

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



ÇELTİK TARIMINDA KULLANILAN BAZI HERBİSİTLERİN *Aedes aegypti*
VE *Culex pipiens* SİVRİSİNEK TÜRLERİNİN ÜZERİNDEKİ TOKSİK
ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Ayşegül CENGİZ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2023

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



ÇELTİK TARIMINDA KULLANILAN BAZI HERBİSİTLERİN *Aedes aegypti*
VE *Culex pipiens* SİVRİSİNEK TÜRLERİNİN ÜZERİNDEKİ TOKSİK
ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Ayşegül CENGİZ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2023

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇELTİK TARIMINDA KULLANILAN BAZI HERBİSİTLERİN *Aedes aegypti*
VE *Culex pipiens* SİVRİSİNEK TÜRLERİNİN ÜZERİNDEKİ TOKSİK
ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Ayşegül CENGİZ
BİYOLOJİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2023

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇELTİK TARIMINDA KULLANILAN BAZI HERBİSİTLERİN *Aedes aegypti*
VE *Culex pipiens* SİVRİSİNEK TÜRLERİNİN ÜZERİNDEKİ TOKSİK
ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Ayşegül CENGİZ
BİYOLOJİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 19/06/2023 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Hüseyin ÇETİN (Danışman)
Prof. Dr. Bülent KAYA
Prof. Dr. Erhan KOÇAK

ÖZET

ÇELTİK TARIMINDA KULLANILAN BAZI HERBİSİTLERİN *Aedes aegypti* VE *Culex pipiens* SİVRİSİNEK TÜRLERİNİN ÜZERİNDEKİ TOKSİK ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Ayşegül CENGİZ

Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin ÇETİN

Haziran 2023; 55 sayfa

Sivrisinekler (Culicidae) Dünya'nın kutuplar hariç hemen hemen her bölgesinde yayılış gösteren, farklı ekolojik koşullara uyum yetenekleri yüksek canlılardır. Gerek halk sağlığı gerekse veteriner sahada vektörlüklerini yaptıkları hastalıklar nedeniyle sivrisinelere karşı yoğun bir mücadele yürütülmektedir. Sivrisineklerle mücadelede kullanılan insektisit grupları arasında genellikle sentetik piretroidler, neonikotinoidler ve karbamatlılar tercih edilmektedir. Bu ürünler dünyanın birçok yerinde mücadelede oldukça etkili olmakla birlikte sivrisineklerde tespit edilen direnç bazı bölgelerde popülasyonların baskılanmasını zorlaştırmaktadır. Ayrıca bu insektisitler çevre ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

İnsan ve hayvanların giyinme, beslenme ve barınma gibi temel ihtiyaçlarını karşılayabilmek için tarımsal ürünlere başvurulmakta bunların üretiminde de yüksek miktarda pestisit kullanılmaktadır. Tarım alanları sahip oldukları habitat çeşitliliği sebebiyle çok sayıda canlının bir arada yaşayabileceği ortamlar olabilmektedir. Dünya nüfusunun %50'sinden fazlasının besin ihtiyacını karşılayan çeltik (pirinç) bitkisinin yetiştirildiği alanlar da çok sayıda omurgalı ve omurgasız canlının yaşamına elverişli ortamlar sunmaktadır. Çeltik yetiştiriciliğinde zararlılara karşı farklı pestisit grupları kullanılmaktadır. Özellikle yabancı ot mücadelesi için kullanılan herbisit tüketimi oldukça fazladır.

Çeltik yetiştirilen alanların sucul ortamlar olması bu alanların sivrisinekler tarafından da gelişme ortamı olarak kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Larva gelişiminin olduğu çeltik tarlalarında gelişen sivrisinekler kullanılan pestisitlere maruz kalmaktadırlar.

