etkinliğini değerlendirmeye yardımcı olmaktadır (Şekil 4.19).

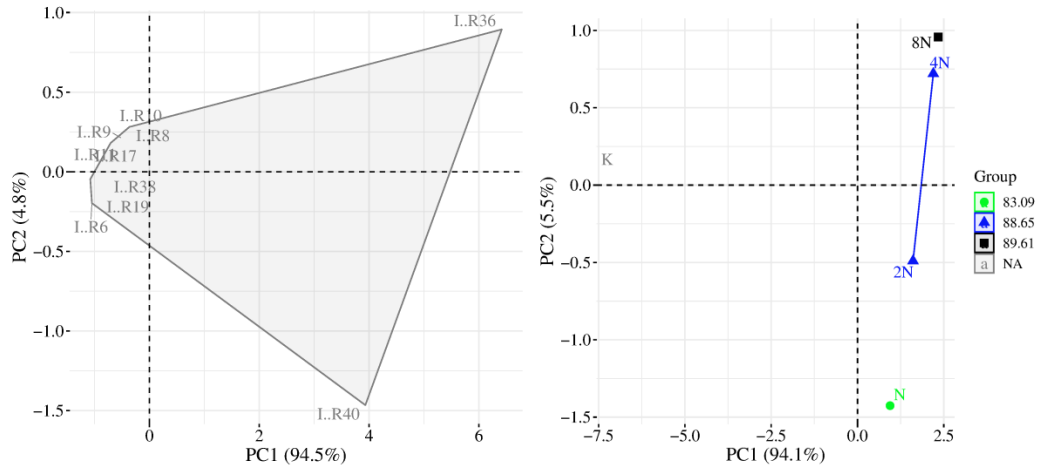
ALS inhibitörü herbisitinin *A. fatua* popülasyonu üzerine etkilerinin arasındaki etkileşimleri ve ilişkileri belirlemek ve popülasyonların herbisidal tepkilerini daha iyi değerlendirmek amacıyla ağ grafiği analizi yapılmıştır. ALS inhibitörü herbisitinin *A. fatua* popülasyonu üzerine etkisine ait ağ grafiği analizi Şekil 4.20’de sunulmuştur.



Şekil 4.20. ALS inhibitörü herbisitinin *Avena fatua* popülasyonu üzerine etkisinin ağ grafiği analizi

Bu analiz, 1s1 haritası kümelemesi ile tutarlı bir sonuç ortaya koymuştur. IĞR36 ve IĞR40 popülasyonları kendi aralarında ilişki içinde bulunurken, diğer popülasyonlar ile herhangi bir ilişkiye girmemiştir. Diğer popülasyonlar ise kontrol popülasyonu (IĞR0) ile belli bir dereceye kadar birbirleriyle ilişkili bulunmuştur (Şekil 4.20).

ALS inhibitörü herbisitinin farklı dozların *A. fatua* popülasyonları üzerindeki etkisinin rolünü ve popülasyonlar arasındaki varyasyonları belirlemek amacıyla temel bileşen analizi yapılmıştır. ALS inhibitörü herbisitinin *A. fatua* popülasyonu üzerine etkisinin dozlar ve popülasyonların temel bileşen analizi Şekil 4.21’de verilmiştir.



Şekil 4.21. ALS inhibitörü herbisitinin *Avena fatua* popülasyonu üzerine etkisinin dozlar ve popülasyonların temel bileşen analizi

Analiz sonucunda ilk iki bileşen (PC1: %94,5 ve PC2: %4,8), orijinal verilerin değişkenliğinin %99,3'ünü açıklamıştır. Açıklanan bu kadar yüksek bir varyans, temel bileşenler analizinin uygulamalar ile birlikte tahmin edilen parametrelerin etkisini değerlendirmede başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. İlk bileşen (PC1), IĞR36 (+3,32 puan) ve IĞR40 (+1,90 puan) popülasyonları ile pozitif bir ilişkiye sahipken, diğer popülasyonlar ile kontrol popülasyonu (-0,60 puan) arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır (Şekil4.21).

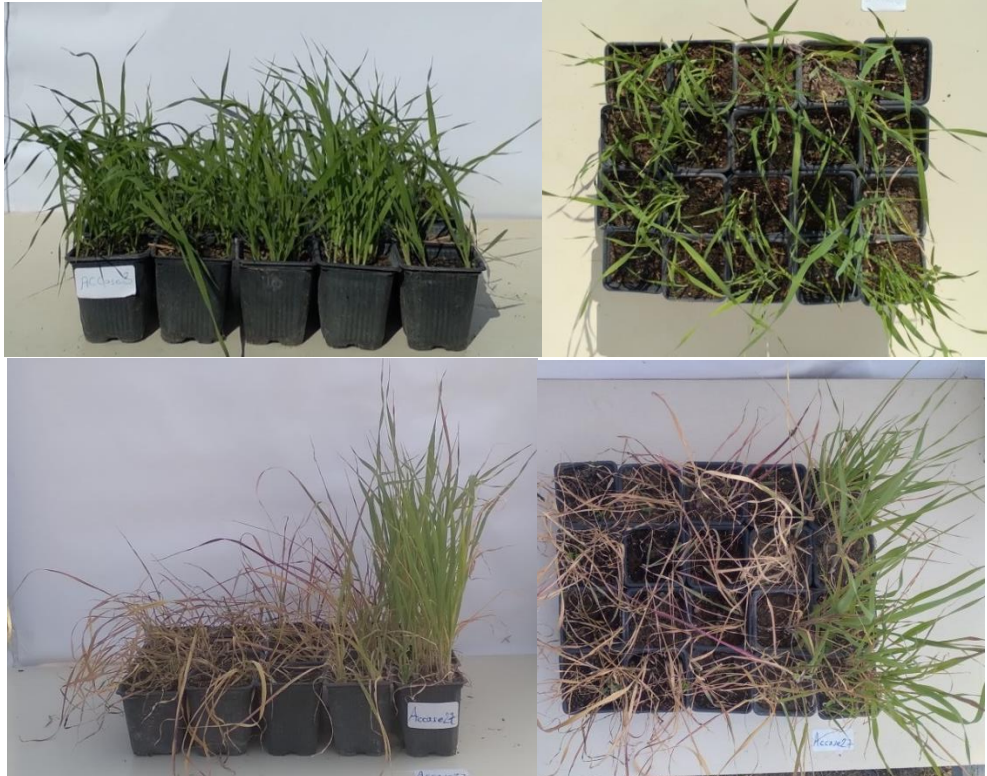
4.2.2.2. ACCase inhibitörü herbisitinin doz etki çalışması

Yapılan ön dayanıklılık çalışmasında sonucunda ACCase inhibitörü herbisit 12 *A. fatua* popülasyonuna %81 ve altı etki oranı göstermiştir. Bu popülasyonlar doz etki analizine tabi tutulmuştur. Bu popülasyonlara dört farklı doz (N, 2N, 4N, 8N) uygulanmış ve etki oranları gözlemlenmiştir. ACCase inhibitör herbisitinin doz etki çalışması sırasında elde edilen kuru ağırlıklar ve yüzde etki oranları Çizelge 4.7'de ve *A. fatua*'nın herbisit uygulaması öncesi ve sonrasına ait görseller Şekil 4.22'de sunulmuştur.

Çizelge 4.7. ACCase inhibitör herbisitinin doz etki çalışması sonuçları

Kod	K		N		2N		4N		8N	
	KA (mg)	Yüzde etki (%)	KA (mg)	Yüzde etki (%)	KA (mg)	Yüzde etki (%)	KA (mg)	Yüzde etki (%)	KA (mg)	Yüzde etki (%)
IĞR0	207,00	-	35,00	83,09	23,50	88,65	23,50	88,65	21,50	89,61
IĞR3	262,75	-	48,75	81,45	48,00	81,73	26,50	89,91	25,25	90,39
IĞR4	203,50	-	48,00	76,41	33,50	83,54	30,75	84,89	31,25	84,64
IĞR5	162,75	-	28,75	82,33	28,00	82,80	24,25	85,10	23,25	85,71
IĞR6	201,50	-	44,53	77,90	37,25	81,51	36,75	81,76	35,75	82,26
IĞR7	205,50	-	37,25	81,87	33,50	83,70	31,00	84,91	24,25	88,20
IĞR11	235,75	-	44,75	81,02	31,25	86,74	36,75	84,41	35,25	85,05
IĞR17	180,25	-	168,50	6,52	149,75	16,92	117,50	34,81	90,00	50,07
IĞR19	278,00	-	68,75	75,27	51,25	81,56	38,75	86,06	24,00	91,37
IĞR23	212,00	-	180,00	15,09	163,00	23,11	139,80	34,06	112,25	47,05
IĞR25	183,50	-	32,75	82,15	33,00	82,02	16,25	91,14	15,50	91,55
IĞR27	180,00	-	33,25	81,53	32,75	81,81	32,75	81,81	31,50	82,50
IĞR33	184,50	-	40,50	78,05	31,00	83,20	31,00	83,20	30,25	83,60

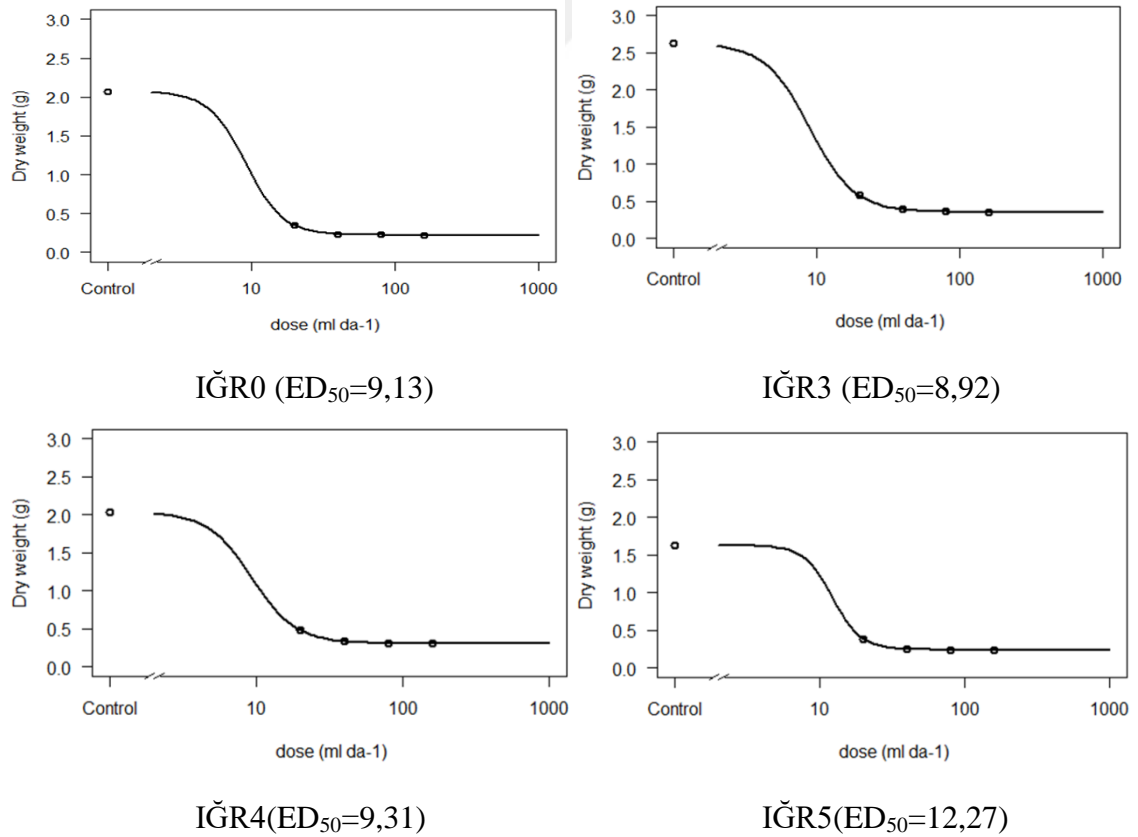
KA: kuru ağırlık



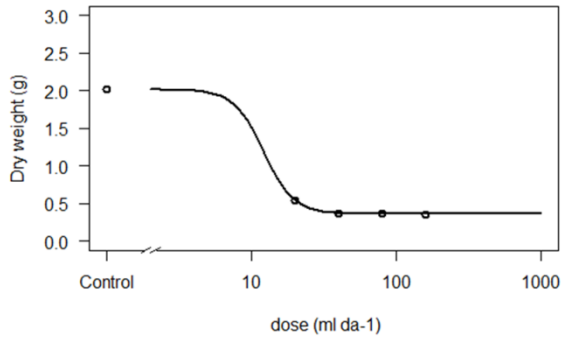
Şekil 4.22. ACCase inhibitörü herbisiti uygulama öncesi ve sonrası *Avena fatua* görseli

Çalışmada IĞR17 popülasyonu, uygulanan dozlara karşı oldukça düşük bir etki göstermiştir. Özellikle, 2N dozunda yalnızca %16,92 etki oranı kaydedilirken, en yüksek doz olan 8N’de bile %50,07 etkide kalmıştır. IĞR23 popülasyonu da benzer bir etki oranları sergilemiş olup, 2N dozunda %23,11 etki göstermiştir ve 8N dozunda dahi %47,05 oranında kalmıştır. Her iki popülasyonun düşük etki oranları, herbisit dozlarına karşı oldukça dayanıklı olduklarını ortaya koymaktadır. N dozda en yüksek etki en IĞR0 (%83,09) ve IĞR25 (%91,55) popülasyonlarında gözlemlenmiştir (Çizelge 4.7).

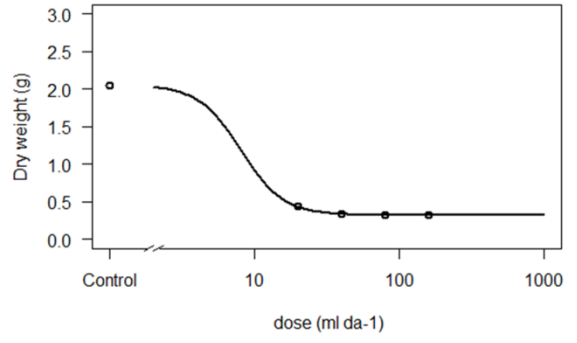
Çalışmada, ACCase inhibitörü herbisitinin farklı dozlarının kontrol popülasyonu (IĞR0) ve 12 farklı *A. fatua* popülasyonu üzerindeki etkileri doz etki analizi ile incelenmiştir. Doz-etki eğrileri, herbisitinin bitki popülasyonları üzerindeki etkisini değerlendirmek her bir popülasyonun herbisite karşı duyarlılığını belirlemek ve farklı dozların etkisini karşılaştırmak için amacıyla yapılmıştır. Bu analiz sonucunda, her popülasyon için doz-etki eğrileri ve ED₅₀ değerleri belirlenmiştir (Şekil 4.23).



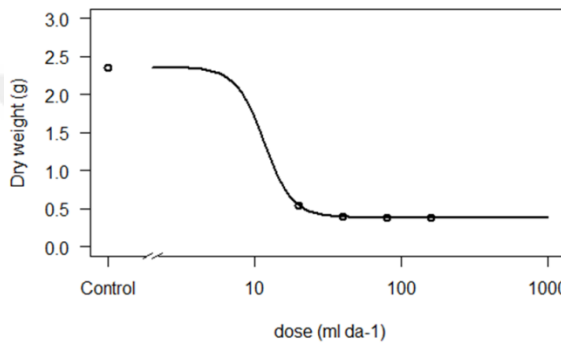
Şekil 4.23. *Avena fatua*'nın farklı popülasyonlarına uygulanan ACCase inhibitörü herbisit dozlarının oluşturduğu doz-etki eğrileri



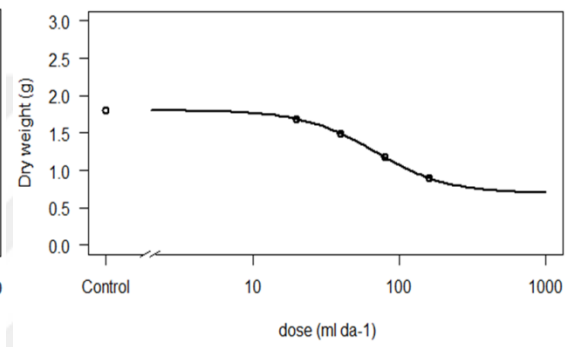
IĞR6($ED_{50}=12,19$)



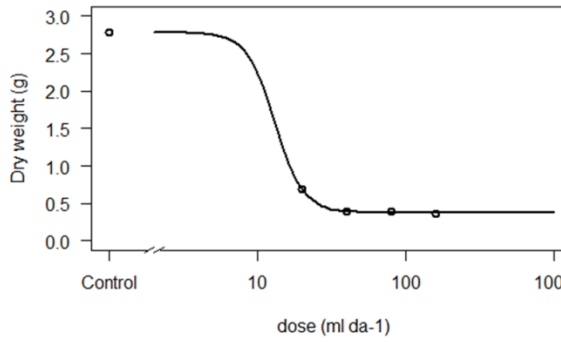
IĞR7($ED_{50}=8,06$)



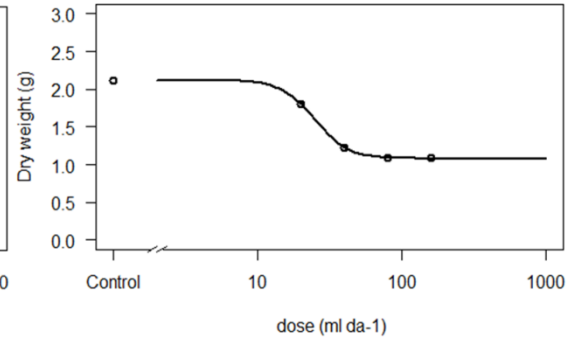
IĞR11($ED_{50}=11,66$)



IĞR17($ED_{50}=69,33$)

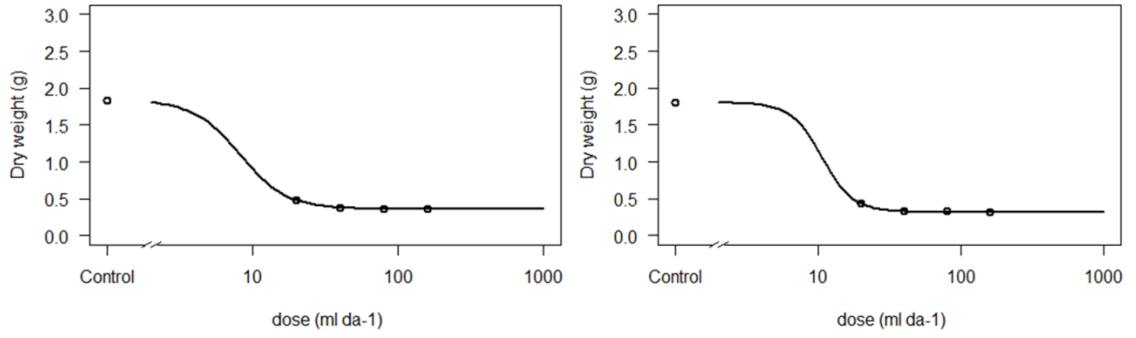


IĞR19($ED_{50}=13,12$)



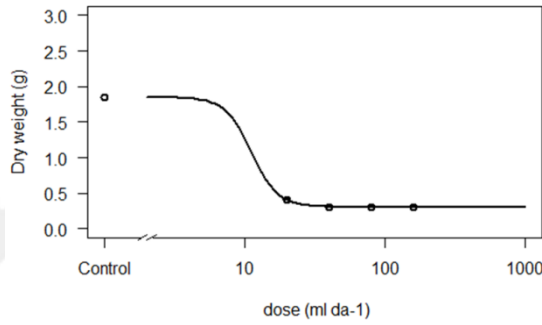
IĞR23($ED_{50}=24,82$)

Şekil 4.23(devam)



IĞR25($ED_{50}=8,21$)

IĞR27($ED_{50}=10,66$)



IĞR33($ED_{50}=11,20$)

Şekil 4.23 (devam)

Doz etki analizinin sonuçlarına göre, en yüksek ED_{50} değerlerinin IĞR17 ($ED_{50}=69,33$) ve IĞR23 ($ED_{50}=24,82$) popülasyonlarında gözlemlenmiştir. Bu popülasyonların herbisite karşı daha yüksek dayanıklılığa sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Öte yandan, en düşük ED_{50} değerleri IĞR7 ($ED_{50}=8,06$), IĞR25 ($ED_{50}=8,21$), IĞR3 ($ED_{50}=8,92$) ve IĞR0 ($ED_{50}=9,13$) popülasyonlarında tespit edilmiştir. Düşük ED_{50} değerleri, bu popülasyonların herbisite karşı daha duyarlı olduğunu ve dolayısıyla herbisit uygulamaları sırasında daha etkili bir şekilde kontrol edilebileceklerini göstermektedir (Şekil 4.23). *A. fatua*'ın ACCase inhibitörü herbisite duyarlı ve dayanıklı popülasyonlarının doz-etki analiz sonrası elde edilen parametreleri ve dayanıklılık indeksi katsayıları Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. *Avena fatua*'nın ACCase inhibitörü herbisite duyarlı ve dayanıklı popülasyonlarının doz-etki analiz sonrası elde edilen parametreleri ve dayanıklılık indeksi katsayıları

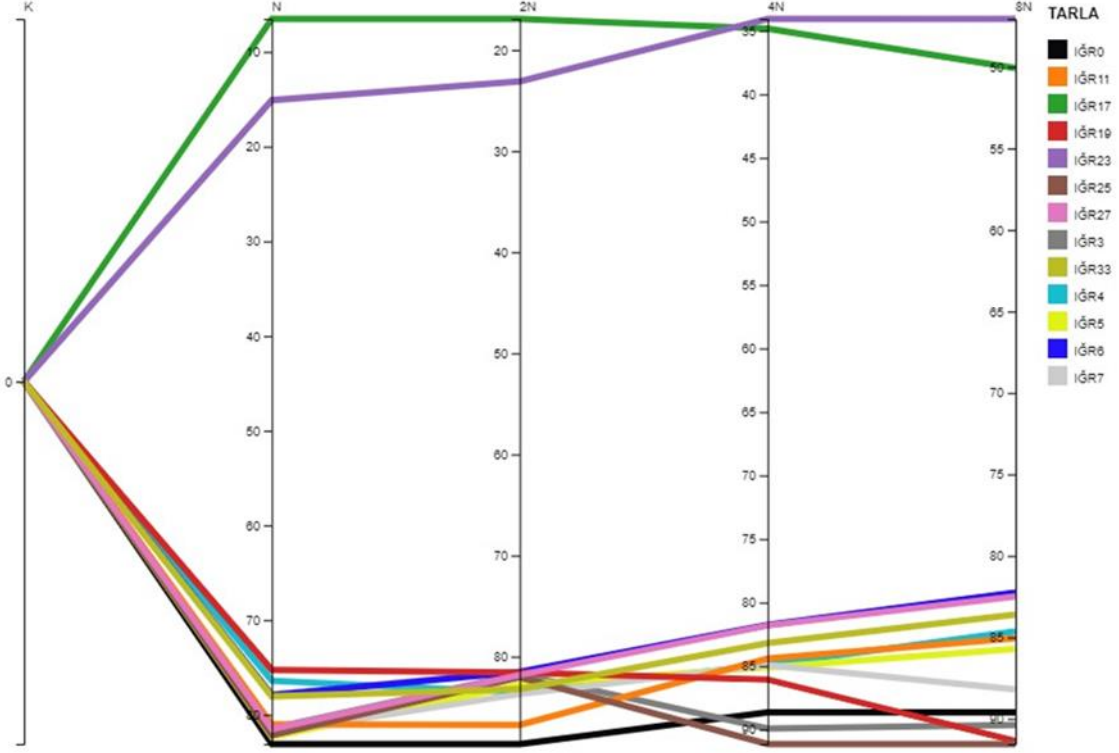
Popülas No	Parametreler			ED ₉₀ (mg/L)	R/S
	b	c	d		
IĞR0	3,33	0,22	2,07	18,5±0,58	1*
IĞR3	2,75	0,35	2,62	19,82±0,49	1*
IĞR4	2,88	0,30	2,03	19,95±0,32	1*
IĞR5	4,39	2,42	1,62	20,23±0,02	1*
IĞR6	4,21	0,36	2,01	20,55±0,32	1*
IĞR7	2,92	0,31	2,05	17,07±0,15	1*
IĞR11	4,46	0,38	2,35	19,07±0,16	1*
IĞR17	1,75	0,69	1,80	153,11±7,64	7,65
IĞR19	4,54	0,37	2,78	20,29±0,56	1*
IĞR23	3,75	1,08	2,12	44,53±1,13	2,23
IĞR25	2,69	0,35	1,83	18,58±0,01	1*
IĞR27	3,98	0,32	1,80	18,51±0,78	1*
IĞR33	4,61	0,30	1,84	18,02±0,88	1*

$Y=c+[d-c/1+e[b(\log(x)-\log(ED_{90}))]]$ 4 parametrelili lojistik regresyon denkleminde göre X. Uygulanan herbisit dozu, Y. X dozu uygulandığında elde edilen parametre seviyesi, b. Eğrinin eğimi, c. Alt limit, d. Üst limit (% 95'lik güven aralığında), e ED₉₀, R Dayanıklı, S Duyarlı, R/S Dayanıklılık oranı, * Duyarlı popülasyon

A. fatua'nın ACCase inhibitörü herbisite duyarlı ve dayanıklı popülasyonlarının doz-etki analizi sonucunda, iki popülasyonda clodinafop-propargyl (20 ml/da) herbisitinin tavsiye edilen dozundan daha yüksek ED₉₀ değerleri belirlenmiştir. En yüksek ED₉₀ değerleri IĞR17 (ED₉₀=153,11±7,64) ve IĞR23 (ED₉₀=44,53±1,13) popülasyonlarında gözlemlenmiştir. Bu durum, bu popülasyonların herbisite karşı yüksek dayanıklılık göstermekte olduğunu ortaya koymaktadır. Öte yandan, en düşük ED₉₀ değerleri IĞR0 (ED₉₀=17,66±1,34), IĞR7 (ED₉₀=17,07±0,15) ve IĞR33 (ED₉₀=18,02±0,88) popülasyonlarında tespit edilmiştir. Bu popülasyonlar, clodinafop-propargyl aktif maddeli herbisite karşı daha duyarlı olup, daha düşük dozlarla etkili hale gelebileceklerini göstermektedir. Dayanıklılık oranları incelendiğinde, IĞR17 popülasyonu 7,7 kat ve IĞR23 popülasyonu 2,25 kat dayanıklı olarak belirlenmiştir.