Bu tez çalışmasının amacı ülkemizde çeltik (*Oryza sativa* L.) tarımında yaygın olarak kullanılan bentazone+MCPA, bispyribac sodium, cyhalofop butyl, quinclorac, oxadiazon ve clomazone herbisitlerinin farklı uygulama dozlarında halk sağlığı açısından önemli *Culex pipiens* L. ve *Aedes aegypti* L. sivrisineklerinin larvaları üzerindeki toksik etkilerini araştırmaktır. Herbisit dozlarının toksik etkisi her sivrisinek popülasyonunun erken (1-2) ve geç (3-4) larva evreleri üzerinde laboratuvar ortamında araştırılmıştır.

Herbisitlerin sivrisinekler üzerindeki toksik etkilerinin belirlenmesinde larva ölümü, larvadan pupaya geçiş oranları ve pupadan erginleşme oranları maruziyet süresi

boyunca günlük olarak kayıt edilmiştir. Elde edilen veriler SPSS istatistik analiz programında analiz edilmiştir.

Test edilen uygulama dozlarına göre oxadiazon her iki sivrisinek türünün tüm popülasyonlarında ve evrelerinde diğer herbisitlere göre sivrisinekler üzerinde daha toksik etkili bulunmuştur ve oxadiazonun uygulama dozu arttıķa ölüm oranlarında artış tespit edilmiştir. Diğer herbisitlerde ise toksik etki düşük seviyededir. Ayrıca erken evre larvaların herbisitlere daha duyarlı olduğu belirlenmiştir. Sonuēlar, ēeltik yetiştirilen alanlarda uygulanan bazı herbisitlerin bu ortamda gelişen sivrisinekler üzerinde toksik etkili olabileceğini göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: *Aedes aegypti*, *Culex pipiens*, ēeltik, Herbisit, Sivrisinek, Toksisite

JÜRİ: Prof. Dr. Hüseyin ēETİN

Prof. Dr. Bülent KAYA

Prof. Dr. Erhan KOēAK

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE TOXIC EFFECTS OF SOME HERBICIDES USED IN PADDY AGRICULTURE ON *Aedes aegypti* AND *Culex pipiens* MOSQUITO SPECIES

Ayşegül CENGİZ

MSc Thesis in Biology

Supervisor: Prof. Dr. Hüseyin ÇETİN

June 2023; 55 pages

Mosquitoes (Culicidae) are creatures with high adaptability to different ecological conditions, which are distributed in almost every region of the world except the poles. Due to the diseases they vector both in public health and veterinary field, an intensive fight against mosquitoes is carried out. Among the insecticide groups used in the control of mosquitoes, synthetic pyrethroids, neonicotinoids and carbamates are generally preferred. Although these products are very effective in many parts of the world, the resistance detected in mosquitoes makes it difficult to suppress populations in some regions. In addition, these insecticides can adversely affect the environment and human health.

Agricultural products are used to meet the basic needs of humans and animals such as clothing, nutrition and shelter, and high amounts of pesticides are used in their production. Agricultural areas can be environments where many creatures can live together due to the habitat diversity they have. The areas where paddy (rice) plants, which meet the nutritional needs of more than 50% of the world's population, are grown also offer favorable environments for the life of many vertebrates and invertebrates. Different pesticide groups are used against pests in paddy cultivation. Especially the consumption of herbicides used for weed control is quite high.

The fact that the areas where paddy is grown are aquatic environments allows these areas to be used by mosquitoes as a development environment. Mosquitoes developing in paddy fields where larval development occurs are exposed to the pesticides used.

The aim of this thesis was to investigate the toxic effects of different application doses of bentazone+MCPA, bispyribac sodium, cyhalofop butyl, quinclorac, oxadiazon and clomazone herbicides on the larvae of *Culex pipiens* and *Aedes aegypti* mosquitoes which are important for public health. The toxic effects of herbicide doses were investigated in the laboratory on early (1-2) and late (3-4) larval stages of each mosquito population.