Diğer popülasyonlar ise clodinafop-propargyl herbisitine karşı hassas oldukları tespit edilmiştir. b Değeri: Popülasyonların herbisite karşı duyarlılığını temsil eder. IĞR17 popülasyonunun düşük b değeri (1,75) ile diğer popülasyonlara göre daha düşük bir duyarlılık sergilediği görülmektedir. Bu durum, bu popülasyonun herbisit uygulamalarına karşı dayanıklılığını artıran bir faktördür. d Değeri: Bu parametre, herbisit dozunun popülasyon üzerindeki genel etkisini temsil eder. IĞR17 ve IĞR23 popülasyonlarının yüksek d değerleri (1,80 ve 2,12), bu popülasyonların herbisit uygulamalarına karşı gelişen dayanıklılık mekanizmalarını desteklemektedir (Çizelge 4.8). Nandula ve Messersmith (2002), *A. fatua*'nın ACCase inhibitörü herbisitlerine karşı diclofop-methyl'e 42 kat dayanıklılık geliştirdiğini belirtmişlerdir. Bu bulgu, çalışmamızdaki popülasyonların herbisitlere karşı gösterdiği dayanıklılık farklılıkları ile paralellik göstermektedir. Raza *et al.* (2021) çalışmasında, üç biyotipin clodinafop-propargyl'e karşı ölüm yüzdeleri bildirmiş, bu da mevcut çalışmamızdaki popülasyonlar arası dayanıklılık farklılıklarını desteklemiştir. Beckie *et al.* (2012b) ise, ACCase inhibitörlerine dayanıklı popülasyonların %50'sinde mutasyon tespit ettiklerini ifade etmişlerdir. Mangin *et al.* (2016) ve Cruz-Hipolito *et al.* (2011), *A. fatua*'nın çeşitli herbisitlere karşı dayanıklılık geliştirdiğini belirtmişlerdir. Özellikle Cruz-Hipolito *et al.* (2011), *A. fatua*'nın belirtilen herbisitlere karşı gösterdiği dayanıklılığı destekleyen bulgular sunmuştur. Beckie *et al.* (2002) ve Tafoya-Razo *et al.* (2022) de, *A. fatua* popülasyonlarının ACCase inhibitörlerine karşı yüksek oranda dayanıklılık sergilediğini göstermiştir. Türkseven ve Nemli (2015) ile Heap *et al.* (1993) tarafından yapılan araştırmalar, *A. fatua* popülasyonlarının fenoxaprop ve diğer herbisitlere karşı farklı oranlarda dayanıklılık kazandığını ortaya koymuştur. Stokłosa and Kieć, (2006) ve Ahmad-Hamdani *et al.* (2012), *A. fatua* popülasyonlarının dayanıklılık düzeylerinde belirgin değişiklikler olduğunu belirtmiştir. Bu durum, çalışma bulgularımızla paralel bir şekilde değerlendirilebilir. Owen and Powles (2009) ve Lyle *et al.* (2000) çalışmalarında ise, *A. fatua* popülasyonlarının belirli herbisitlere karşı dayanıklılık geliştirdiği ifade edilmiştir. Genel olarak, mevcut veriler, *A. fatua*'nın herbisitlere karşı dayanıklılığın popülasyonlar arasında farklılıklar olmaktadır.

ACCcase inhibitörü herbisitinin *A. fatua* üzerindeki etki oranının dozlara göre değişimini incelenmiştir. ACCcase inhibitörü herbisitinin *A. fatua* üzerinde etki oranının dozlara göre değişimi Şekil 4.24'te sunulmuştur.

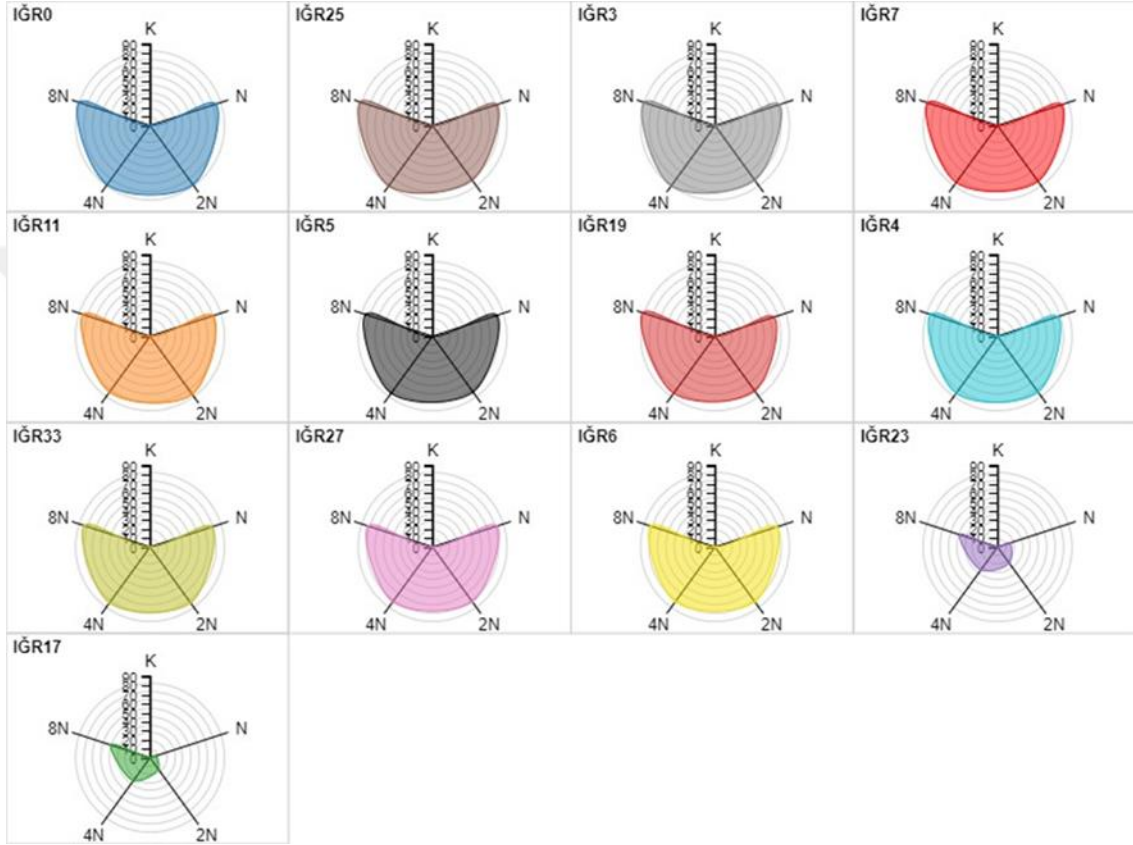


Şekil 4.24. ACCcase inhibitörü herbisitinin *Avena fatua* üzerinde etki oranının dozlara göre değişimi

ACCcase inhibitörü herbisitinin artan şekilde dört farklı dozda (N, 2N, 4N ve 8N) uygulanmasıyla, *A. fatua*'ya etkisinin değişimi gözlemlenmiştir. Uygulanan herbisit sonrası, her popülasyon için etki oranları yüzdesel bazda değerlendirilmiştir. N doz uygulandıktan sonra, 12 popülasyondan yalnızca iki popülasyon (IĞR17 ve IĞR23) %80'in altında bir etki göstermiştir. Bu durum, bu popülasyonların herbisite karşı daha yüksek bir dayanıklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Diğer popülasyonlar ise tüm dozlarda %80 ve üzeri etki düzeyleri sergilemiş, bu da onların herbisite karşı duyarlı olduğunu göstermektedir (Şekil 4.24)

ACCcase inhibitörü herbisitinin *A. fatua* popülasyonlarının herbisite karşı gösterdiği etki oranlarını ayrıntılı bir şekilde karşılaştırılması popülasyonlar arasındaki farklı etki oranlarını görselleştirerek, herbisit etkilerinin dozlara göre popülasyonlar

üzerinde nasıl dağıldığını ve hangi popülasyonların daha fazla etki ettiğini hangi popülasyona daha az etki ettiğini belirlemek amacıyla radar analizi yapılmıştır. ACCase inhibitörü herbisitinin *A. fatua* popülasyonu üzerindeki etki oranları radar analiz sonuçları Şekil 4.25'te gösterilmiştir.

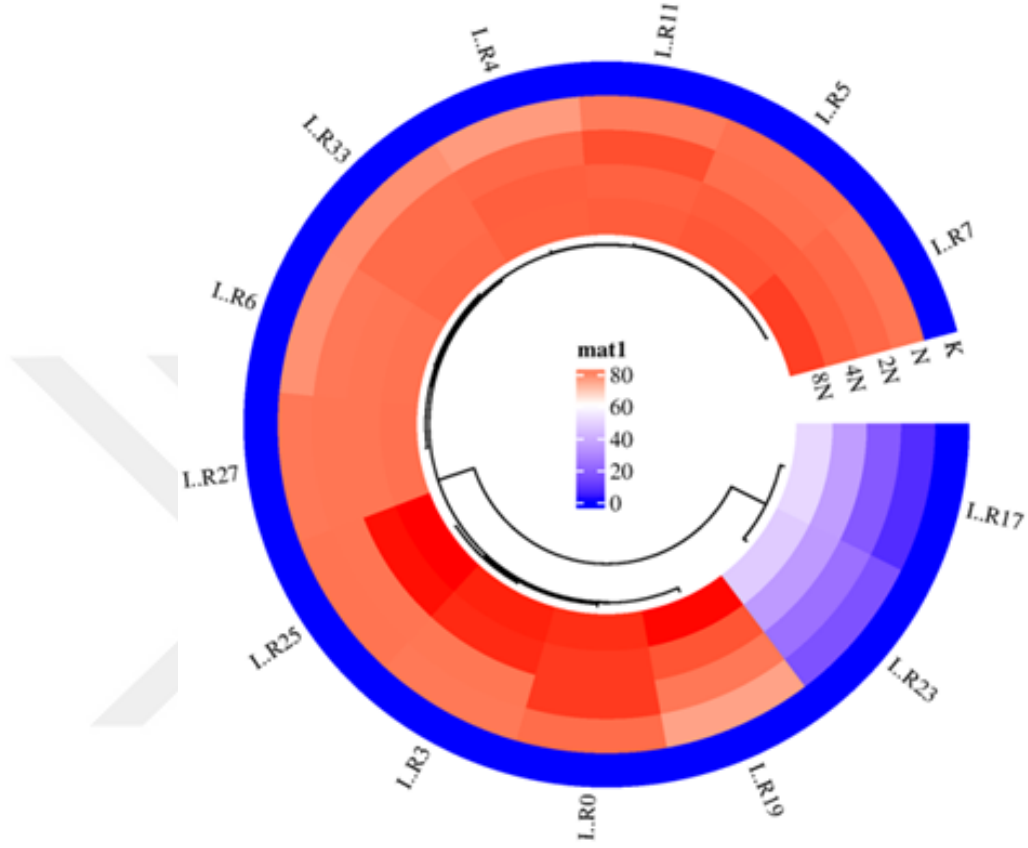


Şekil 4.25. ACCase inhibitörü herbisitinin *Avena fatua* popülasyonu üzerindeki etki oranları

Şekil 4. 25 incelendiğinde, doz etki çalışmasına tabi tutulan 17 popülasyondan yalnızca iki tanesinin (IĞR17 ve IĞR23) %80'in altında etki oranları sergilediği görülmektedir. Diğer popülasyonlar ise %80 ve üzeri etki oranları ile daha duyarlı bir yanıt göstermektedir (Şekil 4.25).

ACCase inhibitörü herbisite karşı farklı popülasyonların tepkilerini ve dayanıklılık düzeylerini görselleştirmek, popülasyonlar arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları belirleyerek, herbisitinin etkilerinin dağılımını değerlendirme amacıyla ısı haritası kümelemesi analizi yapılmıştır. ACCase inhibitörü herbisitinin *A. fatua*

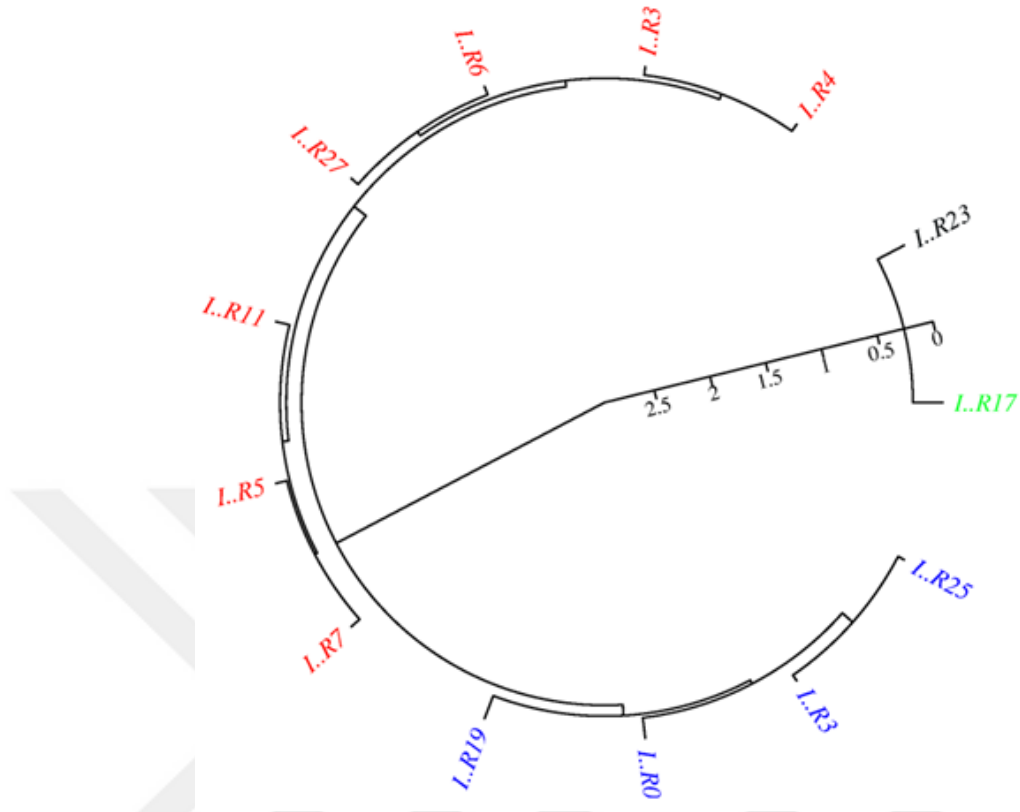
popülasyonu üzerine etkisinin ısı haritası kümelemesine ait sonuçlar Şekil 4.26’da sunulmuştur.



Şekil 4.26. ACCase inhibitörü herbisit *Avena fatua* popülasyonu üzerine etkisinin ısı haritası kümelemesi

Isı haritası kümeleme analizi, bağımlı ve bağımsız değişkenleri gösteren bir renk aralığı (80 ile 0 arasında; kırmızıdan maviye) kullanarak iki ana kümeye net bir şekilde ayırmaktadır. İlk ana kümede *A. fatua* popülasyonları arasında en düşük etki oranlarına sahip olan IĞR17 ve IĞR23 yer almaktadır. Diğer popülasyonlar ise ikinci ana kümede gruplandırılmıştır. Doz yanıt kısmında da belirtildiği gibi, IĞR17 ve IĞR23 popülasyonları en düşük etki oranlarını sergileyerek ısı haritası kümelemesinde kendi içlerinde bir küme oluşturmaktadır (Şekil 4.26).

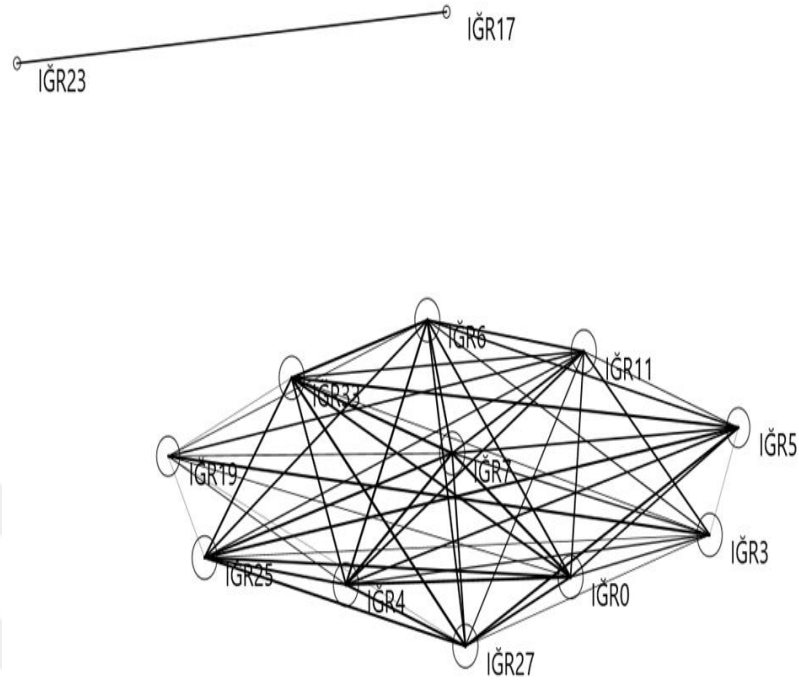
Çalışmada *A. fatua* popülasyonlarının ACCase inhibitörü herbisit uygulamasına yanıtlarını benzerliklerine göre gruplandırmak amacıyla hiyerarşik kümeleme analizi yapılmıştır. ACCase inhibitörü herbisit *A. fatua* popülasyonu üzerine etkisinin hiyerarşik kümeleme analizi sonuçları Şekil 4.27’de gösterilmiştir.



Şekil 4.27. ACCase inhibitörü herbisitinin *Avena fatua* popülasyonu üzerine etkisinin hiyerarşik kümeleme analizi

Hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda, ACCase inhibitörü herbisitinin *A. fatua* üzerindeki etkisi bakımından iki farklı ana grup belirlenmiştir. Oluşan ana gruplardan birinde, IĞR17 ve IĞR23 popülasyonları yer alırken, bu popülasyonlara uygulanan herbisit için düşük etki oranları gözlemlenmiştir. Diğer grupta ise, en yüksek etki oranlarına sahip olan IĞR0, IĞR25, IĞR3 ve IĞR19 popülasyonları kendi içerisinde iki alt gruba ayrılmıştır (Şekil 4.27).

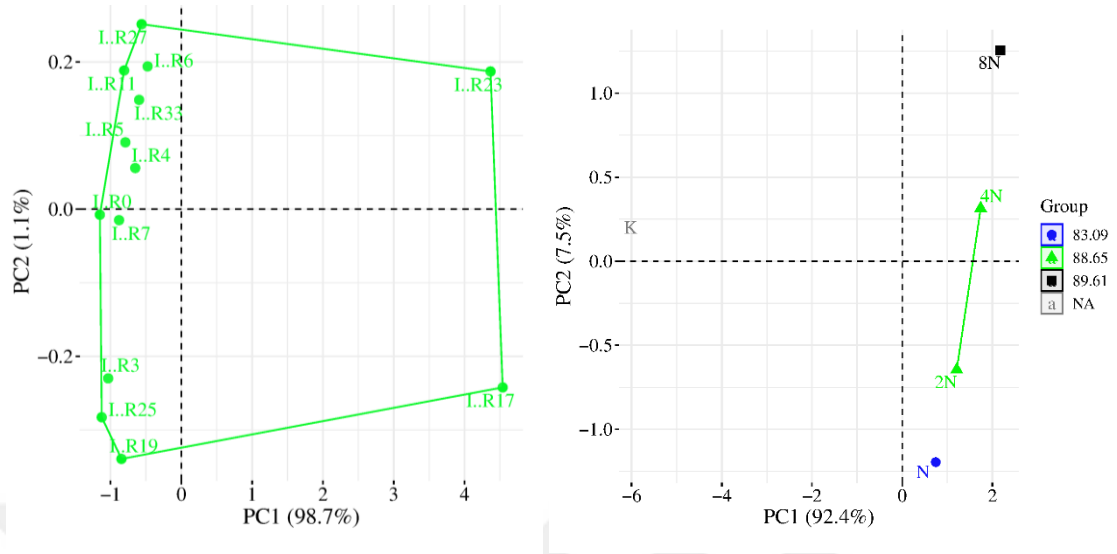
ACCase inhibitörü herbisitinin *A. fatua* popülasyonu üzerine etkilerinin arasındaki etkileşimleri ve ilişkileri belirlemek ve popülasyonların herbisidal tepkilerini daha iyi değerlendirmek amacıyla ağ grafiği analizi yapılmıştır. ACCase inhibitörü herbisitinin *A. fatua* popülasyonu üzerine etkisinin ağ grafiği analizi Şekil 4.28’de verilmiştir.



Şekil 4.28. ACCase inhibitörü herbisit *Avena fatua* popülasyonu üzerine etkisinin ağ grafiği analizi

Bu analizde, IGR17 ve IGR23 popülasyonları, kendi aralarında bir ilişki gösterirken, diğer popülasyonlarla herhangi bir etkileşimde bulunmamışlardır. Diğer popülasyonlar, özellikle kontrol popülasyonu olan IGR0 ile belli bir derecede ilişkilere sahip olmuşlardır (Şekil 4.28).

ACCase inhibitörü herbisit dozlarına karşı *A. fatua* popülasyonların tepkilerini ortak bileşenler üzerinden değerlendirmek ve bu bileşenler aracılığıyla popülasyonların dayanıklılık veya duyarlılık düzeylerini karşılaştırmak amacıyla temel bileşen analizi yapılmıştır. Herbisit popülasyonlar üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla elde edilen kuru ağırlık verileri, bir biplot çifti üzerine dağılmıştır. ACCase inhibitörü herbisit *A. fatua* popülasyonu üzerine etkisinin dozlar ve popülasyonların temel bileşen analizi Şekil 4.29’da gösterilmiştir.



Şekil 4.29. ACCase inhibitörü herbisitın *Avena fatua* popülasyonu üzerine etkisinin dozlar ve popülasyonların temel bileşen analizi

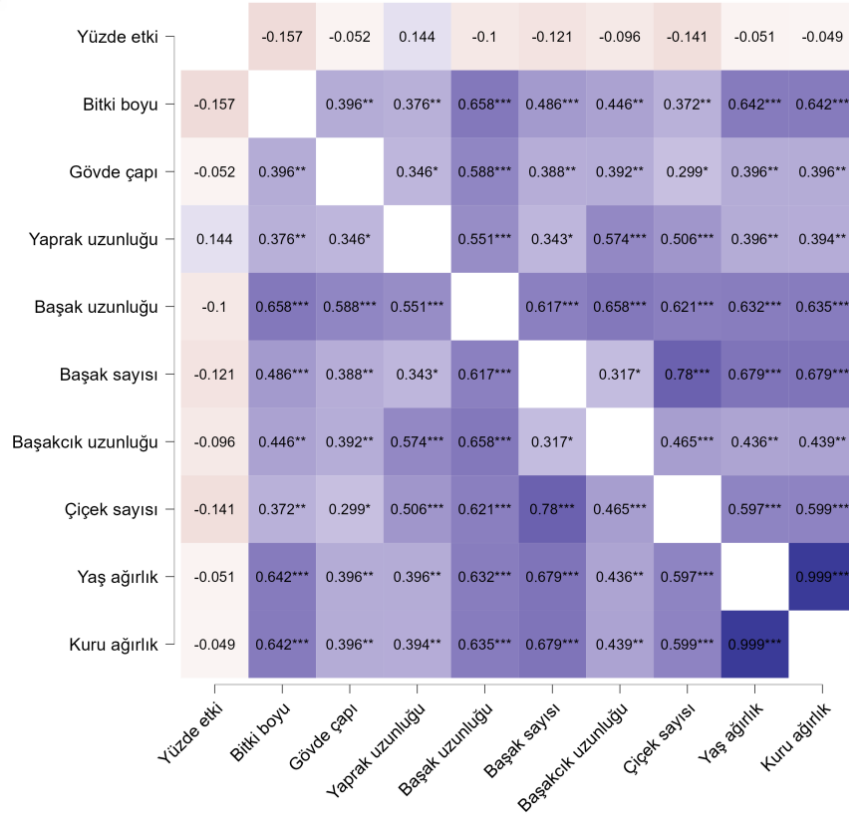
Bu biplot analizinde, ilk iki bileşen (PC1: %98,7 ve PC2: %1,1), orijinal verilerin değişkenliğinin %99,8'ini açıklamaktadır. Bu kadar yüksek bir varyans, temel bileşenler analizinin, herbisit uygulamalarıyla birlikte tahmin edilen parametrelerin etkisini değerlendirmede başarılı bir şekilde kullanılabilceğini göstermektedir. İlk bileşen (PC1), IĞR23 popülasyonu (+2,45 puan) ve IĞR17 popülasyonu (+1,99 puan) ile pozitif bir ilişki gösterirken, diğer popülasyonlar ve kontrol grubu olan IĞR0 (-0,60 puan) ile negatif bir ilişki içindedir. Bu durum, belirli popülasyonların herbisite karşı duyarlılığının farklılıklarını net bir şekilde ortaya koymaktadır ve herbisit uygulamalarının popülasyonlar üzerindeki etkilerini daha iyi anlamamıza olanak tanımaktadır (Şekil 4.29). ACCase inhibitörü herbisitın *A. fatua* popülasyonları üzerindeki etkisini değerlendiren tüm analizler, popülasyonlar arasındaki dayanıklılık farklılıklarını ve herbisitlerin etkinliğini kapsamlı bir şekilde ortaya koymuştur.

4.3. Morfolojik ve Dayanıklılık İlişkisi

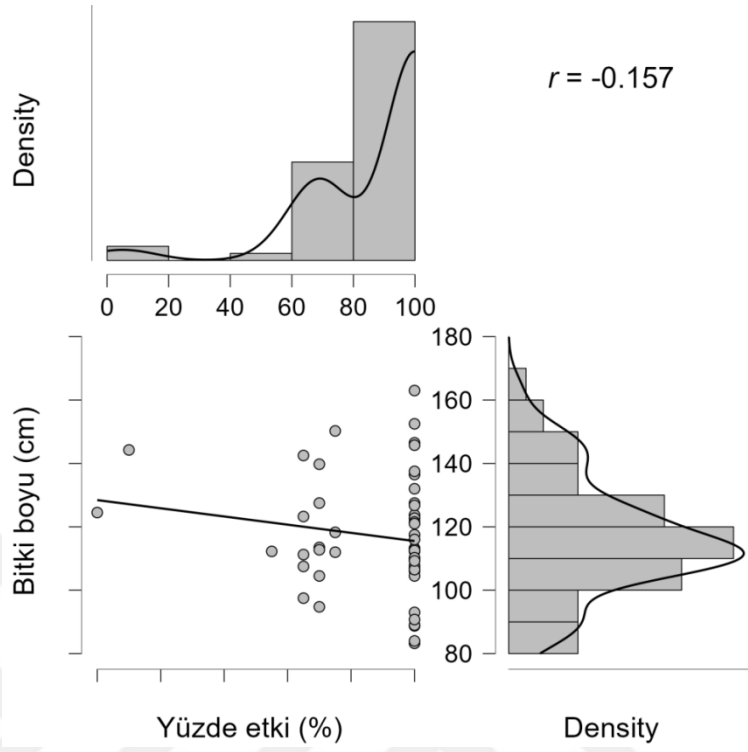
Araştırmada, ALS inhibitörü ve ACCase inhibitörü herbisit uygulamalarının *A. fatua* popülasyonları üzerindeki etkilerini incelerken, popülasyonların dayanıklılık seviyesi ile morfolojik özellikleri arasındaki ilişkileri anlamak için korelasyon analizi yapılmıştır.