To determine the toxic effects of herbicides on mosquitoes, larval mortality, larval to pupal transition rates and pupal to adult rates were recorded daily throughout the exposure period. The data obtained were analyzed in SPSS statistical analysis program.

According to the application doses tested, oxadiazon was found to be more toxic to mosquitoes than other herbicides in all populations and stages of both mosquito species and mortality rates increased as the application dose of oxadiazon increased. For other

herbicides, the toxic effect was low. In addition, early stage larvae were found to be more susceptible to herbicides. The results indicate that some herbicides applied in paddy growing areas may be toxic to mosquitoes developing in this environment.

KEYWORDS: *Aedes aegypti*, *Culex pipiens*, Herbicide, Mosquito, Paddy, Toxicity

COMMITTEE: Prof. Dr. Hüseyin ÇETİN

Prof. Dr. Bülent KAYA

Prof. Dr. Erhan KOÇAK



ÖNSÖZ

Sivrisinekler (Diptera: Culicidae) çevresel koşullara adaptasyon yeteneği gelişmiş, Dünya üzerinde oldukça geniş bir alanda yayılış gösteren canlılardır. Vektörleri oldukları çok sayıda hastalık veteriner ve medikal sahada büyük kayıplara neden olmaktadır. Sivrisineklere karşı dünya genelinde etkin bir şekilde mücadele yürütülmekte ve bu mücadele ağırlıklı olarak larva ve ergin bireylere yönelik yapılmaktadır. İnsektisit uygulamaları ile yürütülen kimyasal mücadele çalışmalarında sentetik piretroidler, neonikotinoidler ve karbamatlılar sıklıkla tercih edilmektedir. Kullanılan kimyasal kombinasyonları sivrisineklerin sahip olduğu direnç ve adaptasyon yeteneğine göre her geçen yıl değişkenlik göstermektedir. Farklı su ortamlarında gelişimlerini tamamlayabilen sivrisinekler maruz kaldıkları çeşitli pestisit grupları nedeniyle çapraz direnç geliştirebilmekte ve bu durum sivrisinek mücadelesini daha zorlu hale getirmektedir.

Çeltik (*Oryza sativa*) halk arasında pirinç olarak bilinen besin değeri yüksek, karbonhidrat ağırlıklı tahılın elde edildiği bitkidir. Yüzyıllardır insanların beslenme rutininde yer alan bu bitki gelişiminin büyük bir kısmında diğer bitkilere oranla daha fazla su ihtiyacı duymaktadır. Sucul ortamda yetiştirilen çeltik bitkisinin bulunduğu tarım alanları bitkinin hasat safhasına kadar sivrisinek gelişimi için oldukça elverişli ortamlar oluşturmaktadır. Çeltik bitkisi ile birlikte aynı ortamda gelişen yabancı ot popülasyonlarıyla mücadele için farklı grup ve etki mekanizmalarında herbisitler kullanılmaktadır. Yabancı ot kontrolünde kullanılan bu herbisitlerin gerek hedef bitkiler gerekse sivrisinekler gibi hedef dışı canlılar üzerindeki etkilerinin araştırılması yönünde son yıllarda çok sayıda çalışma yapılmıştır.

Pirinç üretimi ülkemizde özellikle Trakya Bölgesi'nde ön plana çıkmakta ve ekonomimize önemli bir katkı sağlamaktadır. Üretim alanlarında, özellikle ekim döneminde sivrisinekler iklim ve ortam özellikleri sebebiyle yayılış göstermektedir. Bu nedenle aynı alanda yabancı ot mücadelesi ile birlikte sivrisinek mücadelesi birlikte yürütülmektedir. Bu tez çalışmasının amacı; ülkemizde pirinç tarlalarında yaygın olarak kullanılan herbisitlerin farklı uygulama dozlarında halk sağlığı açısından önemli *Cx. pipiens* ve *Ae. aegypti* sivrisinek larvaları üzerindeki toksik etkilerinin belirlenmesidir.