4.3.1. ALS inhibitörü herbisit yüzde etkisi ile morfolojik özelliklerin ilişkisi

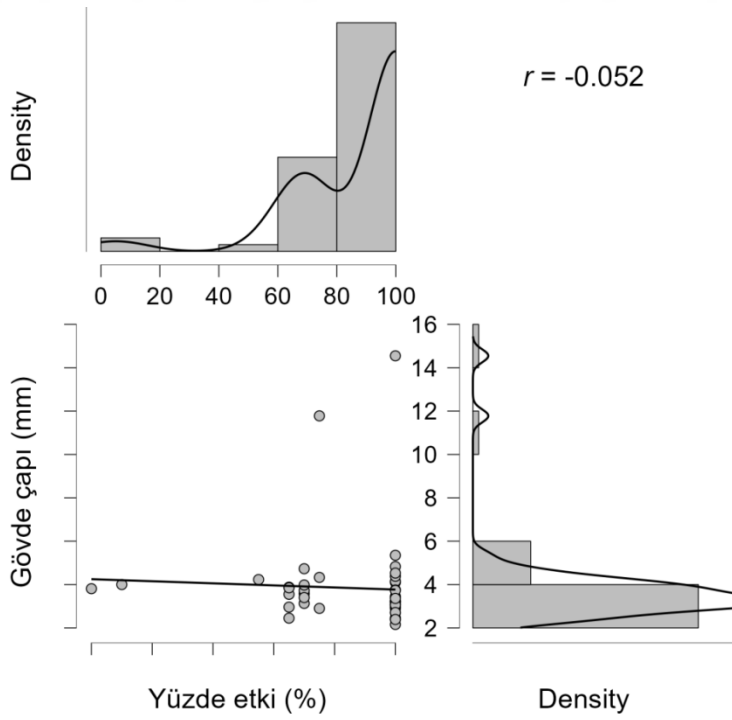
Korelasyon analizinde *A. fatua* popülasyonlarının morfolojik özellikleri ile ALS inhibitörü herbisite dayanıklılıkları arasında güçlü ve anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Çalışmada yüzde etki ve bitki boyu korelasyon katsayısı -0.157 olarak hesaplanmış, bu da bitki boyu ile herbisit etkisi arasında zayıf bir negatif ilişki olduğunu gösteriyor. Ancak bu ilişki istatistiksel olarak anlamlı değil ($p = 0.271$). Yüzde etki ile yaş ağırlık Korelasyon katsayısı -0.051 ve p değeri 0.721 olduğundan, yaş ağırlık ile herbisit etkisi arasında neredeyse hiç ilişki bulunmamaktadır. Ayrıca, bu ilişki anlamlı da değildir. Yüzde etki ile kuru ağırlık Korelasyon katsayısı -0.049 ve p değeri 0.735, kuru ağırlık ile herbisit etkisi arasında zayıf bir negatif ilişki olduğunu ancak bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir (Şekil 4.30). ALS inhibitörü herbisitinin *A. fatua* üzerine yüzde etkisi ile *A. fatua* morfolojik özellikleri arasındaki korelasyon analizi ayrı ayrı grafikleri Şekil 4.31 – Şekil 4.39 arasında verilmiştir.



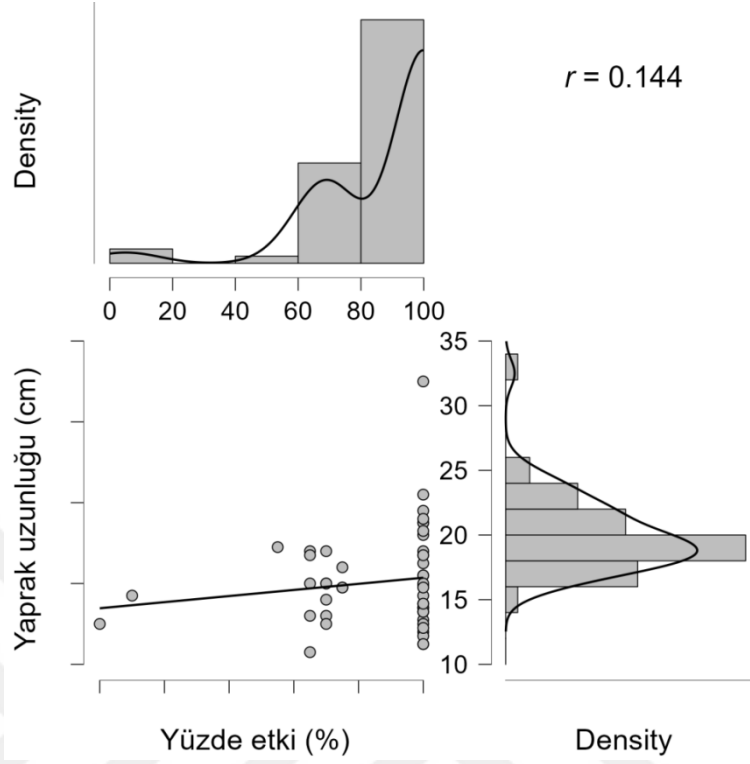
Şekil 4.30. *Avena fatua* morfolojik özellikleri ile ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranlarının korelasyon analizi



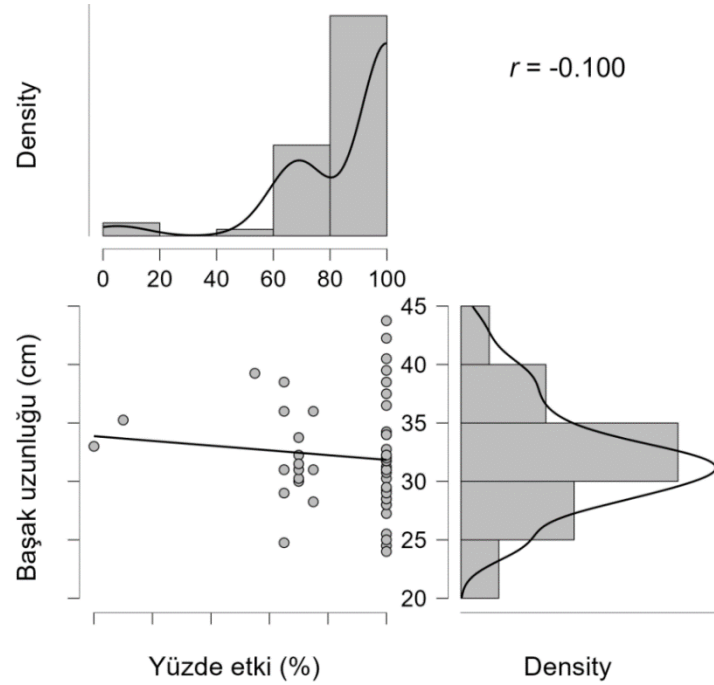
Şekil 4.31. ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile bitki boyu arasındaki korelasyon



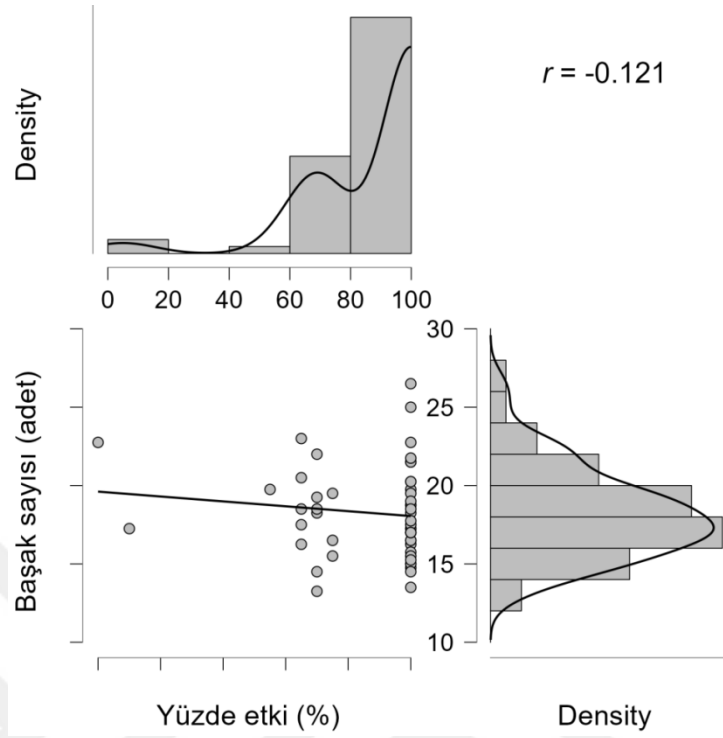
Şekil 4.32. ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile gövde çapı arasındaki korelasyon



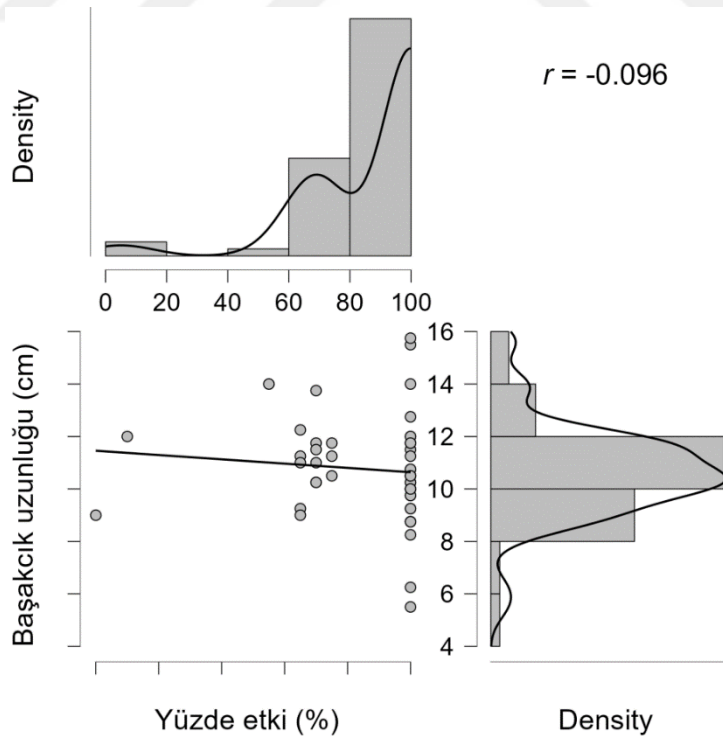
Şekil 4.33. ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile yaprak uzunluğu arasındaki korelasyon



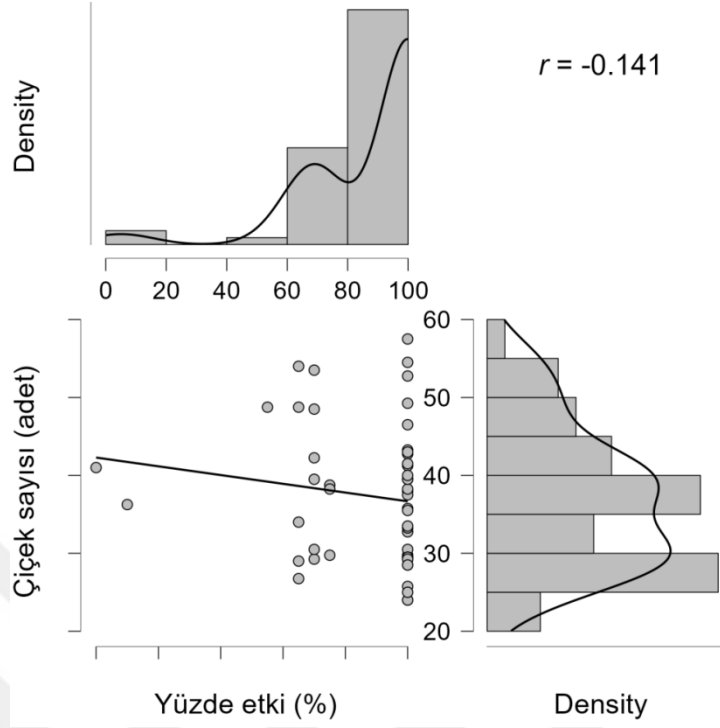
Şekil 4.34. ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile başak uzunluğu arasındaki korelasyon



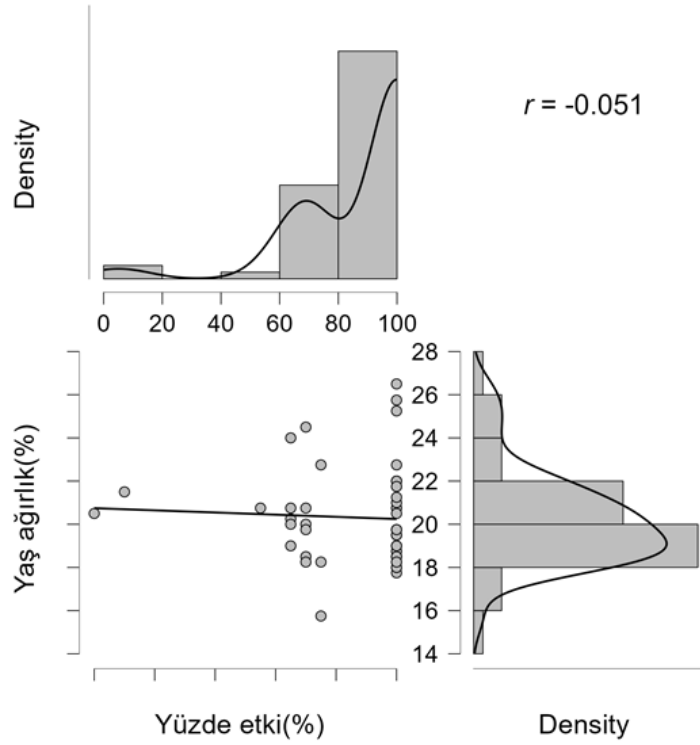
Şekil 4.35. ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile başak sayısı arasındaki korelasyon



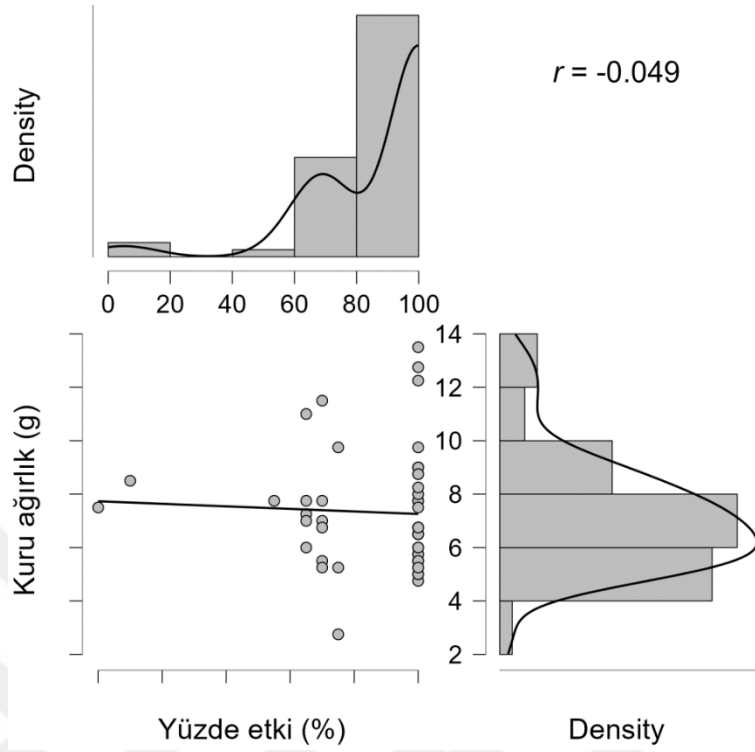
Şekil 4.36. ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile başakcık uzunluğu arasındaki korelasyon



Şekil 4.37. ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile çiçek sayısı arasındaki korelasyon



Şekil 4.38. ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile yaş ağırlık arasındaki korelasyon

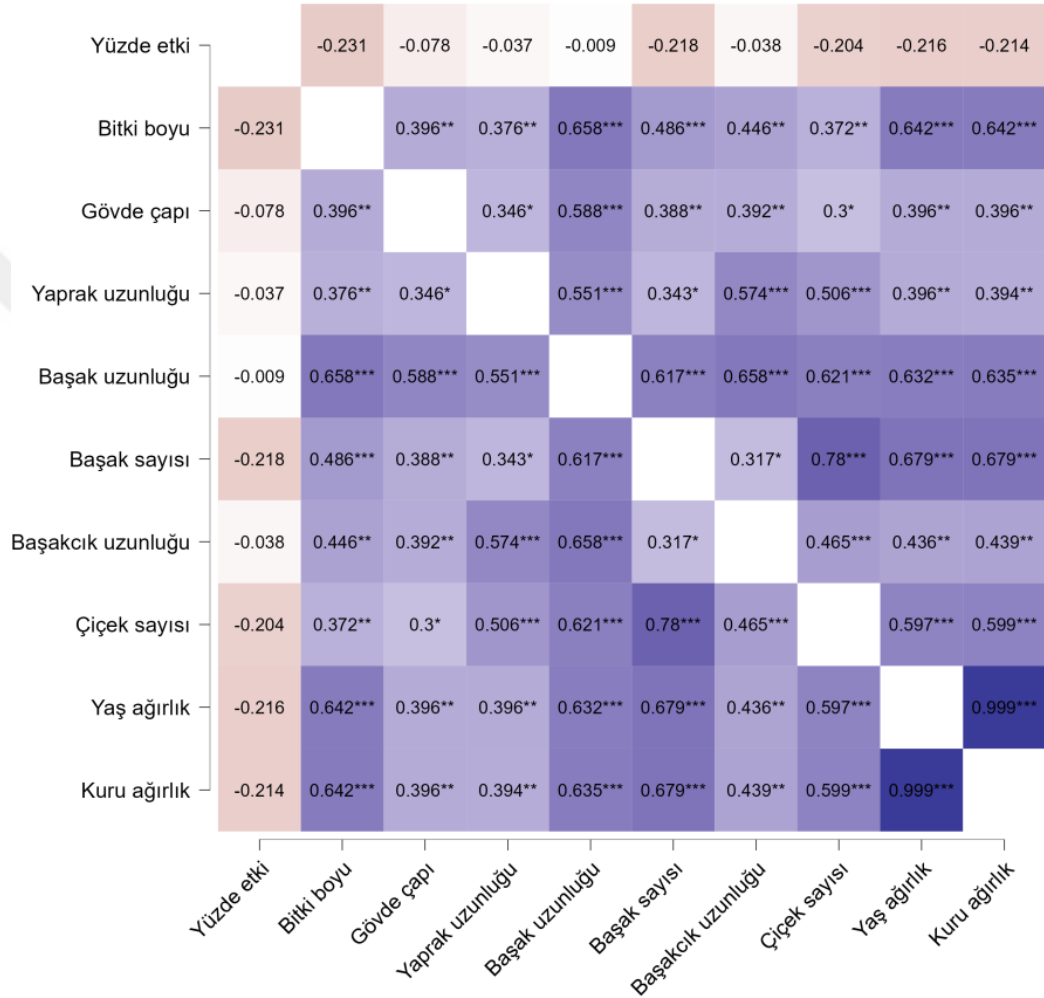


Şekil 4.39. ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile kuru ağırlık arasındaki korelasyon

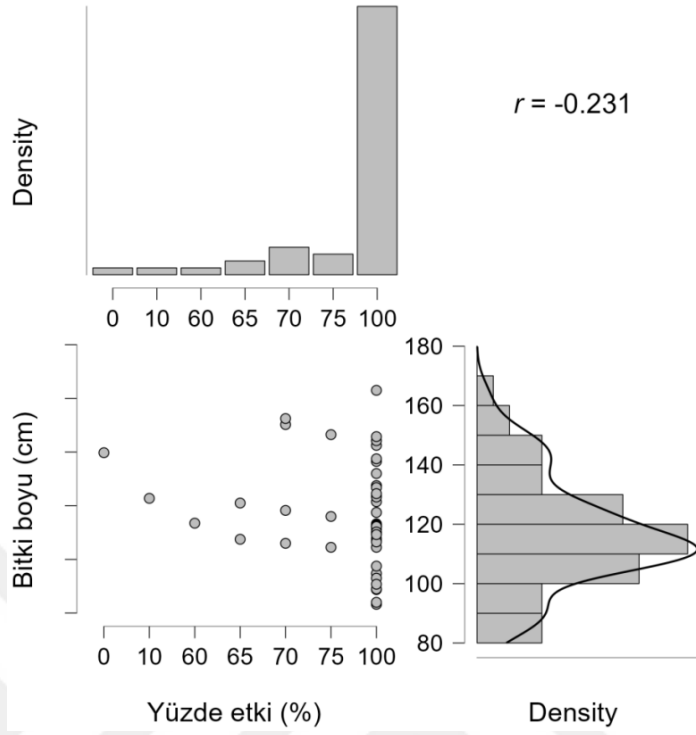
4.3.2. ACCase inhibitörü herbisit yüzde etkisi ile morfolojik özelliklerin ilişkisi

ACCcase inhibitörü herbisitinin *A. fatua* popülasyonları üzerindeki yüzde etki oranları ile popülasyonların morfolojik özellikleri arasındaki ilişkileri analiz etmek amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır. Korelasyon analizine göre, *A. fatua* popülasyonlarının morfolojik özellikleri ile ACCcase inhibitörü herbisit etkisi arasında zayıf, negatif yönlü ilişkiler bulunmuştur. Ancak bu ilişkiler istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yüzde etki ile bitki boyu korelasyon katsayısı -0.231 olarak bulunmuş, bu da bitki boyu ile herbisit etkisi arasında zayıf bir negatif ilişki olduğunu göstermektedir. Ancak bu ilişki istatistiksel olarak anlamlı değil ($p = 0.102$). Yüzde etki ile başak sayısı korelasyon katsayısı -0.218, başak sayısı ile herbisit etkisi arasında zayıf bir negatif ilişki olduğunu gösteriyor, ancak bu da istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yüzde etki ile yaş ağırlık arasında korelasyon katsayısı -0.216 olarak bulunmuş, bu da yaş ağırlık ile herbisit etkisi arasında zayıf bir negatif ilişki olduğunu gösteriyor ($p = 0.128$). Yine bu ilişki istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yüzde etki ile kuru ağırlık arasında korelasyon katsayısı -0.214, kuru ağırlık ile herbisit etkisi arasında zayıf bir negatif

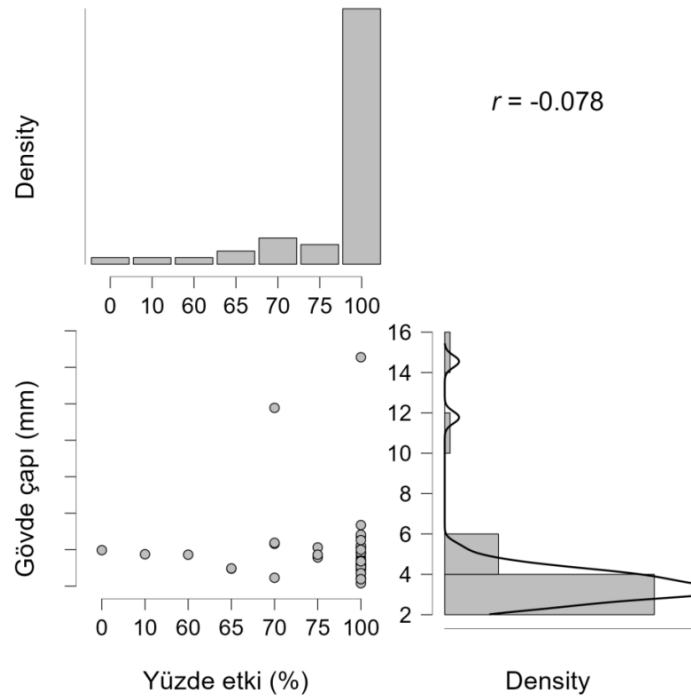
ilişkiyi göstermektedir ($p = 0.131$). Bu da istatistiksel olarak anlamlı olmamaktadır (Şekil 4.40). ACCase inhibitörü herbisitinin *A. fatua* üzerine yüzde etkisi ile *A. fatua* morfolojik özellikleri arasındaki ayrı ayrı korelasyon grafikleri Şekil 4.41 – Şekil 4.49 arasında verilmiştir.



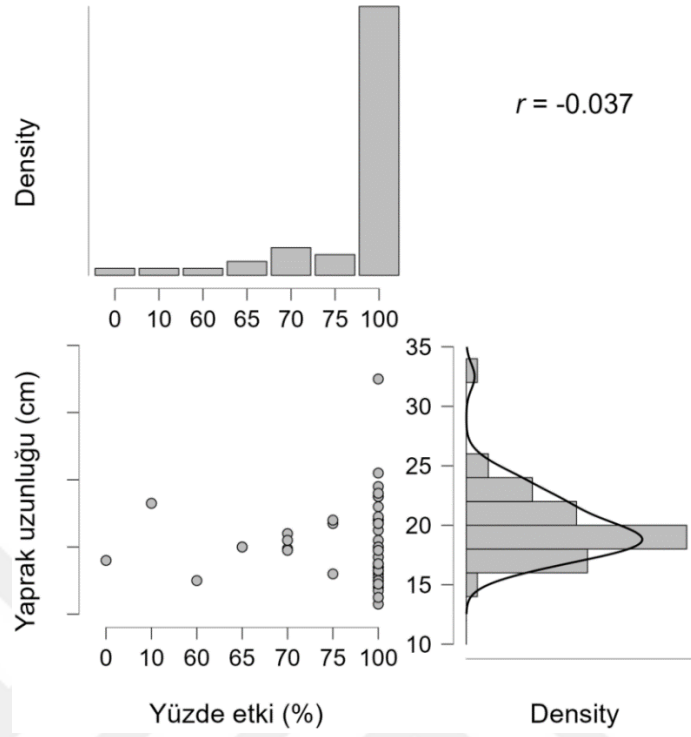
Şekil 4.40. *Avena fatua* morfolojik özellikleri ile ALS inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranlarının korelasyon analizi



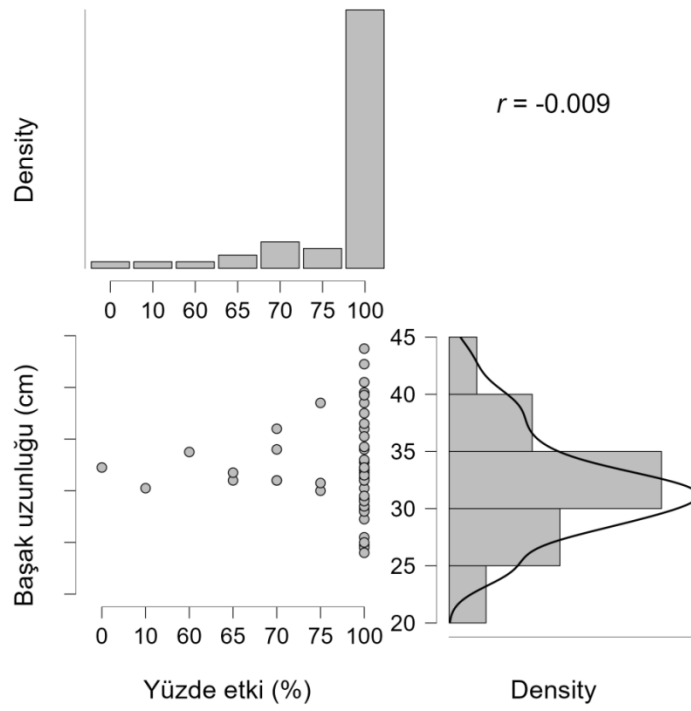
Şekil 4.41. ACCase inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile bitki boyu arasındaki korelasyon



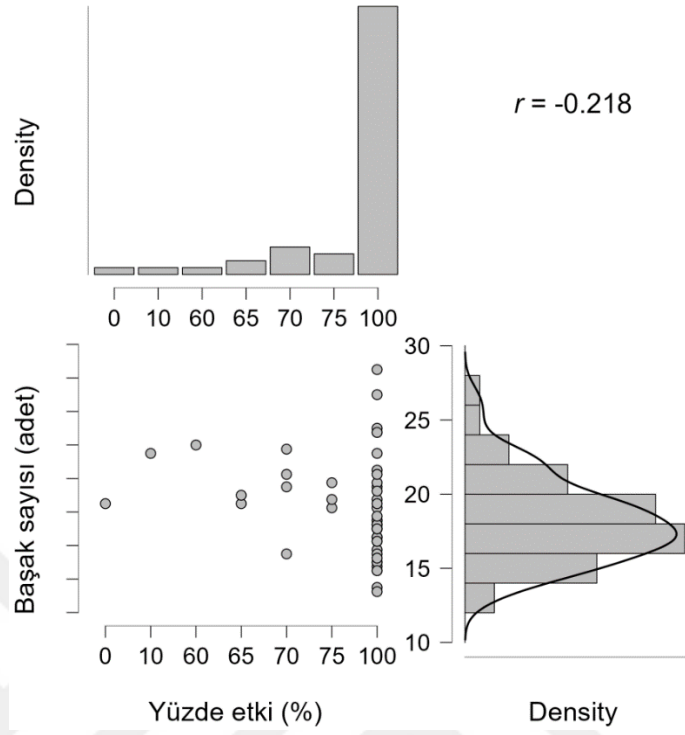
Şekil 4.42. ACCase inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile gövde çapı arasındaki korelasyon



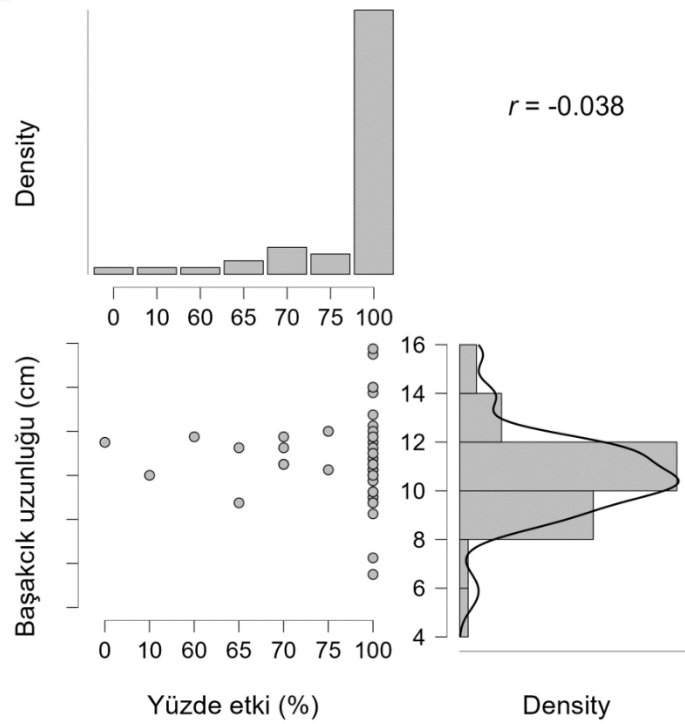
Şekil 4.43. ACCase inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile yaprak uzunluğu arasındaki korelasyon



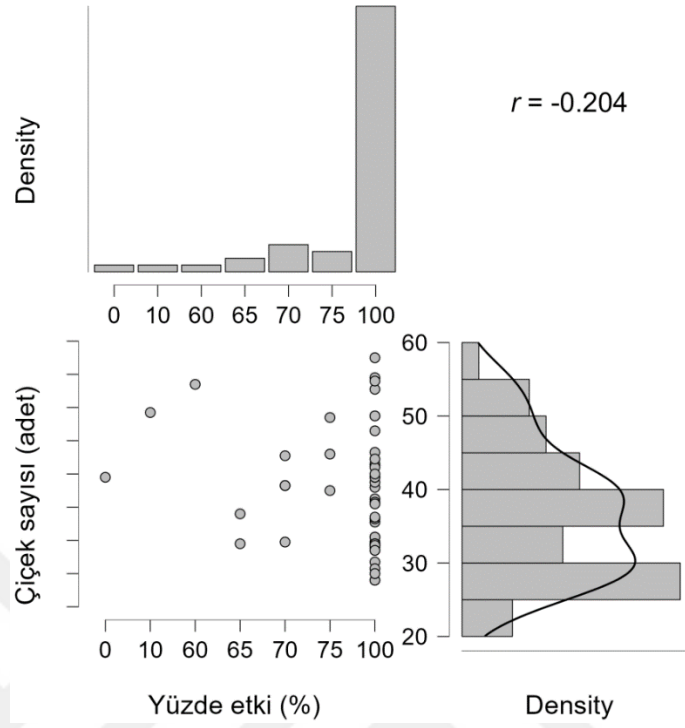
Şekil 4.44. ACCase inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile başak uzunluğu arasındaki korelasyon



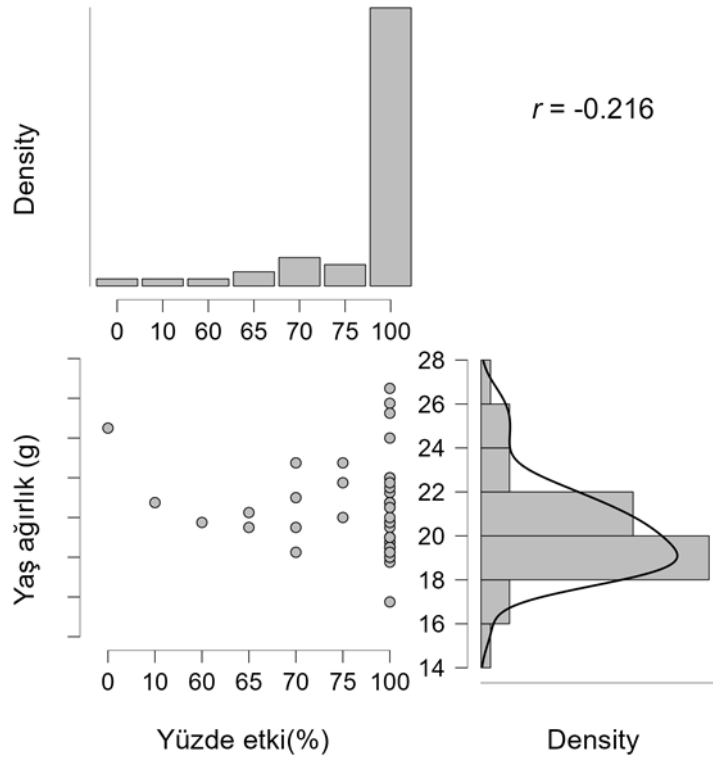
Şekil 4.45. ACCase inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile başak sayısı arasındaki korelasyon



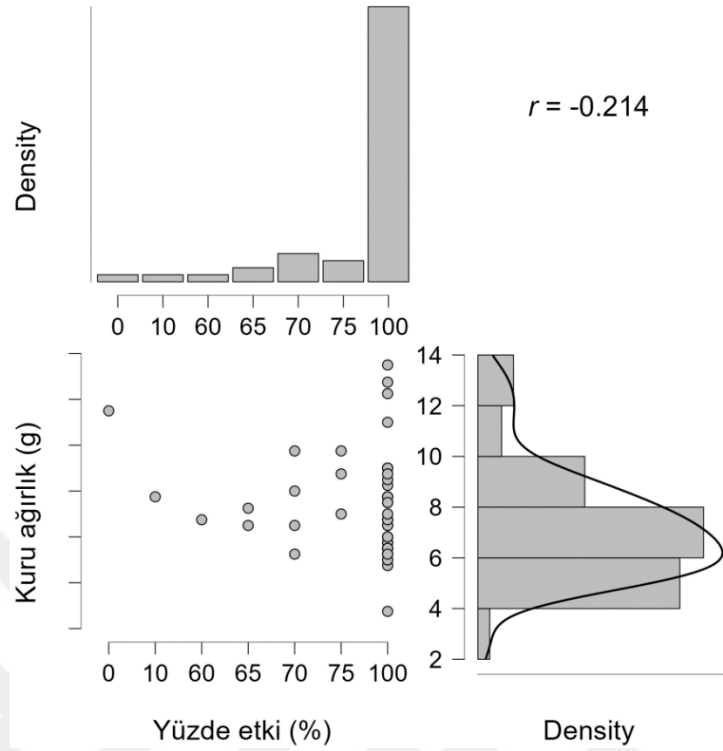
Şekil 4.46. ACCase inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile başakcık uzunluğu arasındaki korelasyon



Şekil 4.47. ACCase inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile çiçek sayısı arasındaki korelasyon



Şekil 4.48. ACCase inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile yaş ağırlığı arasındaki korelasyon



Şekil 4.49. ACCase inhibitörü herbisitinin yüzde etki oranı ile kuru ağırlık arasındaki korelasyon

4.4. Epigenetik Çalışma

4.4.1. Spektrofotometre analizleri

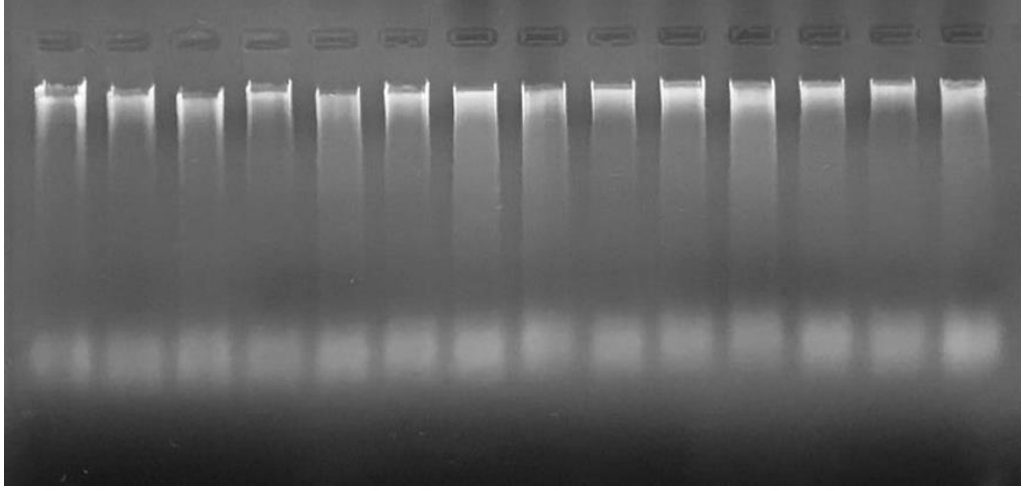
A. fatua yapraklarından izole edilen DNA'nın $A_{260/280}$ oranı genelde 1,881 ile 2,263 arasında değişiklik göstermiştir. Uç değerler daha sonra agaroz jel üzerinde incelendiğinde, jel görüntüsünde DNA'nın kaliteli olduğu tespit edilmiştir. Bu uç değerlerin genellikle nanodrop okumalarında karşılaşılan bir durum olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, DNA'nın konsantrasyonunun μL başına 106,35 ile 449,90 ng arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Örneklere ait konsantrasyon spektrofotometre okumaları

Örnekler	A ₂₃₀	A ₂₆₀	A ₂₈₀	A ₂₆₀ /A ₂₈₀	A ₂₆₀ /A ₂₃₀	Konsantrasyon
1	1,830	3,829	1,775	2,157	2,092	191,45
2	1,862	3,638	1,904	1,910	1,954	181,88
3	2,775	5,245	2,789	1,881	1,890	262,23
4	2,252	4,485	2,129	2,107	1,992	224,23
5	1,566	3,160	1,495	2,113	2,017	157,98
6	2,247	4,569	2,148	2,127	2,033	228,45
7	1,030	2,127	0,040	2,263	2,066	106,35
8	4,399	8,998	4,516	1,993	2,045	449,90
9	2,424	5,092	2,409	2,114	2,101	254,62
10	2,026	3,964	2,064	1,921	1,956	198,21
11	2,262	4,448	2,207	2,015	1,967	222,38
12	2,937	5,941	2,885	2,059	2,022	297,03
13	2,814	5,689	2,756	2,087	2,022	284,44
14	2,044	4,099	1,947	2,105	2,006	204,93
15	2,414	4,932	2,369	2,082	2,043	246,62
16	2,721	5,521	3,735	2,019	2,029	276,04

4.4.2. Agaroz jel elektroforez analizleri

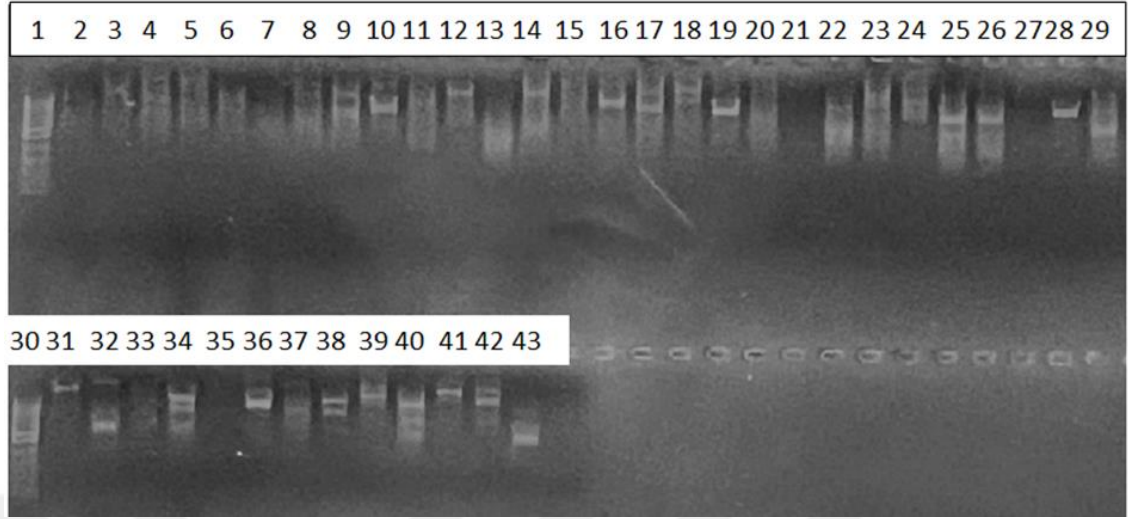
Çalışmada gDNA örneklerinin RNA, protein ve polisakkaritlerden tamamen arındırıldığı ve yüksek moleküler ağırlığa sahip olduğu tespit edilmiştir (Aydın ve ark., 2018). Çalışmada kullanılan örneklere ait genomik DNA'nın agaroz jel elektroforez görüntüleri Şekil 4.50 'de sunulmuştur.



Şekil 4.50. İzolasyonu tamamlanmış genomik DNA'nın agaroz jel elektroforez yöntemiyle görüntülenmesi

4.4.3. Uygulamalar arasında DNA metilasyon düzeyindeki değişimler

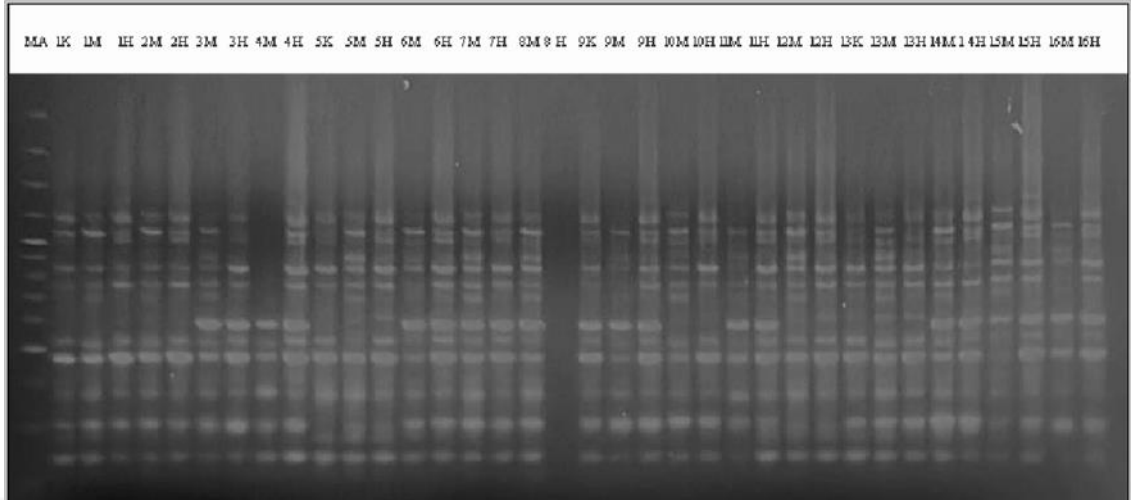
Yapılan uygulamalar arasında DNA metilasyon düzeyinin belirlenmesi için çalışmada 16 örnek farklı tarlalardan toplanmış ALS ve ACCase inhibitörü herbisitlere karşı hassas ve dayanıklı genotipler ile Restriksiyon enzim metodu ve epigenetik ile ilişkisi olan DNA içinde hareket eden DNA dizilerinin PZR yöntemi ile çoğaltılan IPBS primerleri kullanılmıştır. Toplamda 43 IPBS primeri kullanılmış ve bunlardan 12 tanesi PZR de amplikon verdiği için analizler bu primerler ile çoğaltılmıştır (Şekil 4.51).



1: IPBS 2074, 2: IPBS 2075, 3: IPBS 2077, 4: IPBS 2083, 5: IPBS 2085, 6: IPBS 2087, 7: IPBS 2095, 8: IPBS 2217, 9: IPBS 2218, 10: IPBS 2219, 11: IPBS 2222, 12: IPBS 2224, 13: IPBS 2225, 14: IPBS 2226, 15: IPBS 2228, 16: IPBS 2229, 17: IPBS 2230, 18: IPBS 2231, 19: IPBS 2232, 20: IPBS 2239, 21: IPBS 2249, 22: IPBS 2251, 23: IPBS 2252, 24: IPBS 2253, 25: IPBS 2255, 26: IPBS 2272, 27: IPBS 2276, 28: IPBS 2277, 29: IPBS 2278, 30: IPBS 2279, 31: IPBS 2374, 32: IPBS 2375, 33: IPBS 2376, 34: IPBS 2378, 35: IPBS 2386, 36: IPBS 2387, 37: IPBS 2388, 38: IPBS 2389, 39: IPBS 2390, 40: IPBS 2393, 41: IPBS 2394, 42: IPBS 2401, 43: IPBS 2402

Şekil 4.51. Çalışmada kullanılan IPBS primeri

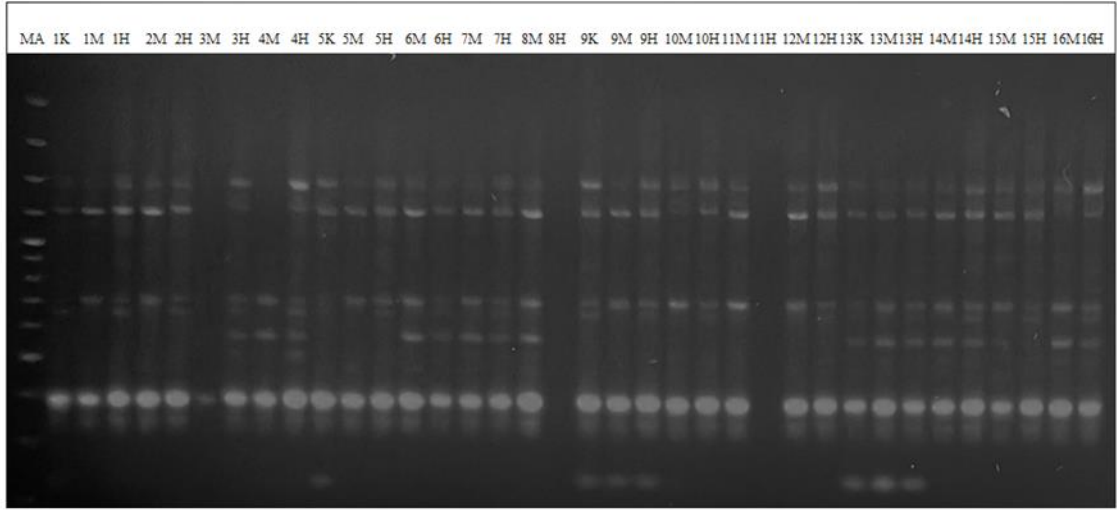
Çalışmada kullanılan primerler için uygun PZR profilleri kullanılarak elde edilen ampliconlar %2'lik AGE ile 2,4,6 saatlik koşma sonuçları jel görüntüleri elde edilmiş ve ampliconların net görüldüğü saatte Gel Analyzer v.23.1 yazılım programı kullanılarak var olan ve olmayan ampliconlar tespit edilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda Türkoğlu ve ark. (2023) yaptığı çalışmadaki yaklaşım ile % polimorfizm ile epigenetik varyasyon değerlendirilmiştir. IPBS 2228 Primerine ait dördüncü satteki jel görüntüsü Şekil 4.52'de verilmiştir.



MA: markır, ALS inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 1K: ALS kontrol, 1M: ALS kontrol + Msp I, 1H: ALS kontrol+ Hpa II, 2M: ALS N/2 doz+ Msp I, 2H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 3M: ALS N doz+ Msp I, 3H: ALS N doz+ Hpa II, 4M: ALS 2N doz+ Msp I, 4H: ALS 2N doz+ Hpa II
 ALS inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 5K: ALS kontrol, 5M: ALS kontrol + Msp I, 5H: ALS kontrol+ Hpa II, 6M: ALS N/2 doz+ Msp I, 6H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 7M: ALS N doz+ Msp I, 7H: ALS N doz+ Hpa II, 8M: ALS 2N doz+ Msp I, 8H: ALS 2N doz+ Hpa II
 ACCase inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 9K: ACCase kontrol, 9M: ACCase kontrol + Msp I, 9H: ACCase kontrol+ Hpa II, 10M: ACCase N/2 doz+ Msp I, 10H: ACCase N/2 doz+ Hpa II, 11M: ACCase N doz+ Msp I, 11H: ACCase N doz+ Hpa II, 12M: ACCase 2N doz+ Msp I, 12H: ACCase 2N doz+ Hpa II
 ACCase inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 13K: ACCase kontrol, 13M: ACCase kontrol + Msp I, 13H: ACCase kontrol+ Hpa II, 14M: ACCase N/2 doz+ Msp I, 14H: ACCase N/2 doz+ Hpa II, 15M: ACCase N doz+ Msp I, 15H: ACCase N doz+ Hpa II, 16M: ACCase 2N doz+ Msp I, 16H: ACCase 2N doz+ Hpa II

Şekil 4.52. IPBS 2228 Primerine ait dördüncü saatteki jel görüntüsü

Yapılan bant sayımı analizlerine göre, IPBS 2228 bireyleri için ALS ve ACCase dayanıklı ve hassas bireyler arasında bant sayıları dozlara bağlı olarak farklılık göstermektedir. ALS dayanıklı bireyler, düşük doz (N/2) uygulamalarında yüksek bant sayıları sergilemiş, 2N dozda bant sayılarında belirgin bir azalma görülmüştür. ALS hassas bireyler ise N/2 dozda en yüksek bant sayısına ulaşılmıştır. N dozda belirli bir artış gözlenmiş, ancak 2N dozda bant sayıları tekrar düşmüştür. ACCase dayanıklı bireyler, N dozda en fazla bant sayısını gösterirken, 2N dozda bantların kaybolmuştur. ACCase hassas bireyler de N/2 dozda belirli bir artış yaşamış, ancak daha yüksek dozlarda bant sayılarında azalma yaşanmıştır (Şekil 4.52). IPBS 2225 primer jel görüntüsü Şekil 4.53'te gösterilmiştir.