Çalışma sonucunda elde edilen verilerin ülkemizde tarım ve halk sağlığı zararlılarına karşı mücadele yürüten kurum ve kuruluşlara, üreticilere ve bilim dünyasına fayda sağlamasını temenni ederim. Yüksek lisans tez çalışmam sürecinde desteğini her zaman hissettiğim, akademik hayatım boyunca bana yol gösteren danışman hocam Prof. Dr. Hüseyin ÇETİN'e, çalışmamdaki akademik ve teknik desteklerinden dolayı Öğr. Gör. Dr. Samed KOÇ, Bilim Uzmanı Sadık Burak POLAT ve Bilim Uzmanı Mehmet ÇİVRİL'e, elde edilen verilerin istatistiksel analizindeki desteklerinden dolayı Şevval KAHRAMAN ve Zeynep Nur GÜLTEKİN'e, tez yazım aşamasında yanımda olan arkadaşım Elif İrem İNCE'ye, her zaman varlıkları ve destekleri ile yola devam etmeme yardımcı olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	5
2.1. Sivrisineklerin Sınıflandırılması.....	5
2.2. Sivrisineğin Morfolojisi	6
2.3. Sivrisineklerin Genel Özellikleri ve Biyolojisi	6
2.4. Sivrisineklerin Yaşam Döngüsü.....	7
2.4.1. Yumurta evresi.....	8
2.4.2. Larva evresi	9
2.4.3. Pupa evresi.....	10
2.4.4. Ergin evre.....	10
2.5 Sivrisineklerin Tıbbi Önemi.....	12
2.5.1. Sıtma.....	12
2.5.2. Batı nil virüsü	13
2.5.3. Dang humması	13
2.5.4. Zika virüsü	14
2.6. Sivrisinekler İle Mücadele Yöntemleri	14
2.7. Çeltik	15
2.8 Çeltikte Yabancı Ot Problemi	17
2.9. Çeltik Tarımında Yabancı Ot Mücadelesi.....	18
2.10. Herbisitler	21
2.10.1.Herbisit toksisitesi	22
2.10.2. Herbisitlerin sınıflandırılması.....	23
3. MATERYAL VE METOT	27
3.1. Sivrisineklerin Kültür Bakımı	27
3.2. Toksikite Testleri	27
4. BULGULAR.....	30

4.1. <i>Culex pipiens</i> Saha Popölasyonu Herbisit Karşılaştırması.....	30
4.2. <i>Culex pipiens</i> Laboratuvar Popölasyonu Herbisit Karşılaştırması.....	31
4.3. <i>Aedes aegypti</i> Laboratuvar Popölasyonu Herbisit Karşılaştırması	32
4.4. <i>Culex pipiens</i> Saha Popölasyonu Doz Karşılaştırması.....	33
4.5. <i>Culex pipiens</i> Laboratuvar Popölasyonu Doz Karşılaştırması	34
4.6. <i>Aedes aegypti</i> Laboratuvar Popölasyonu Doz Karşılaştırması.....	35
4.7. Sivrisinek Larvalarında Herbisit Maruziyeti Sonucu Meydana Gelen Morfolojik Değişimler	36
5. TARTIŞMA	38
6. SONUÇLAR	47
7. KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Çeltik tarımında kullanılan bazı herbisitlerin *Aedes aegypti* ve *Culex pipiens* sivrisinek türlerinin üzerindeki toksik etkilerinin belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

19/06/2023

Ayşegül CENGİZ

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

±	: Artı eksi
>	: Büyüktür
<	: Küçüktür
≤	: Küçük eşit
°C	: Santigrat derece
°	: Derece
%	: Yüzde Kısaltmalar
μ	: mikro

Kısaltmalar

<i>Ae. aegypti</i>	: <i>Aedes aegypti</i>
ai	: Aktif içerik
<i>Cx. pipiens</i>	: <i>Culex pipiens</i>
cm	: Santimetre
da	: Dekar
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
EC ₅₀	: Half-maximal effective concentration 50% (Herhangi bir ilacın maksimum etkisinin %50'sine eşit bir etki oluşturan molar ilaç konsantrasyonu)
E.D.	: Etiket dozu
GST	: Glutatyon-S-transferaz
g	: Gram
ha	: Hektar
LC ₅₀	: Lethal concentration 50% (Popülasyondaki bireylerin %50'sini öldüren konsantrasyon)
m	: Metre
μg	: Mikrogram

µL	: Mikrolitre
ml	: Mililitre
PBO	: Piperonyl butoxide
sp	: Species (Türler)
SPSS	: Statistical package for the social sciences
SH	: Standart hata
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
vb.	: Ve benzeri
vd.	: Ve diğerleri
WHO	: World Health Organization

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Sivrisinek yaşam döngüsü	7
Şekil 2.2. a) <i>Culex pipiens</i> yumurtası b) <i>Culex quinquefasciatus</i> yumurta bırakırken (Anonymus 1)	8
Şekil 2.3. a) <i>Aedes aegypti</i> yumurtaları b) <i>Aedes</i> yumurtaları (Anonymus 2)	9
Şekil 2.4. a) <i>Aedes aegypti</i> larvası b) <i>Culex pipiens</i> larvası	10
Şekil 2.5. a) <i>Culex pipiens</i> pupa evresi b) <i>Aedes aegypti</i> pupa evresi (Anonymus 3) ...	10
Şekil 2.6. a) <i>Culex pipiens</i> dişi ve erkek birey b) <i>Aedes aegypti</i> dişi birey.....	11
Şekil 2.7. a) <i>Plasmodium kisti</i> b) <i>Anopheles ergini</i> (Anonymus 4)	12
Şekil 2.8. Batı nil virüsü bulaş aşamaları (Anonim 3)	13
Şekil 2.9. Dang humması belirtileri (Anonymus 5)	13
Şekil 2.10. a) <i>Aedes aegypti</i> ve mikrosefali bebek (Anonim 4) b) Guillain-Barre sendromu (Anonim 5)	14
Şekil 2.11. Sivrisinek mücadele yöntemleri	14
Şekil 2.12. Çeltik tarlası (Anonymus 6)	17
Şekil 2.13. a) Yaprakta çeltik yanığı hastalığı (Anonim 7) b) Bitkinin yaprak kınında çeltik yanığı (Anonymus 7).....	18
Şekil 2.14. a) Kız otu (<i>Cyperus difformis</i>) (Anonim 8), b) Kurbağa kaşığı (<i>Alisma plantago-aquatica</i>) (Anonim 9)	20
Şekil 2.15. a) Darıcan (<i>Echinochloa crus-galli</i>) (Anonim 10) b) Çeltiksi darıcan (<i>Echinochloa oryzoides</i>) (Anonim 11).....	20
Şekil 2.16. a) Baraj otu (<i>Diplachne fusca</i>) (Anonim 12) b) Dip otu (<i>Lindemia dubia</i>) (Anonymus 8)	20
Şekil 2.17. Cyhalofop butyl herbisitinin kimyasal formülü (Anonymus 9)	24
Şekil 2.18. Bispyribac sodium herbisitinin kimyasal formülü (Anonymus 10)	24
Şekil 2.19. Bentazone herbisitinin kimyasal formülü (Anonymus 11).....	24
Şekil 2.20. Oxadiazon herbisitinin kimyasal formülü (Anonymus 12)	25
Şekil 2.21. Clomazone herbisitinin kimyasal formülü (Anonymus 13)	25
Şekil 2.22. Quinclorac herbisitinin kimyasal formülü (Anonymus 14).....	26
Şekil 3.1. Sivrisinek kültür odası	27
Şekil 4.1. Sivrisinek larvalarının herbisit maruziyeti sonucu geçirdikleri morfolojik değişimler; a) <i>Culex pipiens</i> larva ve pupa, b) Kontrol grubu pupa, c) Kontrol grubu larva sifon yapısı, ç) Quinclorac'a maruz kalan larva, d) Bentazone+MCPA'ya maruz kalan pupa, e) C.butyl'e maruz kalan pupa, f) Clomazone'a maruz kalan larva ve pupa, g) B.sodium'a maruz kalan pupa, h) Oxadiazon'a maruz kalan larva, ı) Oxadiazon'a maruz kalan pupa	37