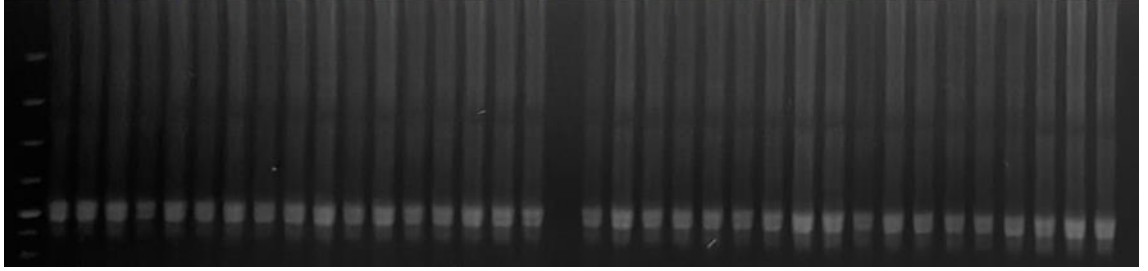


MA: markır, ALS inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 1K: ALS kontrol, 1M: ALS kontrol + Msp I, 1H: ALS kontrol+ Hpa II, 2M: ALS N/2 doz+ Msp I, 2H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 3M: ALS N doz+ Msp I, 3H: ALS N doz+ Hpa II, 4M: ALS 2N doz+ Msp I, 4H: ALS 2N doz+ Hpa II
 ALS inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 5K: ALS kontrol, 5M: ALS kontrol + Msp I, 5H: ALS kontrol+ Hpa II, 6M: ALS N/2 doz+ Msp I, 6H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 7M: ALS N doz+ Msp I, 7H: ALS N doz+ Hpa II, 8M: ALS 2N doz+ Msp I, 8H: ALS 2N doz+ Hpa II
 ACCase inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 9K: ACCase kontrol, 9M: ACCase kontrol + Msp I, 9H: ACCase kontrol+ Hpa II, 10M: ACCase N/2 doz+ Msp I, 10H: ACCase N/2 doz+ Hpa II, 11M: ACCase N doz+ Msp I, 11H: ACCase N doz+ Hpa II, 12M: ACCase 2N doz+ Msp I, 12H: ACCase 2N doz+ Hpa II
 ACCase inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 13K: ACCase kontrol, 13M: ACCase kontrol + Msp I, 13H: ACCase kontrol+ Hpa II, 14M: ACCase N/2 doz+ Msp I, 14H: ACCase N/2 doz+ Hpa II, 15M: ACCase N doz+ Msp I, 15H: ACCase N doz+ Hpa II, 16M: ACCase 2N doz+ Msp I, 16H: ACCase 2N doz+ Hpa II

Şekil 4.53. IPBS 2225 primer jel görüntüsü

ALS dayanıklı bireylerde, doz arttıkça bant sayılarında hafif bir düşüş gözlenmektedir. Kontrolde 4-6 bant gözlemlenirken, N dozunda bant sayısı azalmakta ve 2N dozunda tamamen kaybolmaktadır. ALS hassas bireylerde, doz artışıyla bant sayısında belirgin azalmalar gözlenmiştir. Kontrolde 4-8 bant sayısı görülürken, 2N dozunda bu sayı 0-2 bant arasına kadar düşmektedir. ACCase dayanıklı bireylerde, bant sayısı kontrol ve düşük dozlarda nispeten sabit kalmakla birlikte yüksek dozda (2N) önemli ölçüde düşüş yaşanmıştır. Bu bireylerde, kontrol ve N/2 dozunda 6-7 bant gözlenirken, 2N dozunda bant sayısı 0-1 aralığına düşmüştür. ACCase hassas bireylerde, doz arttıkça genetik bant sayısında hızlı bir azalma görülmektedir. Kontrol ve N/2 dozunda 6-9 bant arası gözlenirken, 2N dozunda bant sayısı 1'e kadar düşmüştür (Şekil 4.53). IPBS 2231 primer jel görüntüsü Şekil 4.54'te gösterilmiştir.

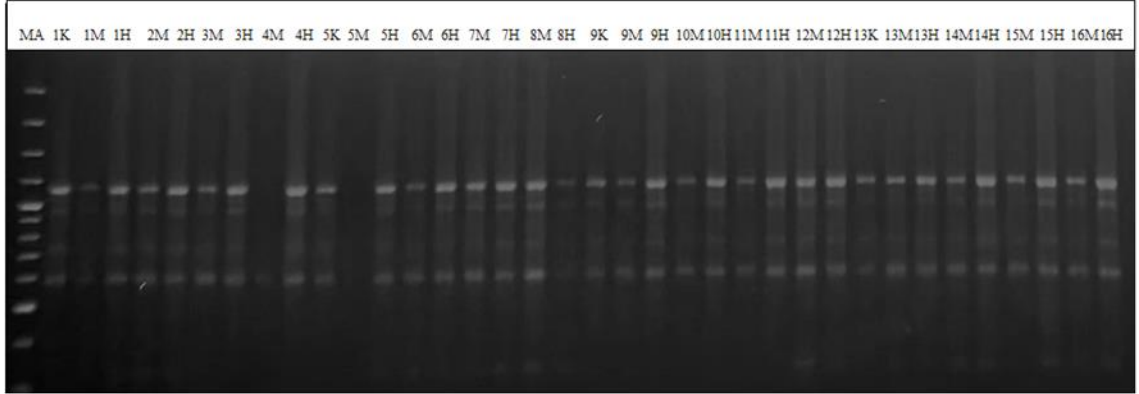
MA 1K 1M 1H 2M 2H 3M 3H 4M 4H 5K 5M 5H 6M 6H 7M 7H 8M 8H 9K 9M 9H 10M 10H 11M 11H 12M 12H 13K 13M 13H 14M 14H 15M 15H 16M 16H



MA: markır, ALS inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 1K: ALS kontrol, 1M: ALS kontrol + Msp I, 1H: ALS kontrol+ Hpa II, 2M: ALS N/2 doz+ Msp I, 2H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 3M: ALS N doz+ Msp I, 3H: ALS N doz+ Hpa II, 4M: ALS 2N doz+ Msp I, 4H: ALS 2N doz+ Hpa II
ALS inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 5K: ALS kontrol, 5M: ALS kontrol + Msp I, 5H: ALS kontrol+ Hpa II, 6M: ALS N/2 doz+ Msp I, 6H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 7M: ALS N doz+ Msp I, 7H: ALS N doz+ Hpa II, 8M: ALS 2N doz+ Msp I, 8H: ALS 2N doz+ Hpa II
ACCase inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 9K: ACCase kontrol, 9M: ACCase kontrol + Msp I, 9H: ACCase kontrol+ Hpa II, 10M: ACCase N/2 doz+ Msp I, 10H: ACCase N/2 doz+ Hpa II, 11M: ACCase N doz+ Msp I, 11H: ACCase N doz+ Hpa II, 12M: ACCase 2N doz+ Msp I, 12H: ACCase 2N doz+ Hpa II
ACCase inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 13K: ACCase kontrol, 13M: ACCase kontrol + Msp I, 13H: ACCase kontrol+ Hpa II, 14M: ACCase N/2 doz+ Msp I, 14H: ACCase N/2 doz+ Hpa II, 15M: ACCase N doz+ Msp I, 15H: ACCase N doz+ Hpa II, 16M: ACCase 2N doz+ Msp I, 16H: ACCase 2N doz+ Hpa II

Şekil 4.54. IPBS 2231 primer jel görüntüsü

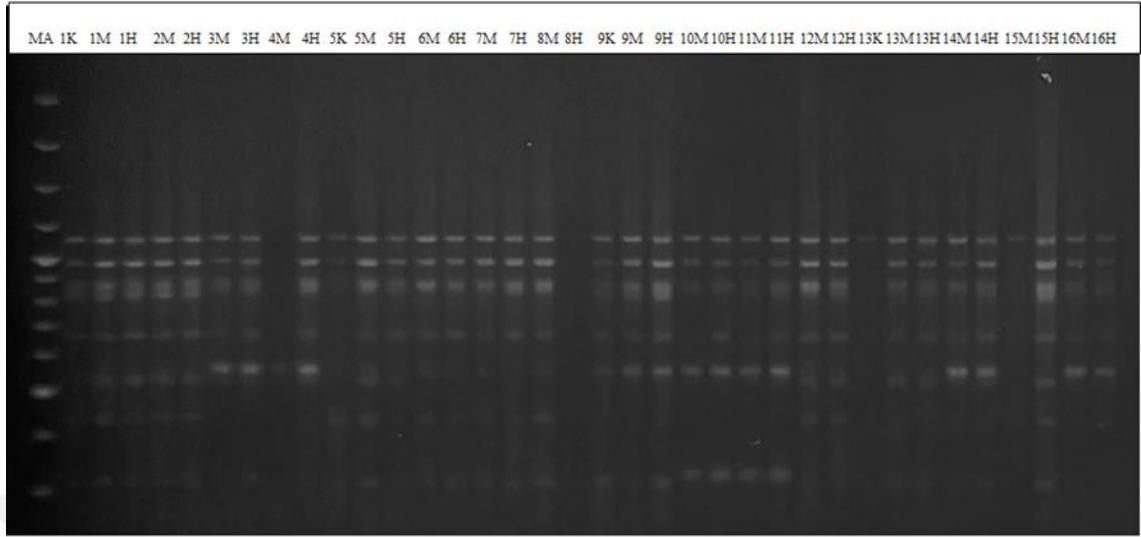
IPBS 2231 primeri ile yapılan analizde, ALS ve ACCase dayanıklı ve hassas bireylerin dozlara karşı verdikleri yanıtlar bant sayıları üzerinden şu şekilde özetlenebilir: ALS dayanıklı bireylerde tüm dozlarda bant sayısında minimal bir değişiklik gözlemlenmiştir. ALS hassas bireylerde kontrol ve düşük dozlarda (N/2 ve N dozları) 3 band gözlenmiş, ancak 2N dozunda hiçbir band gözlenmemiştir. ACCase dayanıklı bireylerde de bant sayıları 2-3 arasında seyretmiştir. Düşük ve orta dozlarda (N/2 ve N dozları) 3 bant gözlenirken, 2N dozunda 1 bant gözlenmiştir. ACCase hassas bireylerde ise tüm doz seviyelerinde benzer şekilde düşük bir bant sayısı kaydedilmiştir. Kontrol ve N/2 dozlarında 2 bant, N dozunda 3 bant görülürken, 2N dozunda bant sayısında belirgin bir düşüş gözlenmiştir (Şekil 4.54). IPBS 2376 primer jel görüntüsü Şekil 4.55'te verilmiştir.



MA: markır, ALS inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 1K: ALS kontrol, 1M: ALS kontrol + Msp I, 1H: ALS kontrol+ Hpa II, 2M: ALS N/2 doz+ Msp I, 2H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 3M: ALS N doz+ Msp I, 3H: ALS N doz+ Hpa II, 4M: ALS 2N doz+ Msp I, 4H: ALS 2N doz+ Hpa II
ALS inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 5K: ALS kontrol, 5M: ALS kontrol + Msp I, 5H: ALS kontrol+ Hpa II, 6M: ALS N/2 doz+ Msp I, 6H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 7M: ALS N doz+ Msp I, 7H: ALS N doz+ Hpa II, 8M: ALS 2N doz+ Msp I, 8H: ALS 2N doz+ Hpa II
ACCcase inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 9K: ACCcase kontrol, 9M: ACCcase kontrol + Msp I, 9H: ACCcase kontrol+ Hpa II, 10M: ACCcase N/2 doz+ Msp I, 10H: ACCcase N/2 doz+ Hpa II, 11M: ACCcase N doz+ Msp I, 11H: ACCcase N doz+ Hpa II, 12M: ACCcase 2N doz+ Msp I, 12H: ACCcase 2N doz+ Hpa II
ACCcase inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 13K: ACCcase kontrol, 13M: ACCcase kontrol + Msp I, 13H: ACCcase kontrol+ Hpa II, 14M: ACCcase N/2 doz+ Msp I, 14H: ACCcase N/2 doz+ Hpa II, 15M: ACCcase N doz+ Msp I, 15H: ACCcase N doz+ Hpa II, 16M: ACCcase 2N doz+ Msp I, 16H: ACCcase 2N doz+ Hpa II

Şekil 4.55. IPBS 2376 primer jel görüntüsü

ALS dayanıklı bireyler arasında, kontrol ve N/2 doz uygulamalarında yüksek bant sayıları kaydedilmiş, ancak 2N dozda bant sayılarında belirgin bir düşüş yaşanmıştır. ALS hassas bireyler için özellikle N/2 doz uygulamasında daha yüksek bant sayıları görülmüş, ancak doz arttıkça bant sayısında azalma yaşanmıştır. ACCcase dayanıklı bireyler arasında en yüksek bant sayısı N/2 dozda görülmüş, fakat 2N doza geçildiğinde bant sayıları azalmıştır. ACCcase hassas bireyler arasında ise, N/2 dozda nispeten yüksek bant sayıları gözlemlenirken, doz arttıkça bant sayılarının azaldığı gözlenmiştir (Şekil 4.55). IPBS 2255 primer jel görüntüsü Şekil 4.56'da verilmiştir.

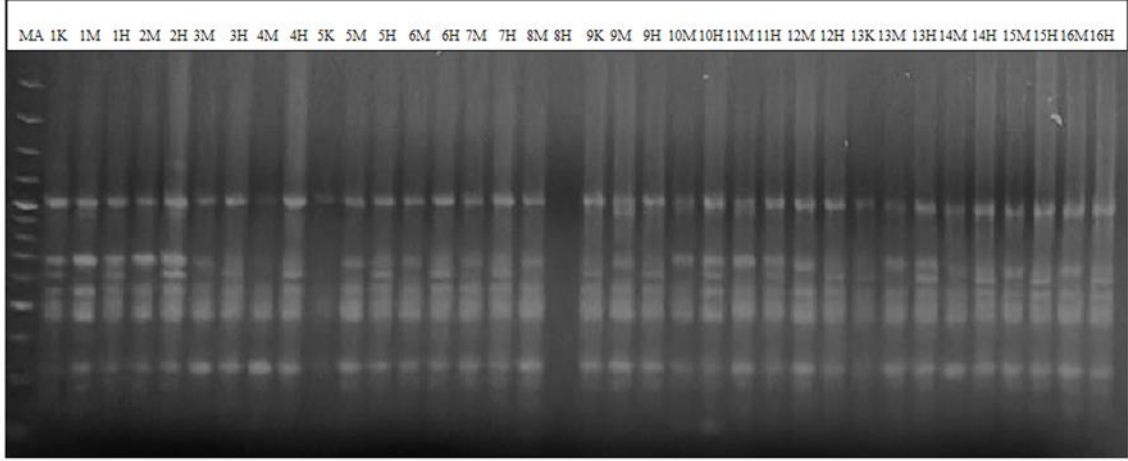


MA: markır, ALS inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 1K: ALS kontrol, 1M: ALS kontrol + Msp I, 1H: ALS kontrol+ Hpa II, 2M: ALS N/2 doz+ Msp I, 2H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 3M: ALS N doz+ Msp I, 3H: ALS N doz+ Hpa II, 4M: ALS 2N doz+ Msp I, 4H: ALS 2N doz+ Hpa II
 ALS inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 5K: ALS kontrol, 5M: ALS kontrol + Msp I, 5H: ALS kontrol+ Hpa II, 6M: ALS N/2 doz+ Msp I, 6H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 7M: ALS N doz+ Msp I, 7H: ALS N doz+ Hpa II, 8M: ALS 2N doz+ Msp I, 8H: ALS 2N doz+ Hpa II
 ACCase inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 9K: ACCase kontrol, 9M: ACCase kontrol + Msp I, 9H: ACCase kontrol+ Hpa II, 10M: ACCase N/2 doz+ Msp I, 10H: ACCase N/2 doz+ Hpa II, 11M: ACCase N doz+ Msp I, 11H: ACCase N doz+ Hpa II, 12M: ACCase 2N doz+ Msp I, 12H: ACCase 2N doz+ Hpa II
 ACCase inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 13K: ACCase kontrol, 13M: ACCase kontrol + Msp I, 13H: ACCase kontrol+ Hpa II, 14M: ACCase N/2 doz+ Msp I, 14H: ACCase N/2 doz+ Hpa II, 15M: ACCase N doz+ Msp I, 15H: ACCase N doz+ Hpa II, 16M: ACCase 2N doz+ Msp I, 16H: ACCase 2N doz+ Hpa II

Şekil 4.56. IPBS 2255 primer jel görüntüsü

IPBS 2255 primeri ile yapılan analizde, ALS ve ACCase dayanıklı ile hassas bireylerin dozlara karşı verdikleri yanıtlar bant sayıları üzerinden değerlendirildiğinde şu gözlemler öne çıkmaktadır: ALS dayanıklı bireylerde, düşük dozlardan (N/2 ve N dozları) yüksek doza (2N doz) geçişte bant sayısında bir azalma görülmektedir. Kontrolde 8 bant gözlemlenirken, 2N dozunda herhangi bir bant görülmemiştir. ALS hassas bireylerde, doz artırımıyla birlikte bant sayılarında belirgin bir düşüş gözlenmiştir. Kontrolde 8 bandın gözlemlendiği durumda, 2N dozunda bant sayısı 1'e kadar düşmüştür. ACCase dayanıklı bireylerde, bant sayısı dozlar arasında görece sabit kalmış olsa da 2N dozunda hafif bir azalma görülmektedir. Kontrolde 7 bant sayısı gözlemlenirken, 2N dozunda bu sayı 3'e kadar düşmüştür. ACCase hassas bireylerde, kontrol ve düşük dozlarda (N/2 ve N dozları) bant sayısı benzer şekilde 7-8 arasında

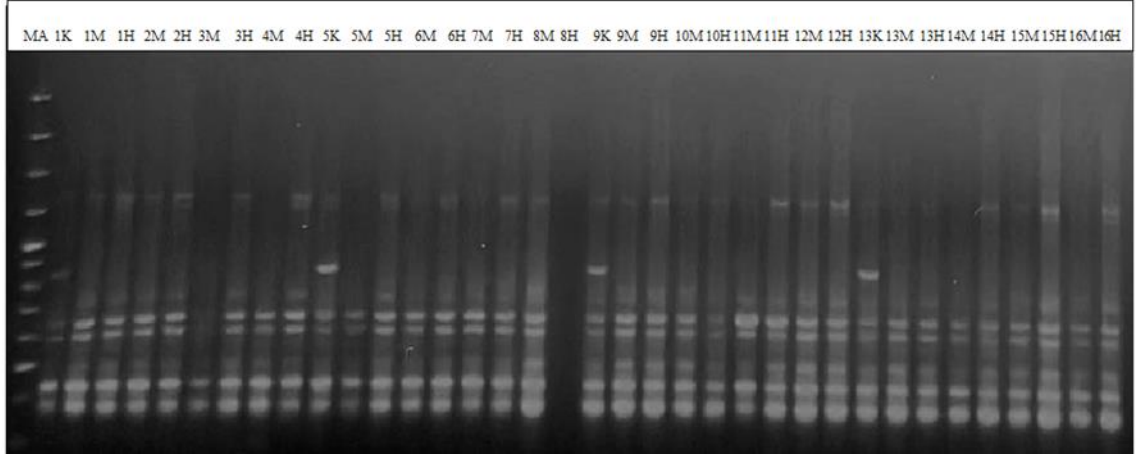
gözlenmiş, ancak 2N dozunda bant sayısı 1-2'ye kadar düşmüştür (Şekil 4.56). IPBS 2272 primer jel görüntüsü Şekil 4.57'de sunulmuştur.



MA: markır, ALS inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 1K: ALS kontrol, 1M: ALS kontrol + Msp I, 1H: ALS kontrol+ Hpa II, 2M: ALS N/2 doz+ Msp I, 2H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 3M: ALS N doz+ Msp I, 3H: ALS N doz+ Hpa II, 4M: ALS 2N doz+ Msp I, 4H: ALS 2N doz+ Hpa II
ALS inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 5K: ALS kontrol, 5M: ALS kontrol + Msp I, 5H: ALS kontrol+ Hpa II, 6M: ALS N/2 doz+ Msp I, 6H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 7M: ALS N doz+ Msp I, 7H: ALS N doz+ Hpa II, 8M: ALS 2N doz+ Msp I, 8H: ALS 2N doz+ Hpa II
ACCcase inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 9K: ACCcase kontrol, 9M: ACCcase kontrol + Msp I, 9H: ACCcase kontrol+ Hpa II, 10M: ACCcase N/2 doz+ Msp I, 10H: ACCcase N/2 doz+ Hpa II, 11M: ACCcase N doz+ Msp I, 11H: ACCcase N doz+ Hpa II, 12M: ACCcase 2N doz+ Msp I, 12H: ACCcase 2N doz+ Hpa II
ACCcase inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 13K: ACCcase kontrol, 13M: ACCcase kontrol + Msp I, 13H: ACCcase kontrol+ Hpa II, 14M: ACCcase N/2 doz+ Msp I, 14H: ACCcase N/2 doz+ Hpa II, 15M: ACCcase N doz+ Msp I, 15H: ACCcase N doz+ Hpa II, 16M: ACCcase 2N doz+ Msp I, 16H: ACCcase 2N doz+ Hpa II

Şekil 4.57. IPBS 2272 primer jel görüntüsü

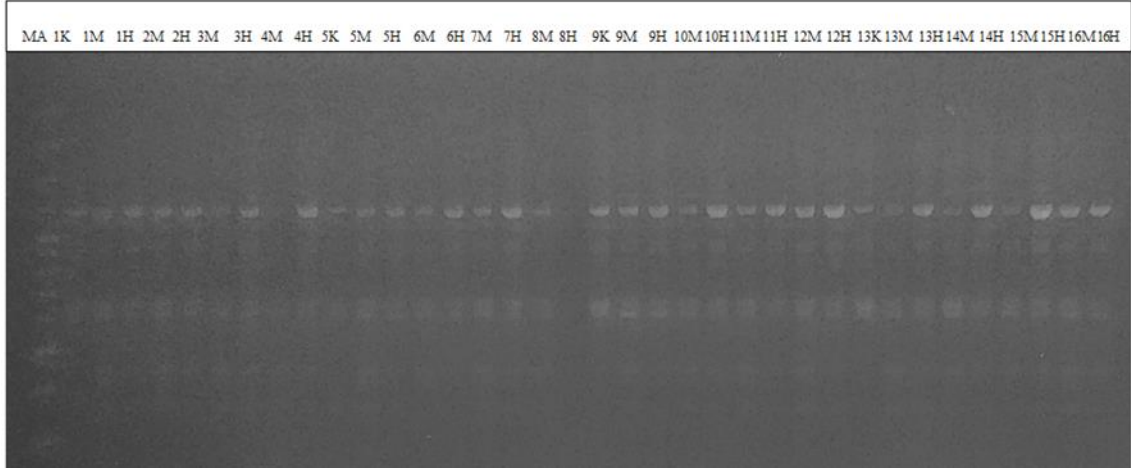
PBS 2272 primeri ile yapılan bant analizinde, ALS ve ACCcase dayanıklı ve hassas bireylerin dozlara verdikleri yanıtlar çeşitlenmiştir. ALS dayanıklı bireylerde, özellikle kontrol ve N doz seviyelerinde daha yüksek bant sayıları gözlemlenirken, 2N dozda bant sayısında azalma görülmüştür. ALS hassas bireylerde, N/2 dozunda görece yüksek bant sayıları ortaya çıkmış, fakat doz arttıkça bant sayısı düşmüştür. Özellikle 2N dozunda bant sayısında önemli bir azalma meydana gelmiştir. ACCcase dayanıklı bireylerde, bant sayısının en yüksek olduğu doz N ve 2N dozlarıdır, ancak yüksek dozda azalma dikkat çekmektedir. ACCcase hassas bireylerde, düşük ve orta dozlarda bant sayıları görece yüksekken, 2N dozda bant sayısında ciddi bir azalma gözlenmiştir (Şekil 4.57). IPBS 2224 primer jel görüntüsü Şekil 4.58'de verilmiştir.



MA: markır, ALS inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 1K: ALS kontrol, 1M: ALS kontrol + Msp I, 1H: ALS kontrol+ Hpa II, 2M: ALS N/2 doz+ Msp I, 2H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 3M: ALS N doz+ Msp I, 3H: ALS N doz+ Hpa II, 4M: ALS 2N doz+ Msp I, 4H: ALS 2N doz+ Hpa II
 ALS inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 5K: ALS kontrol, 5M: ALS kontrol + Msp I, 5H: ALS kontrol+ Hpa II, 6M: ALS N/2 doz+ Msp I, 6H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 7M: ALS N doz+ Msp I, 7H: ALS N doz+ Hpa II, 8M: ALS 2N doz+ Msp I, 8H: ALS 2N doz+ Hpa II
 ACCase inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 9K: ACCase kontrol, 9M: ACCase kontrol + Msp I, 9H: ACCase kontrol+ Hpa II, 10M: ACCase N/2 doz+ Msp I, 10H: ACCase N/2 doz+ Hpa II, 11M: ACCase N doz+ Msp I, 11H: ACCase N doz+ Hpa II, 12M: ACCase 2N doz+ Msp I, 12H: ACCase 2N doz+ Hpa II
 ACCase inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 13K: ACCase kontrol, 13M: ACCase kontrol + Msp I, 13H: ACCase kontrol+ Hpa II, 14M: ACCase N/2 doz+ Msp I, 14H: ACCase N/2 doz+ Hpa II, 15M: ACCase N doz+ Msp I, 15H: ACCase N doz+ Hpa II, 16M: ACCase 2N doz+ Msp I, 16H: ACCase 2N doz+ Hpa II

Şekil 4.58. IPBS 2224 primer jel görüntüsü

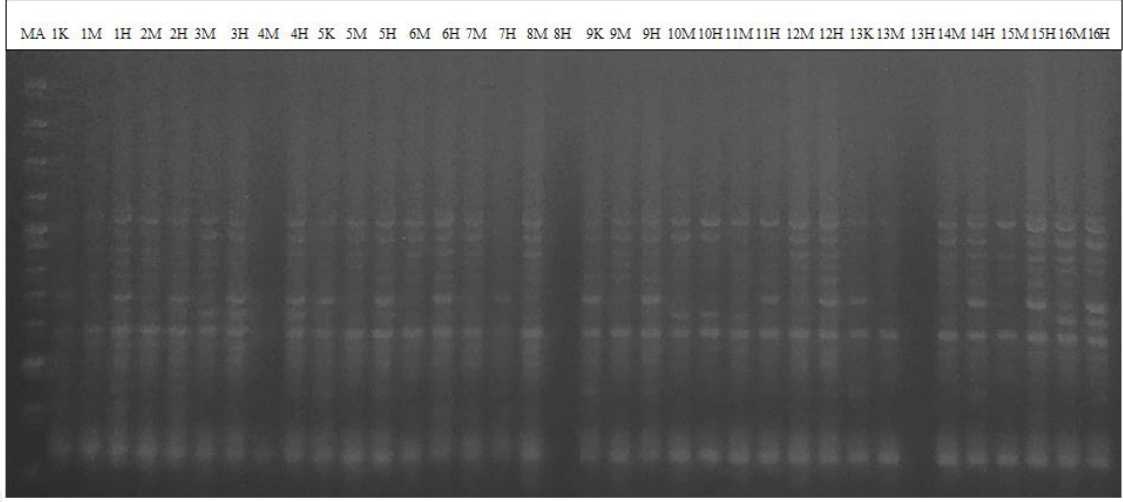
Yapılan bant sayımı analizlerine göre, ALS ve ACCase dayanıklı bireylerin doz artışı ile değişiklik göstermektedir. ALS dayanıklı bireyler, kontrol ve düşük doz (N/2) uygulamalarında yüksek bant sayıları sergilerken, 2N dozda bant sayılarının sıfırlanması, yüksek dozların bu bireyler üzerindeki olumsuz etkilerini ortaya koymaktadır. ALS hassas bireyler, N/2 dozda bant sayısını artırmış ancak N dozda tekrar düşüş göstermiştir. ACCase dayanıklı bireyler, N dozda en yüksek bant sayısını gösterirken, 2N dozda bantların kaybolmuştur. ACCase hassas bireyler de N dozda artış göstermekte ancak 2N dozda bant sayılarında düşüş yaşanmaktadır (Şekil 4.58). IPBS 2083 primer jel görüntüsü Şekil 4.59’da gösterilmiştir.



MA: markır, ALS inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 1K: ALS kontrol, 1M: ALS kontrol + Msp I, 1H: ALS kontrol+ Hpa II, 2M: ALS N/2 doz+ Msp I, 2H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 3M: ALS N doz+ Msp I, 3H: ALS N doz+ Hpa II, 4M: ALS 2N doz+ Msp I, 4H: ALS 2N doz+ Hpa II
ALS inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 5K: ALS kontrol, 5M: ALS kontrol + Msp I, 5H: ALS kontrol+ Hpa II, 6M: ALS N/2 doz+ Msp I, 6H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 7M: ALS N doz+ Msp I, 7H: ALS N doz+ Hpa II, 8M: ALS 2N doz+ Msp I, 8H: ALS 2N doz+ Hpa II
ACCcase inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 9K: ACCCase kontrol, 9M: ACCCase kontrol + Msp I, 9H: ACCCase kontrol+ Hpa II, 10M: ACCCase N/2 doz+ Msp I, 10H: ACCCase N/2 doz+ Hpa II, 11M: ACCCase N doz+ Msp I, 11H: ACCCase N doz+ Hpa II, 12M: ACCCase 2N doz+ Msp I, 12H: ACCCase 2N doz+ Hpa II
ACCcase inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 13K: ACCCase kontrol, 13M: ACCCase kontrol + Msp I, 13H: ACCCase kontrol+ Hpa II, 14M: ACCCase N/2 doz+ Msp I, 14H: ACCCase N/2 doz+ Hpa II, 15M: ACCCase N doz+ Msp I, 15H: ACCCase N doz+ Hpa II, 16M: ACCCase 2N doz+ Msp I, 16H: ACCCase 2N doz+ Hpa II

Şekil 4.59. IPBS 2083 primer jel görüntüsü

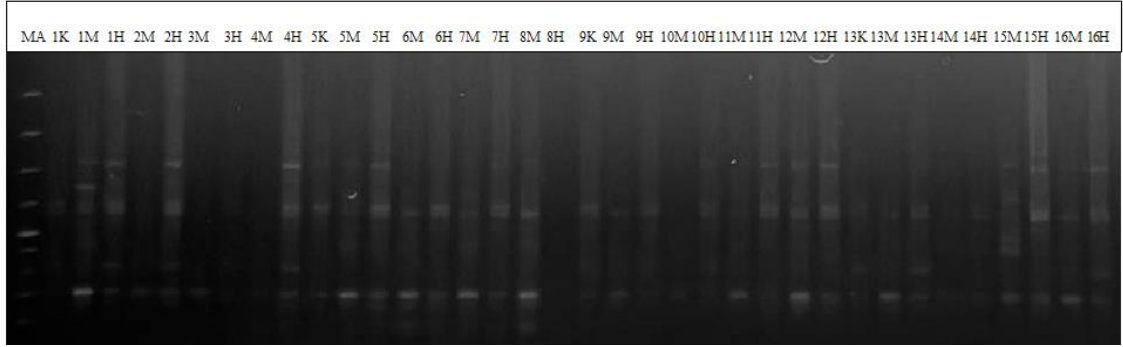
IPBS 2083 primeri ile yapılan analizde, ALS ve ACCCase dayanıklı ve hassas bireylerin dozlara verdikleri yanıtlar incelendiğinde bant sayılarında farklılıklar gözlemlenmiştir. ALS dayanıklı bireylerde, özellikle kontrol ve N doz seviyelerinde yüksek bant sayıları gözlenmiştir, ancak 2N dozunda bu sayılar azalmaktadır. ALS hassas bireylerde, N/2 dozunda görece yüksek bant sayıları mevcut olup, özellikle 2N dozunda bant sayılarının düşüş gösterdiği dikkat çekmiştir. ACCCase dayanıklı bireylerde, kontrol ve N dozlarında yüksek bant sayıları kaydedilmiş, ancak 2N dozunda bant sayılarında azalma gözlemlenmiştir. ACCCase hassas bireylerde ise düşük ve orta dozlarda bant sayıları görece yüksek bulunmuş, ancak 2N dozunda belirgin bir azalma meydana gelmiştir (Şekil 4.59). IPBS 2239 primer jel görüntüsü Şekil 4.60'ta verilmiştir.



MA: markır, ALS inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 1K: ALS kontrol, 1M: ALS kontrol + Msp I, 1H: ALS kontrol+ Hpa II, 2M: ALS N/2 doz+ Msp I, 2H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 3M: ALS N doz+ Msp I, 3H: ALS N doz+ Hpa II, 4M: ALS 2N doz+ Msp I, 4H: ALS 2N doz+ Hpa II
ALS inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 5K: ALS kontrol, 5M: ALS kontrol + Msp I, 5H: ALS kontrol+ Hpa II, 6M: ALS N/2 doz+ Msp I, 6H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 7M: ALS N doz+ Msp I, 7H: ALS N doz+ Hpa II, 8M: ALS 2N doz+ Msp I, 8H: ALS 2N doz+ Hpa II
ACCcase inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 9K: ACCcase kontrol, 9M: ACCcase kontrol + Msp I, 9H: ACCcase kontrol+ Hpa II, 10M: ACCcase N/2 doz+ Msp I, 10H: ACCcase N/2 doz+ Hpa II, 11M: ACCcase N doz+ Msp I, 11H: ACCcase N doz+ Hpa II, 12M: ACCcase 2N doz+ Msp I, 12H: ACCcase 2N doz+ Hpa II
ACCcase inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 13K: ACCcase kontrol, 13M: ACCcase kontrol + Msp I, 13H: ACCcase kontrol+ Hpa II, 14M: ACCcase N/2 doz+ Msp I, 14H: ACCcase N/2 doz+ Hpa II, 15M: ACCcase N doz+ Msp I, 15H: ACCcase N doz+ Hpa II, 16M: ACCcase 2N doz+ Msp I, 16H: ACCcase 2N doz+ Hpa II

Şekil 4.60. IPBS 2239 primer jel görüntüsü

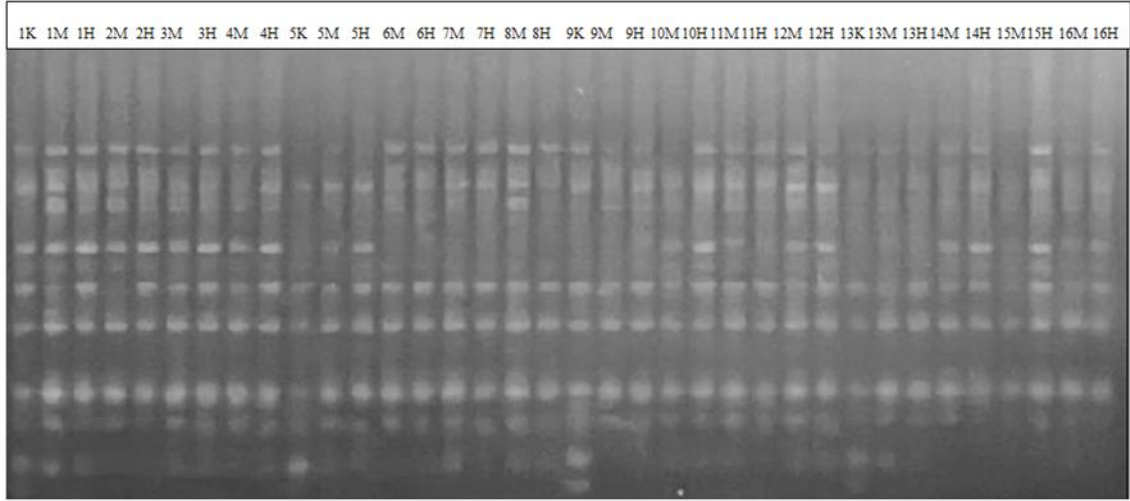
IPBS 2239 primeri ile yapılan bant analizinde, ALS ve ACCcase dayanıklı ve hassas bireylerin bant sayıları dozlara göre değişiklik göstermiştir. ALS dayanıklı bireylerde, bant sayısı N doz seviyesinde yüksek değerler göstermiştir. Ancak 2N dozda bant sayısında düşüş yaşanmıştır. ALS hassas bireylerde, N/2 doz seviyesinde nispeten yüksek bant sayıları gözlemlenmiş, fakat doz arttıkça bant sayısında belirgin bir azalma meydana gelmiştir. ACCcase dayanıklı bireylerde ise, N/2 ve N dozlarında bant sayıları yüksektir. Ancak 2N dozda bant sayısında düşüş görülmüştür. ACCcase hassas bireylerde, özellikle N/2 dozunda daha yüksek bant sayıları görülürken, 2N doz seviyesinde bant sayısı belirgin şekilde azalmıştır (Şekil 4.60). IPBS 2402 primer jel görüntüsü Şekil 4.61’de sunulmuştur.



MA: markır, ALS inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 1K: ALS kontrol, 1M: ALS kontrol + Msp I, 1H: ALS kontrol+ Hpa II, 2M: ALS N/2 doz+ Msp I, 2H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 3M: ALS N doz+ Msp I, 3H: ALS N doz+ Hpa II, 4M: ALS 2N doz+ Msp I, 4H: ALS 2N doz+ Hpa II
 ALS inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 5K: ALS kontrol, 5M: ALS kontrol + Msp I, 5H: ALS kontrol+ Hpa II, 6M: ALS N/2 doz+ Msp I, 6H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 7M: ALS N doz+ Msp I, 7H: ALS N doz+ Hpa II, 8M: ALS 2N doz+ Msp I, 8H: ALS 2N doz+ Hpa II
 ACCase inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 9K: ACCase kontrol, 9M: ACCase kontrol + Msp I, 9H: ACCase kontrol+ Hpa II, 10M: ACCase N/2 doz+ Msp I, 10H: ACCase N/2 doz+ Hpa II, 11M: ACCase N doz+ Msp I, 11H: ACCase N doz+ Hpa II, 12M: ACCase 2N doz+ Msp I, 12H: ACCase 2N doz+ Hpa II
 ACCase inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 13K: ACCase kontrol, 13M: ACCase kontrol + Msp I, 13H: ACCase kontrol+ Hpa II, 14M: ACCase N/2 doz+ Msp I, 14H: ACCase N/2 doz+ Hpa II, 15M: ACCase N doz+ Msp I, 15H: ACCase N doz+ Hpa II, 16M: ACCase 2N doz+ Msp I, 16H: ACCase 2N doz+ Hpa II

Şekil 4.61. IPBS 2402 primer jel görüntüsü

ALS dayanıklı bireylerde, doz arttıkça genetik bant sayısında belirgin bir düşüş gözlemlenmektedir. Kontrol koşullarında 7 bant gözlenirken, N dozunda 1-6 bant aralığına kadar düşüş yaşanmıştır. ALS hassas bireylerde, doz artışı ile bant sayısında daha belirgin bir azalma meydana gelmiştir. Kontrol koşulunda 7-8 bant gözlenirken, 2N dozunda bant sayısının 0-2'ye kadar düştüğü görülmüştür. ACCase dayanıklı bireylerde, doz uygulaması ile genetik bant sayısında azalma gözlenmiş ancak belirli dozlarda daha sabit kalma eğilimi de dikkate değer bulunmuştur. Kontrol ve N/2 dozunda 6-7 bant gözlenirken, 2N dozunda bant sayısı 0-2 aralığına düşmüştür. ACCase hassas bireylerde, doz arttıkça genetik bant sayısında hızlı bir azalma görülmüştür. Kontrol koşulunda 6-7 bant gözlenirken, 2N dozunda bant sayısı 1'e kadar düşmüştür (Şekil 4.61). IPBS 2218 primer jel görüntüsü Şekil 4.62'de verilmiştir.

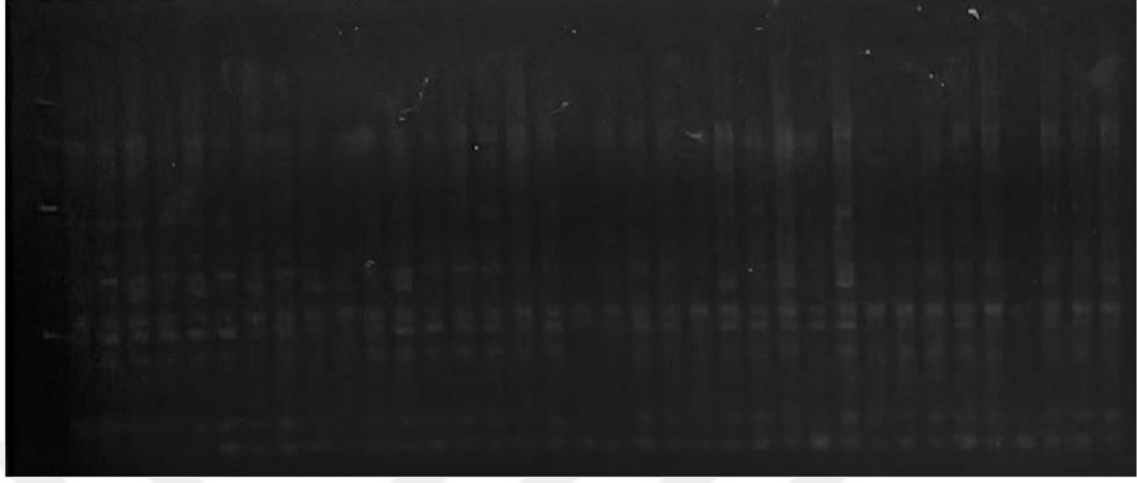


MA: markır, ALS inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 1K: ALS kontrol, 1M: ALS kontrol + Msp I, 1H: ALS kontrol+ Hpa II, 2M: ALS N/2 doz+ Msp I, 2H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 3M: ALS N doz+ Msp I, 3H: ALS N doz+ Hpa II, 4M: ALS 2N doz+ Msp I, 4H: ALS 2N doz+ Hpa II
 ALS inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 5K: ALS kontrol, 5M: ALS kontrol + Msp I, 5H: ALS kontrol+ Hpa II, 6M: ALS N/2 doz+ Msp I, 6H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 7M: ALS N doz+ Msp I, 7H: ALS N doz+ Hpa II, 8M: ALS 2N doz+ Msp I, 8H: ALS 2N doz+ Hpa II
 ACCase inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 9K: ACCase kontrol, 9M: ACCase kontrol + Msp I, 9H: ACCase kontrol+ Hpa II, 10M: ACCase N/2 doz+ Msp I, 10H: ACCase N/2 doz+ Hpa II, 11M: ACCase N doz+ Msp I, 11H: ACCase N doz+ Hpa II, 12M: ACCase 2N doz+ Msp I, 12H: ACCase 2N doz+ Hpa II
 ACCase inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 13K: ACCase kontrol, 13M: ACCase kontrol + Msp I, 13H: ACCase kontrol+ Hpa II, 14M: ACCase N/2 doz+ Msp I, 14H: ACCase N/2 doz+ Hpa II, 15M: ACCase N doz+ Msp I, 15H: ACCase N doz+ Hpa II, 16M: ACCase 2N doz+ Msp I, 16H: ACCase 2N doz+ Hpa II

Şekil 4.62. IPBS 2218 primer jel görüntüsü

IPBS 2228 primeri için ALS ve ACCase dayanıklı bireyler, düşük ve orta dozlarda daha fazla bant gösterirken, yüksek dozlarda bu bantlar azalmakta veya yok olmaktadır. Hassas bireylerde ise özellikle N/2 dozunda daha fazla bant görülmekte, ancak doz arttıkça bant sayısında azalma olmaktadır. Bu bulgular, doz artışının dayanıklı ve hassas bireyler üzerindeki etkisinin farklılık gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.62). IPBS 2378 primer jel görüntüsü Şekil 4.63'te verilmiştir.

MA 1K 1M 1H 2M 2H 3M 3H 4M 4H 5K 5M 5H 6M 6H 7M 7H 8M 8H 9K 9M 9H 10M 10H 11M 11H 12M 12H 13K 13M 13H 14M 14H 15M 15H 16M 16H



MA: markır, ALS inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 1K: ALS kontrol, 1M: ALS kontrol + Msp I, 1H: ALS kontrol+ Hpa II, 2M: ALS N/2 doz+ Msp I, 2H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 3M: ALS N doz+ Msp I, 3H: ALS N doz+ Hpa II, 4M: ALS 2N doz+ Msp I, 4H: ALS 2N doz+ Hpa II
ALS inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 5K: ALS kontrol, 5M: ALS kontrol + Msp I, 5H: ALS kontrol+ Hpa II, 6M: ALS N/2 doz+ Msp I, 6H: ALS N/2 doz+ Hpa II, 7M: ALS N doz+ Msp I, 7H: ALS N doz+ Hpa II, 8M: ALS 2N doz+ Msp I, 8H: ALS 2N doz+ Hpa II
ACCcase inhibitörü herbisite karşı dayanıklı *Avena fatua* popülasyonu: 9K: ACCcase kontrol, 9M: ACCcase kontrol + Msp I, 9H: ACCcase kontrol+ Hpa II, 10M: ACCcase N/2 doz+ Msp I, 10H: ACCcase N/2 doz+ Hpa II, 11M: ACCcase N doz+ Msp I, 11H: ACCcase N doz+ Hpa II, 12M: ACCcase 2N doz+ Msp I, 12H: ACCcase 2N doz+ Hpa II
ACCcase inhibitörü herbisite karşı hassas *Avena fatua* popülasyonu: 13K: ACCcase kontrol, 13M: ACCcase kontrol + Msp I, 13H: ACCcase kontrol+ Hpa II, 14M: ACCcase N/2 doz+ Msp I, 14H: ACCcase N/2 doz+ Hpa II, 15M: ACCcase N doz+ Msp I, 15H: ACCcase N doz+ Hpa II, 16M: ACCcase 2N doz+ Msp I, 16H: ACCcase 2N doz+ Hpa II

Şekil 4.63. IPBS 2378 primer jel görüntüsü

IPBS 2378 primeri ile yapılan analiz sonuçlarına göre, ALS dayanıklı bireylerde, kontrol koşulunda ve düşük dozlarda (N/2 doz) genetik bant sayısı yüksek (9-10 bant) gözlenmiştir. Ancak, 2N dozuna geçildiğinde bant sayısı 1-2'ye kadar düşmüştür. ALS hassas bireylerde, doz arttıkça bant sayısında belirgin bir düşüş yaşanmıştır. Kontrol koşulunda 9 bant gözlenirken, N dozunda bant sayısı 3-5 arasında değişmiş, 2N dozunda ise bant sayısı 0-1'e kadar düşmüştür. ACCcase dayanıklı bireylerde, kontrol koşulunda yüksek (9-10) bant sayısı gözlenmiş, ancak doz arttıkça bu sayı azalmıştır. ACCcase hassas bireylerde, kontrol ve N/2 dozunda bant sayısı görece yüksek (8-9 bant) bulunurken, N ve 2N dozlarında bu sayı ciddi şekilde düşerek 0-1 bant seviyelerine gerilemiştir (Şekil 4.63). Herbisit dozlarının uygulandığı IPBS primerlerine ait bant sayıları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Herbisit dozlarının uygulandığı IPBS primerlerine ait bant sayıları

Primerler	ALS dayanlı				ALS hassas				ACCcase dayanlı				ACCcase hassas																																											
	Kontrol		N/2 DOZ		N DOZ		2N DOZ		Kontrol		N/2 DOZ		N DOZ		2N DOZ		Kontrol		N/2 DOZ		N DOZ		2N DOZ																																	
	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H																																
IPBS 2218	9	9	7	8	2	1	9	9	0	0	8	8	1	1	6	8	7	7	1	1	8	7	2	1	8	7	2	1	7	6	7	7	0	1	3	8	4	2	6	7	1	1														
IPBS 2224	9	10	9	10	0	0	3	10	6	0	6	9	3	1	5	10	8	10	3	0	8	10	3	0	10	0	5	10	9	10	8	7	1	3	7	10	2	0	10	10	1	0	8	8	6	10	2	2	8	10	0	2	6	10	2	2
IPBS 2228	13	14	13	14	0	0	14	15	1	1	7	14	6	0	16	16	16	16	0	0	15	16	1	0	15	0	1	16	10	15	12	13	2	2	10	16	0	1	16	15	6	0	15	14	16	15	1	1	13	15	2	1	6	15	9	1
IPBS 2376	2	7	5	7	3	0	4	7	2	0	2	7	0	0	0	6	3	7	3	1	7	8	7	2	8	2	8	4	3	7	2	6	1	1	3	7	0	0	8	7	5	0	3	3	3	8	0	5	3	7	0	4	3	7	0	4
IPBS 2239	5	8	9	8	4	0	9	9	4	1	1	9	4	1	7	9	8	9	1	0	9	3	2	6	9	0	2	9	8	8	7	6	1	2	9	8	1	0	9	9	1	1	3	0	9	8	6	8	4	9	1	9	9	9	6	9
IPBS 2272	7	6	5	8	2	2	5	5	2	1	3	6	4	0	7	7	6	7	1	0	7	7	0	0	7	0	0	7	8	8	4	7	4	1	8	7	0	1	8	8	0	0	6	8	5	7	1	1	8	8	2	0	8	8	2	0
IPBS 2083	4	3	4	2	0	1	4	1	0	2	4	1	0	2	1	1	3	3	2	2	3	1	2	0	3	0	2	1	4	5	4	5	0	0	4	5	0	0	4	5	0	0	4	5	5	1	0	5	5	1	0	5	5	1	0	
IPBS 2231	2	3	2	3	0	0	2	3	0	0	2	3	0	0	3	3	3	3	0	0	3	3	0	0	3	0	0	3	3	3	3	0	0	2	3	1	0	2	3	1	0	2	2	2	2	0	0	3	3	1	1	3	3	1	1	
IPBS 2255	8	8	8	6	0	2	5	5	3	3	2	6	6	2	6	4	6	5	0	1	4	7	2	3	7	0	1	4	7	9	4	6	3	3	4	6	3	3	7	7	0	2	5	5	5	6	0	1	2	9	3	4	4	3	1	2
IPBS 2225	4	6	5	6	1	0	1	7	3	1	4	8	0	2	4	6	6	4	2	2	5	7	1	1	8	0	4	6	6	8	6	7	0	1	7	0	1	8	7	7	1	1	9	7	6	8	3	1	6	6	3	1	6	8	3	1
IPBS 2402	7	6	1	7	6	1	1	1	6	5	1	7	6	1	6	6	4	7	2	1	7	8	1	2	8	0	2	6	3	6	0	7	3	1	4	6	1	0	7	6	4	0	2	7	1	2	1	5	6	6	4	1	4	6	2	1
IPBS 2378	9	9	8	8	1	1	7	8	2	1	9	4	0	5	10	10	7	7	3	3	9	8	1	2	9	3	1	7	8	9	6	10	2	1	10	10	2	1	6	10	2	1	7	9	9	10	2	1	3	9	4	0	10	10	3	1
Toplam	79	89	19	8	29	15	38	16,9	71	86	18	11	22	17	28	74	76	96	17	15	12	14	23	6	71	74	17	26	23,9	35,1	35,2	33,8	43,7	31,1																						
Yüzde (%)			24,1	8,99	36,7	16,9	38	16,9	25,4	12,8	31	19,8	39,4	86	22,4	15,6	12,5	14,6	30,3	6,25	23,9	35,1	35,2	33,8	43,7	31,1																														

Jel verileri ve analizler incelendiğinde hassas ve dayanıklı bireylerde uygulanan farklı doz ilaçlar farklı metilasyon düzeyleri ortaya çıkarmıştır. ALS dayanıklı bireylerde yapılan metilasyon analizi sonuçları, uygulanan farklı dozların metilasyon düzeyleri üzerindeki etkilerini net bir şekilde ortaya koymaktadır. N/2 doz uygulaması sonucunda MspI enzimi için %24,1 oranında metilasyon polimorfizmi gözlemlenirken, HpaII enzimi için bu değer %8,99 olarak tespit edilmiştir. Bu düşük metilasyon düzeyleri, düşük doz uygulamalarının gen ekspresyonu üzerindeki etkisini yansıtırken, dayanıklı bireylerde hassas bireylere kıyasla daha az epigenetik değişim olduğunu göstermektedir. N dozunda metilasyon düzeyleri belirgin bir artış göstererek, MspI enzimi için %36,7, HpaII enzimi için %16,9 seviyelerine ulaşmıştır. 2N doz uygulaması ile birlikte, metilasyon düzeyleri MspI enzimi için %38'e yükselirken, HpaII enzimi için %16,9 olarak saptanmıştır. Bu sonuç, artan dozların bitki üzerindeki etkisini ve metilasyon düzeylerinin nasıl değiştiğini göstermektedir.

ALS hassas bireylerde yapılan metilasyon analizi, metilasyon düzeylerinin genel olarak daha düşük olduğunu göstermektedir. N/2 doz uygulamasında MspI enzimi için %12,80 HpaII enzimi için ise %25,40 metilasyon polimorfizmi gözlemlenmiştir. N dozunda metilasyon düzeyleri, MspI için %31, HpaII için %19,8 olarak tespit edilmiştir. Bu durum, metilasyon düzeylerinin artan dozlarla birlikte daha belirgin hale geldiğini ortaya koymaktadır. 2N doz uygulamasıyla birlikte, ALS hassas bireylerde metilasyon düzeyleri MspI enzimi için %39 ve HpaII enzimi için %86 olarak saptanmıştır. Bu sonuç, hassas bireylerin metilasyon profillerindeki değişimlerin, herbisit dozları arttıkça daha belirgin hale geldiğini göstermektedir.

ACCCase dayanıklı bireylerde yapılan metilasyon analizi sonuçları, farklı doz uygulamalarının metilasyon düzeyleri üzerindeki etkilerini açık bir şekilde ortaya koymaktadır. N/2 doz uygulaması sonucunda MspI enzimi için %22,40 oranında metilasyon polimorfizmi gözlemlenirken, HpaII enzimi için bu değer %15,60 olarak tespit edilmiştir. Bu oranlar, ACCCase dayanıklı bireylerin epigenetik profillerinde, düşük doz uygulamalarında daha az değişim yaşandığını göstermektedir. Özellikle düşük doz uygulamalarının, gen ekspresyonu üzerindeki etkisinin sınırlı olduğu ve dayanıklı bireylerin bu değişimlere karşı daha az tepki verdiği dikkati çekmektedir. N dozunda metilasyon düzeyleri, MspI enzimi için %12,50, HpaII enzimi için ise %14,20

olarak artış göstermiştir. 2N doz uygulamasıyla birlikte, metilasyon düzeyleri MspI enzimi için %30,3'e yükselirken, HpaII enzimi için %6,25 olarak saptanmıştır.

ACCCase hassas bireylerde yapılan metilasyon analizi, metilasyon düzeylerinin genel olarak daha düşük olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. N/2 doz uygulaması sonucunda MspI enzimi için %23,90 oranında metilasyon polimorfizmi gözlemlenirken, HpaII enzimi için bu değer %35,10 olarak tespit edilmiştir. N dozunda metilasyon düzeyleri, MspI için %35,20, HpaII için ise %31,80 olarak saptanmıştır. 2N doz uygulaması ile birlikte, ACCCase hassas bireylerde metilasyon düzeyleri MspI enzimi için %43,70 ve HpaII enzimi için %31,10 olarak tespit edilmiştir. Bu durum, metilasyon düzeylerinin artan dozlarla birlikte, hassas bireylerde belirgin bir değişiklik göstermektedir.

En yüksek metilasyon düzeyi, ALS hassas bireylerde 2N doz uygulamasında HpaII enzimi için %86 olarak kaydedilmiştir. Bu, hassas bireylerin yüksek dozlara karşı belirgin bir epigenetik yanıt gösterdiğini göstermektedir. En düşük metilasyon düzeyi, ACCCase dayanıklı bireylerde 2N doz uygulamasında HpaII enzimi için %6,25 olarak tespit edilmiştir. Bu değer, dayanıklı bireylerin epigenetik yanıtlarının yüksek dozlarda bile daha sınırlı olduğunu yansıtmaktadır. En yüksek metilasyon değişimi ALS hassas bireylerde, HpaII enzimi için %25,4'ten %86'ya yükselerek %60,6 oranında artış göstermiştir. Verilen metilasyon verilerine göre, en düşük değişim, ACCCase dayanıklı bireylerde N doz uygulaması sırasında MspI enzimi için %22,4'ten %12,5'e düşerek %9,9 oranında gerçekleşmiştir.

Yapılan metilasyon analizi, *A. fatua* bireylerinin ALS ve ACCCase herbiside dayanıklılığı ile epigenetik değişim düzeyleri arasında önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Dayanıklı bireylerde metilasyon düzeylerinin, hassas bireylere kıyasla daha düşük olduğu ve herbisidal stres altında daha az epigenetik değişim yaşandığı gözlemlenmiştir. Farklı doz uygulamalarının *A. fatua* bireylerinde metilasyon düzeyleri üzerinde farklı etkiler yarattığını göstermektedir. Özellikle N ve daha yüksek doz uygulamalarında metilasyon düzeylerinin belirgin bir artış göstermesi, epigenetik değişimlerin doz bağımlı olduğunu ortaya koymaktadır. Çizelgede veriler, ALS ve ACCCase dayanıklı ile hassas bireylerin metilasyon düzeylerinin doz bağımlı olarak değiştiğini göstermektedir. Düşük doz uygulamalarında metilasyon düzeyleri sınırlı

kalırken, daha yüksek dozlarda belirgin artışlar gözlemlenmiştir. Her birey grubunun epigenetik tepkileri, uygulanan doz ve kullanılan enzimler arasındaki farklılıklar ile şekillenmiştir. Nardemir *et al.* (2015), glifosatın buğday genomunda %28,3 ile %73,9 arasında değişen metilasyon seviyelerine yol açtığını tespit etmişlerdir. Çalışmamızda ise, *A. fatua* bireylerinde yüksek herbisit dozları uygulandığında metilasyon seviyeleri %80'e kadar çıkmıştır. Kim *et al.* (2017), glifosatın *Arabidopsis thaliana*'da 9.205 farklı metilasyon bölgesi oluşturduğunu ve bu bölgelerin 5.914'ünde metilasyonun doza bağlı olarak arttığını bildirmiştir. Bizim çalışmamızda da yüksek doz ALS ve ACCase herbisitlerine maruz kalan *A. fatua* bireylerinde metilasyon artışının %65'in üzerine çıkması, herbisit dozunun epigenetik stres yanıtını doğrudan etkilediğini göstermektedir. Margaritopoulou *et al.* (2018), glifosata dayanıklı ve duyarlı *Conyza canadensis* popülasyonlarında farklı metilasyon profillerini gözlemlemişlerdir. Çalışmamızda da dayanıklı ve hassas *A. fatua* bireylerinde metilasyon seviyeleri arasında %25'e varan farklılıklar gözlenmiştir. Tafoya-Razo *et al.* (2019), *A. fatua*'ya karşı önerilen dozun 10.000 kat seyreltilmesinin bile metabolik değişimlere yol açtığını belirtmiştir. Benedetti *et al.* (2020), düşük doz herbisitlerin gen ekspresyonunu artırarak *E. colona* bitkisinde tolerans sağladığını bulmuşlardır. Çalışmamızda, dayanıklı *A. fatua* bireylerinde düşük dozlarda %10-%15 aralığında metilasyon artışının gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, çalışmamız, literatürde glifosat ve diğer herbisitlerin bitkilerde epigenetik değişikliklere yol açtığını belirten bulgularla genel olarak uyumludur. Ancak, *A. fatua* bireylerinde herbisit dayanıklılığına bağlı olarak gözlenen %10-%70 arası metilasyon değişimleri, literatürde bildirilen bazı oranlardan (örneğin %73,9 gibi) farklılık göstermektedir. Bu fark, herbisit türü, doz ve bitki türlerine göre epigenetik yanıtların çeşitliliğinden kaynaklanıyor olabilir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma, Iğdır ilinde buğday ekim alanlarından toplanan *A. fatua* popülasyonlarının morfolojik özelliklerini, ACCase ve ALS inhibitörü herbisitlere karşı dayanıklılık durumlarını belirlemeyi ve *A. fatua*'nın hassas ile dayanıklı bireylerinin bu herbisitlere farklı dozlar uygulandığında epigenetik olarak meydana gelebilecek değişiklikleri araştırmayı amaçlamıştır.

Yapılan istatistiksel analizler, morfolojik özellikler belirgin şekilde farklılık göstermektedir. IĞR22 popülasyonu, en yüksek bitki boyuna (163,00 cm) ve gövde çapına (5,35 mm) sahipken, IĞR44 ve IĞR50 gibi popülasyonlar en düşük değerleri göstermektedir. Yaprak uzunluğunda IĞR18, 32,50 cm ile dikkat çekmektedir. Başak uzunluğu ve başakçık sayısı da popülasyonlar arasında farklılıklar sergilemekte; özellikle IĞR30 popülasyonu, her iki karakterde de en yüksek değerlere ulaşarak potansiyel olarak daha fazla tohum üretme kapasitesine sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, çiçek sayısı ve yaş-kuru ağırlık gibi diğer morfolojik parametrelerde de önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. Buna ek olarak, korelasyon analizi sayesinde morfolojik özellikler arasında belirgin pozitif ilişkiler tespit edilmiştir.

Ön dayanıklılık çalışması sonucunda, ALS inhibitörü herbisitine karşı 17 popülasyonun %81 ve altında etki gösterdiği, ACCase inhibitörüne karşı ise 12 popülasyonun aynı etki oranını sergilediği belirlenmiştir. Doz etki çalışması sonucunda Yüksek ED₅₀ ve ED₉₀ değerleri, IĞR36 ve IĞR40 popülasyonlarının ALS inhibitörüne, IĞR17 ve IĞR23 popülasyonlarının ise ACCase inhibitörüne karşı dayanıklılık gösterdiği belirlenmiştir. Diğer popülasyonlar ise bu herbisitlere karşı hassas olarak tespit edilmiştir. Çalışmada yapılan korelasyon analizleri, *A. fatua* popülasyonlarında ALS ve ACCase inhibitörü herbisit etkisi ile çeşitli morfolojik özellikler arasındaki ilişkilerin genellikle zayıf ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermiştir.

Farklı dozlarda uygulanan herbisitlerin metilasyon düzeylerinde önemli değişiklikler yarattığı gözlemlenmiştir. Dayanıklı bireylerde özellikle düşük doz uygulamalarında sınırlı metilasyon değişiklikleri tespit edilirken, hassas bireylerde doz arttıkça metilasyon polimorfizmleri belirgin şekilde yükselmiştir. Genel olarak, dayanıklı bireylerin herbisidal stres altında epigenetik değişime karşı daha dirençli olduğu ve düşük metilasyon düzeylerinin dayanıklılık ile ilişkili olabileceği

anlaşılmaktadır. Hassas bireylerde yüksek doz uygulamaları ise epigenetik bir yanıt olarak daha yüksek metilasyon seviyeleriyle sonuçlanmıştır. Bu bulgular, *A. fatua* popülasyonlarında herbisit dozlarına karşı gelişen epigenetik yanıtların bireylerin dayanıklılık durumuna göre farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular sonucunda;

1. Tarımsal yönetim stratejilerinin gözden geçirilmesi önemlidir.
2. Yabani yulaf'ın popülasyonlarının dayanıklılığını azaltmak için öncelikle entegre zararlı yönetim yöntemlerinin uygulanması önerilmektedir.
3. Bu yöntemler, herbisitlerin yanı sıra biyolojik kontrol ve mekanik yöntemlerin de kullanılmasını içermelidir.
4. Herbisit uygulamalarında, farklı etki mekanizmalarına sahip ilaçların rotasyonlu olarak kullanılması önemlidir.
5. Tarım alanlarında dayanıklı *A. fatua* popülasyonlarının yayılmasını engellemek için düzenli izleme ve kontrol çalışmaları yapılmalıdır. Bu sayede, dayanıklı bireylerin hızlı bir şekilde tespit edilip, gerekli önlemler alınabilir.
6. Çiftçilere yönelik eğitim programları düzenlenerek, dayanıklı popülasyonlarla ilgili bilinçlendirme sağlanmalıdır. Böylece, çiftçilerin herbisitleri etkin bir şekilde kullanmaları ve dayanıklılık sorununu yönetmeleri desteklenmiş olur.
7. Dayanıklı bireylerin genetik ve epigenetik özelliklerinin incelenmesi, gelecekteki mücadele stratejileri için önemli bilgiler sağlayacaktır.
8. Epigenetik yanıtlar, özellikle dayanıklı bireylerde sınırlı düzeyde değişiklik göstermekte, bu da düşük metilasyonun dayanıklılık ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Gelecekteki çalışmalarda, epigenetik profilin dayanıklılığı nasıl etkilediği daha kapsamlı olarak incelenebilir.
9. Epigenetik profillerin dayanıklılıkla ilişkisinin daha iyi anlaşılması için daha geniş popülasyonlarda ve farklı çevre koşullarında benzer çalışmalar yapılabilir.
10. Genetik çalışmalarla dayanıklılıkta rol oynayan spesifik genler tanımlanabilir ve böylece dayanıklılık mekanizmaları daha ayrıntılı incelenebilir.

KAYNAKLAR

- Ahmad-Hamdani M.S., Owen M.J., Yu Q. and Powles S.B., (2012). *ACCCase-inhibiting herbicide-resistant Avena spp. populations from the Western Australian Grain Belt*. Weed Technology, 26(1), 130-136.
- Ahmad-Hamdani, M. S., Yu, Q., Han, H., Cawthray, G. R., Wang, S. F. and Powles, S. B. (2013). *Herbicide resistance endowed by enhanced rates of herbicide metabolism in wild oat (Avena spp.)*. Weed Science, 61(1), 55-62.
- Aibar, J., Ochoa, M. J. and Zaragoza, C. (1991). *Field emergence of Avena fatua L. and A. sterilis ssp. ludoviciana (Dur.) Nym. in Aragon, Spain*. Weed Research, 31(1), 29-32.
- Almaghrabi, O.A., (2012). *Control of wild oat (Avena fatua) using some phenolic compounds I–Germination and some growth parameters*. Saudi journal of biological sciences, 19(1), 17-24.
- Alwarnaidu Vijayarajan, V. B., D. Forristal, P., K. Cook, S., Staples, J., Schilder, D., Hennessy, M. and Barth, S., (2020). *First report on assessing the severity of herbicide resistance to ACCase inhibitors pinoxaden, propaquizafop and cycloxydim in six Avena fatua populations in Ireland*. Agronomy, 10(9), 1362.
- Anonim, 2024a <http://www.igdirozeliidare.gov.tr/cografik> Erişim tarihi (10.06.2024).
- Anonim, 2024b. <https://wikiegitim.com/igdir-ilceleri/> Erişim tarihi (10.06.2024).
- Ashworth, M. B., Walsh, M. J., Flower, K. C. and Powles, S. B., (2016). *Recurrent selection with reduced 2, 4-D amine doses results in the rapid evolution of 2, 4-D herbicide resistance in wild radish (Raphanus raphanistrum L.)*. Pest management science, 72(11), 2091-2098.
- Asseng, S., Guarin, J. R., Raman, M., Monje, O., Kiss, G., Despommier, D. D., Meggers, F.M. and Gauthier, P. P., (2020). *Wheat yield potential in controlled-environment vertical farms*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 117(32), 19131-19135.

- Ateş, E. ve Üremiş, İ., (2020). *Şanlıurfa ili buğday ekim alanlarında bulunan yabancı ot türlerinin, yaygınlık ve yoğunluklarının belirlenmesi*. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 24(1), 33-43.
- Ateş, E. ve Üremiş, İ., (2022). *Batman ili buğday ekim alanlarında bulunan yabancı otların yaygınlık ve yoğunluklarının belirlenmesi*. Turkish Journal of Weed Science, 25(1), 9-19.
- Aydın, A., Ince, A.G., Uygur Gocer, E. ve Karaca, M. (2018). *Single Cotton Seed DNA Extraction without the Use of Enzymes and Liquid Nitrogen*. Fresenius Environmental Bulletin, 27, 6722-6726.
- Bajwa, A. A., Akhter, M. J., Iqbal, N., Peerzada, A. M., Hanif, Z., Manalil, S., Hashim, S., Ali, H.H., Kebaso, L., Frimpong, D., Namubiru. H. and Chauhan, B. S., (2017). *Biology and management of Avena fatua and Avena ludoviciana: two noxious weed species of agro-ecosystems*. Environmental Science and Pollution Research, 24(24), 19465-19479.
- Balyan, R. S., Malik, R. K., Panwar, R. S. and Singh, S. (1991). *Competitive ability of winter wheat cultivars with wild oat (Avena ludoviciana)*. Weed Science, 154-158.
- Barroso, J., Fernández-Quintanilla, C., Ruiz, D., Hernaiz, P. and Rew, L. J. (2004). *Spatial stability of Avena sterilis ssp. ludoviciana populations under annual applications of low rates of imazamethabenz*. Weed Research, 44(3), 178-186.
- Beck, D., Ben Maamar, M. and Skinner, M. K., (2021). *Integration of sperm ncRNA-directed DNA methylation and DNA methylation-directed histone retention in epigenetic transgenerational inheritance*. Epigenetics & chromatin, 14, 1-14.
- Beckie H.J., Kelner D. J., Acker R., Van C. and Thomas A.G., (1997). *Manitoba Weed Survey of Herbicide-Resistant Wild Oat in 1997*. Weed survey series publication, Agriculture and Agri Food Canada, 98-25.

- Beckie, H. J., Thomas, A. G. and Stevenson, F. C., (2002). *Survey of herbicide-resistant wild oat (Avena fatua) in two townships in Saskatchewan*. Canadian Journal of Plant Science, 82(2), 463-471.
- Beckie H.J., Hall L.M, Meers S., Laslo J.J. and Stevenson F.C., (2004). *Management Practices Influencing Herbicide Resistance in Wild Oat*, Weed technology, 18(3), 853-859.
- Beckie, H. J., Francis, A. and Hall, L. M., (2012a). *The biology of Canadian weeds. 27. Avena fatua L.(updated)*. Canadian Journal of Plant Science, 92(7), 1329-1357.
- Beckie, H. J., Warwick, S. I. and Sauder, C. A., (2012b). *Basis for herbicide resistance in Canadian populations of wild oat (Avena fatua)*. Weed Science, 60(1), 10-18.
- Beckie, H. J., Johnson, E. N., Leeson, J. Y., Shirriff, S. W. and Kapiniak, A., (2014). *Selection and evolution of acetyl-CoA carboxylase (ACC)-inhibitor resistance in wild oat (Avena fatua L.) in a long-term alternative cropping systems study*. Canadian journal of plant science, 94(4), 727-731.
- Benedetti, L., Rangani, G., Ebeling Viana, V., Carvalho-Moore, P., Merotto, A., Rabaioli Camargo, E., de Avila. L.A. and Roma-Burgos, N., (2020). *Rapid Reduction of Herbicide Susceptibility in Junglerice by Recurrent Selection with Sublethal Dose of Herbicides and Heat Stress*. Agronomy, 10(11), 1761.
- Blackshaw, R. E., O'Donovan, J. T., Sharma, M. P., Harker, K. N. and Maurice, D., (1996). *Response of triallate-resistant wild oat (Avena fatua) to alternative herbicides*. Weed technology, 10(2), 258-262.
- Bobadilla, R. and Berr, A., (2016). *Histone methylation-a cornerstone for plant responses to environmental stresses*. Abiotic and Biotic Stress in Plants-Recent Advances and Future Perspectives, 31-61.
- Boutsalis P., Holtum J. A. M. and Powles S. B., (1990). *Diclofop-methyl resistance in a biotype of wild oats (Avena fatua L.)*. Proceedings of the 9th Australian Weeds Conference, 216-219.

- Boz Ö, 1992. *Çukurova bölgesi buğday ekim alanlarında zarar veren tilki kuyruğu (Alopecurus spp.), kuş yemi (Phalaris spp.) ve yabancı arpanın (Hordeum spp.) önemi en uygun yok edilme zamanlarının ve kullanılacak herbisitlerin araştırılması*. Yüksek Lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 105.
- Boz, Ö., Doğan, M. N. ve Dura, S., (2000). *Denizli ili buğday ekim alanlarındaki yabancı otların yaygınlık ve yoğunluklarının saptanması*. Türkiye Herboloji Dergisi, 3(1), 37-52.
- Buddenhagen, C. E., James, T. K., Ngow, Z., Hackell, D. L., Rolston, M. P., Chynoweth, R. J., Gunnarsson, M., Li, F., Harrington, K.C. and Ghanizadeh, H., (2021). *Resistance to post-emergent herbicides is becoming common for grass weeds on New Zealand wheat and barley farms*. PLoS One, 16(10), e0258685.
- Busi, R. and Powles, S.B., (2009). *Evolution of glyphosate resistance in a Lolium rigidum population by glyphosate selection at sublethal doses*. Heredity, 103(4), 318-325.
- Busi, R., Gaines, T. A., Walsh, M. J., & Powles, S. B. (2012). *Understanding the potential for resistance evolution to the new herbicide pyroxasulfone: field selection at high doses versus recurrent selection at low doses*. Weed Research, 52(6), 489-499.
- Busi, R., Vila-Aiub, M. M., Beckie, H. J., Gaines, T. A., Goggin, D. E., Kaundun, S. S., Lacoste, M., Neve, P., Nissen, S.J., Norsworthy, J.K., Renton, M., Shaner, D.L., Tranel, P.J., Wright, T., Yu, Q. and Powles, S. B., (2013). *Herbicide-resistant weeds: from research and knowledge to future needs*. Evolutionary applications, 6(8), 1218-1221.
- Busi, R., Girotto, M. and Powles, S.B., (2016). *Response to low-dose herbicide selection in self-pollinated Avena fatua*. Pest Management Science, 72(3), 603-608.

- CABI, 2024. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/8058#toDistributionMaps> Erişim tarihi (10.07.2024).
- Chaves, M. S., Martinelli, J. A., Wesp-Guterres, C., Graichen, F. A. S., Brammer, S. P., Scagliusi, S. M., da Silva, P.R., Wiethölter, P., Torres, G.A.M. and Chaves, A. L. S. (2013). *The importance for food security of maintaining rust resistance in wheat*. Food security, 5, 157-176.
- Chhokar, R. S., Sharma, R. K. and Sharma, I., (2012). *Weed management strategies in wheat-A review*. Journal of Wheat Research, 4(2), 1-21.
- Cruz-Hipolito, H., Osuna, M. D., Dominguez-Valenzuela, J. A., Espinoza, N. and De Prado, R., (2011). *Mechanism of resistance to ACCase-inhibiting herbicides in wild oat (Avena fatua) from Latin America*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59(13), 7261-7267.
- Cudney, D. W., Jordan, L. S. and Hall, A. E., (1991). *Effect of wild oat (Avena fatua) infestations on light interception and growth rate of wheat (Triticum aestivum)*. Weed Science, 39(2), 175-179.
- Curtis, B.C., Rajaram, S. and Gómez Macpherson, H., (2002). *Bread Wheat; Improvement and Production*. FAO Plant Production and Protection Series No. 30. FAO, Rome.
- Dai, J., Wiersma, J. J., Martinson, K. L. and Durgan, B. R., (2012). *Influence of time of emergence on the growth and development of wild oat (Avena fatua)*. Weed Science, 60(3), 389-393.
- Délye, C., Straub, C., Michel, S. and Le Corre, V., (2004). *Nucleotide variability at the acetyl coenzyme A carboxylase gene and the signature of herbicide selection in the grass weed Alopecurus myosuroides (Huds.)*. Molecular biology and evolution, 21(5), 884-892.
- Délye, C., Jasieniuk, M. and Le Corre, V., (2013). *Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds*. Trends in Genetics, 29(11), 649-658.

- Demirbaş, N. ve Atış, E., (2005). *Türkiye tarımında gıda güvencesinin buğday örneğinde irdelenmesi*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 42 (1),179-19.
- Dubcovsky, J. And Dvorak, J., (2007). *Genome plasticity a key factor in the success of polyploid wheat under domestication*. Science, 316(5833), 1862-1866.
- Dyer, W.E., (2018). *Stress-induced evolution of herbicide resistance and related pleiotropic effects*. Pest Management Science, 74(8), 1759-1768.
- FAO, 2024. Gıda ve Tarım Örgütü. <http://www.fao.org/faostat/en/> Erişim tarihi (10.06.2024).
- Feldman, M., (2001). *Origin of cultivated wheat*. The world wheat book: a history of wheat breeding, 3-53.
- Fernandez-Quinantilla, C., Andujar, J. G. and Appleby, A. P., (1990). *Characterization of the germination and emergence response to temperature and soil moisture of Avena fatua and A. sterilis*. Weed Research, 30(4), 289-295.
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., Mueller, N.D., O'Connell, C., Ray, D.K., West, P.C., Balzer, C., Bennett, E.M., Carpenter, S.R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D. and Zaks, D. P., (2011). *Solutions for a cultivated planet*. Nature, 478(7369), 337-342.
- Friesen, L. F., Jones, T. L., Van Acker, R. C. and Morrison, I. N., (2000). *Identification of Avena fatua populations resistant to imazamethabenz, flumetrop, and fenoxaprop-P*. Weed science, 48(5), 532-540.
- Gaines, T. A., Lorentz, L., Figge, A., Herrmann, J., Maiwald, F., Ott, M. C., Han, H., Busi, R., Yu, Q., Powles, S.B. and Beffa, R., (2014). *RNA-Seq transcriptome analysis to identify genes involved in metabolism-based diclofop resistance in Lolium rigidum*. The Plant Journal, 78(5), 865-876.
- Gerten, D., Heck, V., Jägermeyr, J., Bodirsky, B. L., Fetzer, I., Jalava, M., Kummu, M., Lucht, W., Rockström, J., Schaphoff, S. and Schellnhuber, H. J., (2020).

- Feeding ten billion people is possible within four terrestrial planetary boundaries.* Nature Sustainability, 3(3), 200-208.
- Gharde, Y., Singh, P. K., Dubey, R. P. and Gupta, P. K., (2018). *Assessment of yield and economic losses in agriculture due to weeds in India.* Crop Protection, 107, 12-18.
- Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. and Toulmin, C., (2010). *Food security: the challenge of feeding 9 billion people.* science, 327(5967), 812-818.
- Gopher, A., Abbo, S. and Yadun, S. L., (2001). *The “when”, the “where” and the “why” of the Neolithic revolution in the Levant.* Documenta Praehistorica, 28, 49-62.
- Gökalp, 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.
- Gressel, J., (2009). *Evolving understanding of the evolution of herbicide resistance.* Pest Management Science: formerly Pesticide Science, 65(11), 1164-1173.
- Gressel, J., (2010). *Herbicides as synergists for mycoherbicides, and vice versa.* Weed science, 58(3), 324-328.
- Guilford, P., Prakash, S., Zhu, J. M., Rikkerink, E., Gardiner, S., Bassett, H. and Forster, R., (1997). *Microsatellites in Malus x domestica (apple): abundance, polymorphism and cultivar identification.* Theoretical and Applied Genetics, 94, 249-254.
- Günçan, A. (2019). *Yabancı ot mücadelesi.* Selçuk Üniversitesi Yayınevi, Konya, 309 s.
- Gürbüz, R., Uygur, S. ve Uygur, F. N. (2018). *Ağrı ili buğday ekim alanlarında segetal floranın belirlenmesi.* Turkish Journal of Weed Science, 21(1), 8-18.

- Harker, K. N., O'Donovan, J. T., Turkington, T. K., Blackshaw, R. E., Lupwayi, N. Z., Smith, E. G., Johnson, E.N., Pageau, D., Shirtliffe, S.J., Gulden, R.H., Rowsell, J., Hall, L.M. and Willenborg, C. J., (2016). *Diverse rotations and optimal cultural practices control wild oat (Avena fatua)*. Weed Science, 64(1), 170-180.
- Heap, I. M., Murray, B. G., Loeppky, H. A. and Morrison, I. N., (1993). *Resistance to aryloxyphenoxypropionate and cyclohexanedione herbicides in wild oat (Avena fatua)*. Weed Science, 41(2), 232-238.
- Heap, I., 2024. The International Herbicide-Resistant Weed Database. <http://www.weedscience.org/Home.aspx> Erişim tarihi (09.07.2024).
- Holm, L. G., Plucknett, D. L., Pancho, J. V. and Herberger, J. P., (1977). *The world's worst weeds. Distribution and biology*. University press of Hawaii.
- Hulme, M. F., Vickery, J. A., Green, R. E., Phalan, B., Chamberlain, D. E., Pomeroy, D. E., Nalwanga, D., Mushabe, D., Katebaka, R., Bolwig, S. and Atkinson, P. W., (2013). *Conserving the birds of Uganda's banana-coffee arc: land sparing and land sharing compared*. PloS one, 8(2), e54597.
- Hussain, Z., Munsif, F., Shah, S. I. A., Gul, B., Khan, N. and Ahmad, A., (2012). *Assessment of weed problems in wheat crop of Peshawar Pakistan*. Pakistan Journal of Weed Science Research, 18(3), 357-366.
- İzmirli, M., Tufan, T. ve Alptekin, D., (2012). *DNA metilasyonu*. Arşiv Kaynak Tarama Dergisi, 21(4), 274-282.
- Jabran, K. and Chauhan, B. S., (2018). Overview and significance of non-chemical weed control. *In Non-chemical weed control*. Academic Press. 18.
- Jabran, K., Mahmood, K., Melander, B., Bajwa, A. A. and Kudsk, P., (2017). *Weed dynamics and management in wheat*. Advances in Agronomy, 145, 97-166.
- Jäck, O., Menegat, A. and Gerhards, R., (2017). *Winter wheat yield loss in response to Avena fatua competition and effect of reduced herbicide dose rates on seed*

- production of this species*. Journal of Plant Diseases and Protection, 124, 371-382.
- Kadioğlu, İ., (1989). *Çukurova Bölgesi buğday ekiliş alanlarında görölen yabancı yulaf (Avena spp.) türleri, gelişme biyolojileri, buğday ile karşılıklı etkileşimleri ve kontrol olanakları üzerinde araştırmalar*. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Araştırma Yayınları Serisi, Yayın, 66.
- Karaca, M., İnce, A. G., Elmasulu, S. Y., Onus, A. N. and Turgut, K., (2005). *Coisolation of genomic and organelle DNAs from 15 genera and 31 species of plants*. Analytical biochemistry, 343(2), 353-355.
- Karasu, H. ve Sönmez, S., (1978). *Marmara bölgesi'nde buğday tarlalarında sorun olan yabancı otlara karşı ilaç denemeleri*. Zirai Mücadele Yıllığı, 2: 145-147.
- Kaya, Y. ve Zengin, H., (2000). *Pasinler Ovasındaki buğday tarlalarında sorun oluşturan yabancı otlarla, rastlama sıklıkları, hayat formları ve fitocoğrafik bölgelerinin belirlenmesi*. Türkiye Herboloji Dergisi, 3(1), 17-26.
- Kazankıran, T., (2019). *Buğdayda kullanılan bazı herbisitlerin farklı su ph'ları ile uygulanmasının yabancı otların biyolojik aktivitelerine etkisinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 80.
- Keith, B. K., Burns, E. E., Bothner, B., Carey, C. C., Mazurie, A. J., Hilmer, J. K., Biyiklioglu, S., Budak, H. and Dyer, W. E., (2017). *Intensive herbicide use has selected for constitutively elevated levels of stress-responsive mRNAs and proteins in multiple herbicide-resistant Avena fatua L.* Pest management science, 73(11), 2267-2281.
- Keith, B. K., Lehnhoff, E. A., Burns, E. E., Menalled, F. D. and Dyer, W. E., (2015). *Characterisation of Avena fatua populations with resistance to multiple herbicides*. Weed Research, 55(6), 621-630.
- Keshavarzi, K., (2015). *Distribution map of weeds in wheat dry land farms by geographical information system application (case study: Kohgiluyeh-va-Boyerahmad province, Iran)*. Agricultural Communications, 3(4), 16-22.

- Khalid, S.S., (2018). *Kuzey Irak buğday üretim alanlarındaki yabancı ot türlerinin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Diyarbakır, 176.
- Khaliq, A., Shakeel, M., Matloob, A., Hussain, S., Tanveer, A. and Murtaza, G., (2013). *Influence of tillage and weed control practices on growth and yield of wheat*. Philippine Journal of Crop Science (PJCS), 38(3), 12-20.
- Khan, I. A. and Gul, H., (2006). *Effect of wild oats (Avena fatua) densities and proportions on yield and yield components of wheat*. Pakistan Journal of Weed Science Research, 12(1/2), 69-77.
- Khan, I. A., Hassan, G. and Marwat, K. B., (2008). *Interaction of wild oats (Avena fatua L.) with spring wheat (Triticum aestivum L.) seeded at different rates*. Pakistan Journal of Botany, 40(3), 1163-1167.
- Kim, G., Clarke, C. R., Larose, H., Tran, H. T., Haak, D. C., Zhang, L., Askew, S., Barney, J. and Westwood, J. H., (2017). *Herbicide injury induces DNA methylome alterations in Arabidopsis*. PeerJ, 5, e3560.
- Kitiş, Y. E. ve Boz, Ö., (2003). *Isparta ili buğday ekim alanlarındaki yabancı otların yaygınlık ve yoğunluklarının saptanması*. Türkiye Herboloji Dergisi, 6(1), 16-38.
- Kitiş, Y.E., (2011). *Yabancı Ot Mücadelesinde Malç Ve Solarizasyon Uygulamaları*. GAP VI. Tarım Kongresi Bildiri Kitabı, 463-468.
- Kordali, Ş. ve Zengin, H., (2007). *Bayburt ili buğday ekim alanlarında bulunan yabancı otların rastlama sıklığı, yoğunlukları ve topluluk oluşturma durumlarının saptanması*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 38(1), 9-23.
- Kordali, Ş. ve Zengin, H., (2009). *Bayburt ili'nde arpa, buğday ve mercimek tohumluklarındaki yabancı ot türlerinin belirlenmesi*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40(2), 43-55.

- 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(2), 117-131.
- Köktaş, D. ve Yavuz, D.Ö., (2020). *Uşak ili buğday (Triticum aestivum L.) ekim alanlarında sorun olan yabancı ot türlerinin, yaygınlık ve yoğunluklarının belirlenmesi*. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 7(2), 349-367.
- Kraehmer, H., (2016). *Atlas of weed mapping*. Wiley and Sons. Ltd., 472.
- Kukorelli, G., Reisinger, P. and Pinke, G., (2013). *ACCase inhibitor herbisides-selectivity, weed resistance and fitness cost: a review*. International journal of pest management, 59(3), 165-173
- Kün, E., (1996). *Tahıllar-I (Serin İklim Tahılları)*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, Yayın No:1451.
- Levani, L., (2004). *Changes in DNA methylation during somatic embryogenesis in Cucurbita pepo L.* Plant Cell Reports, 23(3), 120-127.
- Levy, A. A. and Feldman, M., (2022). *Evolution and origin of bread wheat*. The Plant Cell, 34(7), 2549-2567.
- Lyle F.F., Jones T.L., Van Acker R.C. and Morrison I.N., (2000). *Identification of Avena fatua L. populations resistant to imazamethabenz, flamprop, and fenoxaprop-P*. Weed science, 48, 532 - 540.
- Mahajan, G., Loura, D., Raymont, K. and Chauhan, B. S., (2020). *Influence of soil moisture levels on the growth and reproductive behaviour of Avena fatua and Avena ludoviciana*. PLoS One, 15(7), e0234648.
- Manalil, S., Busi, R., Renton, M. and Powles, S.B., (2011). *Rapid evolution of herbicide resistance by low herbicide dosages*. Weed Science, 59(2), 210-217.
- Mangin, A. R., Hall, L. M. and Beckie, H. J., (2016). *Triallate-resistant wild oat (Avena fatua L.): unexpected resistance to pyroxasulfone and sulfentrazone*. Canadian Journal of Plant Science, 97(1), 20-25.

- Mansooji A.M., Holtum J.A., Boutsalis P., Matthews J.M. and Powles S.B., (1992). *Resistance to Aryloxyphenoxypropionate herbisides in two wild oat species (Avena fatua and Avena sterilis spp. ludoviciana)*, Weed science, 40(4), 599-605.
- Margaritopoulou, T., Tani, E., Chachalis, D. and Travlos, I., (2018). *Involvement of epigenetic mechanisms in herbicide resistance: the case of Conyza canadensis*. Agriculture, 8(1), 17.
- Markus, C., Pecinka, A., Karan, R., Barney, J. N. and Merotto Jr, A., (2018). *Epigenetic regulation–contribution to herbicide resistance in weeds?*. Pest management science, 74(2), 275-281.
- Martín, A. N. and Scursoni, J.A., (2018). *Avena fatua L. escapes and delayed emergence in wheat (Triticum aestivum L.) crops of Argentina*. Crop Protection, 103, 30-38.
- Marwat, K. B., Zahid, H., Bakhtiar, G. and Muhammad, S., (2006). *Survey on weed problems in wheat crop in district Mardan*. Pakistan Journal of Weed Science Research, 12(4), 353-358.
- Mengüç, Ç. ve Elibüyük, İ. Ö., (2014). *Yabancı Otlarda Herbisitlere Dayanıklılık ve Yönetimi*. Turkish Journal of Scientific Reviews, 7(2), 19-22.
- Mennan, H. (1998). *Samsun İli Buğday Ekim Alanlarında Önemli Zarara Neden Olan Kokarot (Bifora radians Bieb.) ve Yapışkanotu (Galium aparine L.)'nun Ekonomik Zarar Eşiklerinin ve Bazı Biyolojik Özelliklerinin Araştırılması*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 137.
- Mennan, H. ve Işık, D., (2003). *Buğday tohumluğunda bulunan yabancı ot tohumlarının yoğunlukları ve bitkiye dönüşüm oranlarının saptanması*. Türkiye Herboloji Dergisi, 6(1), 8-15.
- Mennan, H., Bozoglu, M. ve Isik, D., (2003). *Economic thresholds of Avena spp., and Alopecurus myosuroides in winter wheat fields*. Pakistan journal of Botany, 35(2), 147-154.

- Merino, J., Pedreros, A., Fischer, S. and López, M. D., (2019). *Critical period of weed interference on total polyphenol content in quinoa*. Chilean journal of agricultural research, 79(3), 405-414.
- Miller, S.D., Nalewaja, J.D. and Mulder, C.E.G., (1982). *Morphological and physiological variation in wild oat I*. Agronomy Journal, 74(5), 771-775.
- Morikawa, T., (1989). *Genetic analysis on dwarfness of wild oats, Avena fatua*. The Japanese Journal of Genetics, 64(5), 363-371.
- Moss, S. R. and Naylor, R. E. L., (2002). *Herbicide-resistant weeds*. Weed management handbook, 9, 225-252.
- Moss, S. R., Clarke, J. H., Blair, A. M. and Culley, T. N., (1999). *The occurrence of herbicide-resistant grass-weeds in the United Kingdom and a new system for designating resistance in screening assays*. In Brighton crop protection conference weeds, 115(3), 179-184.
- Nakka, S., Jugulam, M., Peterson, D. and Asif, M., (2019). *Herbicide resistance: Development of wheat production systems and current status of resistant weeds in wheat cropping systems*. The Crop Journal, 7(6), 750-760.
- Nandula, V. K. and Messersmith, C.G., (2002). *Imazamethabenz-resistant wild oat (Avena fatua L.) is resistant to diclofop-methyl*. Pesticide biochemistry and physiology, 74(2), 53-61.
- Nardemir, G., Agar, G., Arslan, E. and Erturk, F. A., (2015). *Determination of genetic and epigenetic effects of glyphosate on Triticum aestivum with RAPD and CRED-RA techniques*. Theoretical and Experimental Plant Physiology, 27(2), 131-139.
- Neve, P. and Powles, S., (2005). *Recurrent selection with reduced herbicide rates results in the rapid evolution of herbicide resistance in Lolium rigidum*. Theoretical and Applied Genetics, 110(6), 1154-1166.
- Neve, P., (2007). *Challenges for herbicide resistance evolution and management: 50 years after Harper*. Weed Research, 47(5), 365-369.

- Norsworthy, J. K., Ward, S. M., Shaw, D. R., Llewellyn, R. S., Nichols, R. L., Webster, T. M., Bradley, K.W., Frisvold, G., Powles, S. B. and Barrett, M., (2012). *Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations*. Weed science, 60(1), 31-62.
- O'Donovan, J. T., Sharma, M. P., Harker, K. N., Maurice, D., Baig, M. N. and Blackshaw, R. E., (1994). *Wild oat (Avena fatua) populations resistant to triallate are also resistant to difenzoquat*. Weed Science, 42(2), 195-199.
- Oerke, E. C., (2006). *Crop losses to pests*. The Journal of agricultural science, 144(1), 31-43.
- 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.
- Owen, M. J. and Powles, S. B., (2009). *Distribution and frequency of herbicide-resistant wild oat (Avena spp.) across the Western Australian grain belt*. Crop and Pasture Science, 60(1), 25-31.
- Oyewola, D. O. ve Dada, E. G. (2022). *Exploring machine learning: a scientometrics approach using bibliometrix and VOSviewer*. SN Applied Sciences, 4(5), 143.
- Özaslan, C., (2011). *Diyarbakır ili buğday ve pamuk ekim alanlarında sorun olan yabancı otlar ile üzerindeki fungal etmenlerin tespiti ve bio-etkinlik potansiyellerinin araştırılması*. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 218.
- Özkan, M., (2020). *Bingöl şartlarında farklı ekim sıklıklarında bazı ekmeklik buğday (Triticum aestivum. L) çeşitlerinin verim ve verim komponentlerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bingöl, 60.
- Özgül, M. ve Kara, A., (2006). *Trakya bölgesinde selektörden önce ve sonra buğday ürününe karışan yabancı ot tohumlarının ve yoğunluklarının belirlenmesi*. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7(1), 45-52.

- Rooney, J.M., (1990). *Competition between winter wheat and different forms of Avena fatua L. Symposium on integrated weed management in cereals.* Proceedings of an EWRS symposium, Helsinki, Finland Wageningen, Netherlands; European Weed Research Society, 205-210.
- Pala, F. ve Mennan, H., (2017). *Diyarbakır ili buğday tarlalarında bulunan yabancı otların belirlenmesi.* Bitki Koruma Bülteni, 57(4), 447-461.
- Pala, F., Mennan, H., Çığ, F. ve Dilmen, H., (2018). *Diyarbakır’da buğday ürününe karışan yabancı ot tohumlarının belirlenmesi.* Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 5(3), 183-190.
- Perotti, V. E., Larran, A. S., Palmieri, V. E., Martinatto, A. K. and Permingeat, H. R., (2020). *Herbicide resistant weeds: A call to integrate conventional agricultural practices, molecular biology knowledge and new technologies.* Plant Science, 290, 110255.
- Powles, S. B. and Yu, Q., (2010). *Evolution in action: plants resistant to herbicides.* Annual review of plant biology, 61(1), 317-347.
- Qasem, J. R., (2007). *Chemical control of wild-oat (Avena sterilis L.) and other weeds in wheat (Triticum durum Desf.) in Jordan.* Crop protection, 26(8), 1315-1324.
- Qureshi, R., Waheed, A. and Arshad, M., (2009). *Weed communities of wheat crop in district Toba Tek Singh, Pakistan.* Pakistan Journal of Botany, 41(1), 239-245.
- Radwan, D. E. M., (2012). *Salicylic acid induced alleviation of oxidative stress caused by clethodim in maize (Zea mays L.) leaves.* Pesticide biochemistry and physiology, 102(2), 182-188
- Ramírez-González, R. H., Borrill, P., Lang, D., Harrington, S. A., Brinton, J., Venturini, L. and Uauy, C., (2018). *The transcriptional landscape of polyploid wheat.* Science, 361(6403), eaar6089.
- Ray, D. K., Mueller, N. D., West, P. C. and Foley, J. A., (2013). *Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050.* PloS one, 8(6), e66428.

- Ray, D. K., Ramankutty, N., Mueller, N. D., West, P. C. and Foley, J. A., (2012). ***Recent patterns of crop yield growth and stagnation.*** Nature communications, 3(1), 1293.
- Raza, A., Ali, H. H., Khan, M. A., Nadeem, M. A., Awais, M., Kamran, M., Abbas, T., Latif, M., Hamid, N. and Uslu, O. S., (2021). ***Evaluation of clodinafop-propargyl resistant Avena fatua L.(wild oat) in Sargodha division of Punjab-Pakistan.*** Pakistan Journal of Botany, 53(5), 1629-1635.
- Reynolds, M., Foulkes, J., Furbank, R., Griffiths, S., King, J., Murchie, E., Parry, M. and Slafer, G., (2012). ***Achieving yield gains in wheat.*** Plant, cell & environment, 35(10), 1799-1823.
- Ryan, G. F., (1970). ***Resistance of common groundsel to simazine and atrazine.*** Weed science, 614-616.
- Saari, L. L., Cotterman, J. C. and Thill, D. C., (2018). ***Resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicides. In Herbicide resistance in plants.*** CRC Press, 83-140.
- Sahu, P. P., Pandey, G., Sharma, N., Puranik, S., Muthamilarasan, M. and Prasad, M., (2013). ***Epigenetic mechanisms of plant stress responses and adaptation.*** Plant cell reports, 32(8), 1151-1159.
- Sarıaslan, D., (2013). ***Çorum ili buğday ekim alanlarında sorun olan Avena fatua L. (Yabani yulaf)'nın bazı herbisitlere karşı dayanıklılık durumunun araştırılması.*** Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 75.
- Seefeldt, S. S., Gealy, D. R., Brewster, B. D. and Fuerst, E. P., (1994). ***Cross-resistance of several diclofop-resistant wild oat (Avena fatua) biotypes from the Willamette Valley of Oregon.*** Weed Science, 42(3), 430-437.
- Shahzad, M., Farooq, M., Jabran, K. And Hussain, M., (2016). ***Impact of different crop rotations and tillage systems on weed infestation and productivity of bread wheat.*** Crop protection, 89, 161-169.

- Shahzad, M., Jabran, K., Hussain, M., Raza, M. A. S., Wijaya, L., El-Sheikh, M. A. and Alyemeni, M. N., (2021). *The impact of different weed management strategies on weed flora of wheat-based cropping systems*. Plos One, 16(2), e0247137.
- Shewry, P. R. and Hey, S. J., (2015). *The contribution of wheat to human diet and health*. Food and energy security, 4(3), 178-202.
- Shewry, P. R., (2009). *Wheat*. Journal of experimental botany, 60(6), 1537-1553.
- Shiferaw, B., Smale, M., Braun, H. J., Duveiller, E., Reynolds, M. and 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 Security, 5(3), 291-317.
- Shukla, A., Dupont, S. and Devine, M. D., (1997). *Resistance to ACCase-inhibitor herbicides in wild oat: evidence for target site-based resistance in two biotypes from Canada*. Pesticide Biochemistry and Physiology, 57(2), 147-155.
- Sırma, M. ve Kadioğlu, İ., (2010), *Erzincan ili Otlukbeli ilçesi buğday ekim alanlarında saptanan önemli yabancı ot türleri, rastlanma sıklıkları ve yoğunlukları*. GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(1), 27-34.
- Sırrı, M., (2018). *Buğday ekim alanlarında sorun oluşturan yabancı ot türleri: Siirt ili örneği*. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 6(2), 142-152.
- Singh, S., Kumar, V., Gill, J. P. K., Datta, S., Singh, S., Dhaka, V., Kapoor, D., Wani, A.B., Dhanjal, D.S., Kumar, M., Harikumar, S. L., and Singh, J. (2020). *Herbicide glyphosate: Toxicity and microbial degradation*. International journal of environmental research and public health, 17(20), 7519.
- Sizer, V. ve Tepe, I., (2016). *Diyarbakır'da buğday alanlarında bulunan kısır yabancı yulaf (Avena sterilis L.) biyotiplerinin clodinafop-propargyl ve mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium'a karşı duyarlıklarının belirlenmesi*. Turkish Journal of Weed Science, 19 (2), 10-19.

- Sönmez, S. (1973). *Buğday tarlalarında yabancı otlara karşı ilaç denemesi*. Zirai Mücadele Yıllığı, 7, 92.
- SPSS, (1991). *Statistical Package For The Social Sciences (SPSS/PC+)*. Chicago, IL.
- Stokłosa, A. and Kieć, J., (2006). *Studies on wild oat (Avena fatua L.) resistance to fenoxaprop-P*. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XX, 115-122.
- Streibig, J. C., (1988). *Herbicide bioassay*. Weed research, 28(6), 479-484.
- Sun, C., Dong, Z., Zhao, L., Ren, Y., Zhang, N. and Chen, F., (2020). *The Wheat 660K SNP array demonstrates great potential for marker-assisted selection in polyploid wheat*. Plant biotechnology journal, 18(6), 1354-1360.
- Swanton, C. J., Nkoa, R. and Blackshaw, R. E., (2015). *Experimental methods for crop-weed competition studies*. Weed Science, 63(SP1), 2-11.
- Şahin, Ö., Ayaz, G. B. ve Ayaz, U., (2018). *Bitki Epigenetiği*. Madde, Diyalektik ve Toplum, 1(2), 135-144.
- Şin, B., Kadioğlu, İ. and Kamaşlı, B., (2016). *Tokat İlinde Buğday Ürünü İçerisine Karışan Yabancı Ot Tohumlarının Belirlenmesi*. Turkish Journal of Weed Science, 19(2). 28 - 37.
- Tafoya-Razo, J. A., Mora-Munguía, S. A. and Torres-García, J. R., (2022). *Diversity of Herbicide-Resistance Mechanisms of Avena fatua L. to Acetyl-CoA Carboxylase-Inhibiting Herbicides in the Bajío, Mexico*. Plants, 11(13), 1644.
- Tafoya-Razo, J. A., Oregel-Zamudio, E., Velázquez-Márquez, S. and Torres-García, J. R., (2019). *10,000-times diluted doses of ACCase-inhibiting herbicides can permanently change the metabolomic fingerprint of susceptible Avena fatua L. plants*. Plants, 8(10), 368.
- Takano, H. K., Ovejero, R. F. L., Belchior, G. G., Maymone, G. P. L. and Dayan, F. E., (2020). *ACCcase-inhibiting herbicides: mechanism of action, resistance evolution and stewardship*. Scientia Agricola, 78(1), e20190102.

- Taştan, B. ve Erciş, A., (1991). *Orta Anadolu Bölgesi buğday ekim alanlarında gözlenen yabancı otların yayılış ve yoğunlukları üzerinde araştırmalar*. Bitki Koruma Bülteni, 31(1-4), 39-60.
- Tehranchian, P., Norsworthy, J. K., Powles, S., Bararpour, M. T., Bagavathiannan, M. V., Barber, T. and Scott, R. C., (2017). *Recurrent sublethal-dose selection for reduced susceptibility of Palmer amaranth (Amaranthus palmeri) to dicamba*. Weed Science, 65(2), 206-212.
- Tepe, I., (1998). *Van'da buğday ürününe karışan yabancı ot tohumlarının yoğunluk ve dağılımları*. Türkiye Herboloji Dergisi, 1(2), 1-13.
- Tursun, N. ve Seyithanoğlu, M., (2006). *Kahramanmaraş ilinde önemli kültür bitkilerinde sorun olan önemli yabancı ot türleri ve bunlarla mücadelede en yaygın kullanılan herbisitlerin belirlenmesi*. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 9(2), 116-120.
- Tursun, N., (2002). *Kahramanmaraş ili ve ilçelerinde buğday ekim alanlarında sorun olan yabancı otların belirlenmesi*. Türkiye Herboloji Dergisi, 5(1), 1-11.
- Tursun, N., Kantarcı, Z. ve Seyithanoğlu, M., (2006). *Kahramanmaraş'ta buğday ürününe karışan yabancı ot tohumlarının belirlenmesi*. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 9(2), 110-115.
- TÜİK, 2024. Türkiye istatistik kurumu <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> Erişim tarihi (10.07.2024).
- Türkoğlu, A., Haliloğlu, K., Tosun, M., Szulc, P., Demirel, F., Eren, B., Bujak, H., Karagöz, H., Selwet, M., Özkan, G. and Niedbała, G., (2023). *Sodium Azide as a Chemical Mutagen in Wheat (Triticum aestivum L.): Patterns of the Genetic and Epigenetic Effects with iPBS and CRED-iPBS Techniques*. Agriculture, 13(6), 1242.
- Türkseven, S. ve Nemli, Y., (2015). *Türkiye'de Avena fatua L.'nin herbisitlere dayanıklılığı ile ilgili ilk kayıt*. Turkish Journal of Weed Science, 18(2), 1-11.

- Uludag, A., Park, K. W., Cannon, J. and Mallory-Smith, C. A., (2008). *Cross Resistance of acetyl-coa carboxylase (ACCase) inhibitor-resistant wild oat (Avena fatua) biotypes in the Pacific Northwest*. Weed Technology, 22(1), 142-145.
- Uludağ, A., (1993). *Diyarbakır ve yöresinde buğday, mercimek kültürlerindeki önemli yabancı otların dağılışı ve bunların biyolojik özellikleri üzerinde araştırmalar*. Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat. 58.
- Uygur, F.N., Koch, W. and Walter, H., (1986). *Çukurova Bölgesi Buğday-Pamuk Ekim Sistemindeki Önemli Yabancı Otların Tanımı*. PLTS 4(1). Josef Margraf, Aichtal.
- Uygur, S. (1997). *Çukurova bölgesi yabancı ot türleri, bu türlerin konukçuluk ettiği hastalık etmenleri ve dağılımları ile hastalık etmenlerinin biyolojik mücadelede kullanılma olanaklarının araştırılması*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 148.
- Ücrak, M., Gürbüz, R. and Çoruh, İ., (2019). *Iğdır ili buğday ekim alanlarında segetal floranın belirlenmesi ve bazı yabancı otların gelişme biyolojilerinin incelenmesi*. Journal of the Institute of Science and Technology, 9(4), 1887-1900.
- Üstüner, T. ve Altın, B. N., (2003). *Niğde yöresinde buğday tarlalarında sorun olan yabancı otlar ve yoğunlukları*. Türkiye Herboloji Dergisi, 6(2), 32-44.
- van der Meulen, A. and Chauhan, B. S., (2017). *A review of weed management in wheat using crop competition*. Crop Protection, 95, 38-44.
- Van Dijk, M., Morley, T., Rau, M. L. and Saghai, Y., (2021). *A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050*. Nature Food, 2(7), 494-501.
- Vats, S., (2015). *Herbicides: history, classification and genetic manipulation of plants for herbicide resistance*. Sustainable Agriculture Reviews, 15, 153-192.

- Vieira, B. C., Luck, J. D., Amundsen, K. L., Werle, R., Gaines, T. A. and Kruger, G. R., (2020). *Herbicide drift exposure leads to reduced herbicide sensitivity in Amaranthus spp.* Scientific reports, 10(1), 2146.
- Vila-Aiub, M. M. and Ghersa, C. M., (2005). *Building up resistance by recurrently exposing target plants to sublethal doses of herbicide.* European journal of agronomy, 22(2), 195-207.
- Vrbničanin, S., Pavlović, D. and Božić, D., (2017). Weed resistance to herbicides. *Herbicide resistance in weeds and crops*, 7-35.
- Waheed, A., Qureshi, R., Jakhar, G. S. and Tareen, H., (2009). *Weed community dynamics in wheat crop of District Rahim Yar Khan, Pakistan.* Pakistan Journal of Botany, 41(1), 247-254.
- WHO, 2023. World Health Organization <https://www.who.int/> Erişim tarihi (15.07.2024).
- Xiong, L. Z., Xu, C. G., Saghai Maroof, M. A. and Zhang, Q., (1999). *Patterns of cytosine methylation in an elite rice hybrid and its parental lines, detected by a methylation-sensitive amplification polymorphism technique.* Molecular and General Genetics MGG, 261(3), 439-446.
- Yu, Q., Ahmad-Hamdani, M. S., Han, H., Christoffers, M. J. and Powles, S. B., (2013). *Herbicide resistance-endowing ACCase gene mutations in hexaploid wild oat (Avena fatua): insights into resistance evolution in a hexaploid species.* Heredity, 110(3), 220-231.
- Zhao, X., Guo, Y., Kang, L., Yin, C., Bi, A., Xu, D., Zhang, Z., Zhang, J., Yang, X., Xu, J., Xu, S., Song, X., Zhang, M., Li, Y., Kear, P., Wang, J., Liu, Z., Fu, X. and.. Lu, F., (2023). *Population genomics unravels the Holocene history of bread wheat and its relatives.* Nature Plants, 9(3), 403-419.
- Zhou, Q., Liu, W., Zhang, Y. and Liu, K.K., (2007). *Action mechanisms of acetolactate synthase-inhibiting herbicides.* Pesticide Biochemistry and Physiology, 89(2), 89-96.