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Sivrisineklerin sınıflandırılması (Becker vd. 2010; Seymen 2018).....	5
Çizelge 2.2. Çeltik tarımındaki yabancı otlara karşı kullanılan yaygın herbisitler ve etki ettikleri yabancı otlar.....	19
Çizelge 2.3. Türkiye pestisit kullanımının pestisit gruplarına göre kullanım miktarı ve dağılımı (TÜİK 2022; Özercan ve Taşçı 2022)	21
Çizelge 2.4. Çeltik tarımında kullanılan bazı herbisitlerin kimyasal sınıfları ve etki mekanizmaları	23
Çizelge 3.1. Kullanılan herbisitlerin farklı uygulama dozlarının türler üzerindeki dağılımı	28
Çizelge 3.2. Kullanılan herbisitlerin aktif madde adı, ticari adı ve yüzde formülasyon tipleri ile uygulama dozları	29
Çizelge 4.1. <i>Culex pipiens</i> saha popülasyonuna ait herbisit maruziyeti sonucu elde edilen ölüm oranları	30
Çizelge 4.2. <i>Culex pipiens</i> laboratuvar popülasyonuna ait herbisit maruziyeti sonucu elde edilen ölüm oranları.....	31
Çizelge 4.3. <i>Aedes aegypti</i> laboratuvar popülasyonuna ait herbisit maruziyeti sonucu elde edilen ölüm oranları.....	32
Çizelge 4.4. <i>Culex pipiens</i> saha popülasyonuna ait doz karşılaştırmaları için elde edilen ölüm oranları	33
Çizelge 4.5. <i>Culex pipiens</i> laboratuvar popülasyonuna ait doz karşılaştırmaları için elde edilen ölüm oranları	34
Çizelge 4.6. <i>Aedes aegypti</i> laboratuvar popülasyonuna ait doz karşılaştırmaları için elde edilen ölüm oranları	35

1. GİRİŞ

Yaklaşık dört buçuk milyar yıldan beri var olan Dünya’da bir üzüm çekirdeği kadar hafif ve küçük sivrisinekler, yenilmez imparatorlukların ve ulusların kaderini belirleyen, ekonomik dalgalanmalara yön veren, insanlık tarihi boyunca en fazla ölüme sebep olan canlılar olarak tarihe geçmişlerdir. Var olduğundan beri büyük yıkımlar getiren sivrisineklerin ekosistem içerisindeki yerini ve etkisini, diğer canlı grupları ile etkileşimini kavrayabilmek için bu canlıları geniş bir perspektiften incelemek gerekmektedir (Winegard 2021).

Doğada 3500’den fazla türü olan sivrisinekler (Diptera: Culicidae) Antarktika Kıtası hariç Dünya genelinde yayılış gösteren canlılardır. Larva ve pupa evresini sucul habitatta ergin evreyi ise kara habitatında geçiren bu canlılar çevresel koşullara kolayca adapte olabilmektedirler. Sucul ortamdaki varlıkları sayesinde buradaki ekosistemin bir parçası haline gelmişlerdir. Alg, plankton vb. canlı parçacıklarını filtreleyerek kendileri için besin haline getiren larvalar balık ve kurbağa gibi canlılar için de besin kaynağı görevi görmektedirler. Ayrıca sucul ortamdaki fazla yosun oluşumunu da bu sayede engellemektedirler. Ergin evre döneminde ise sivrisinek dişileri insan ve hayvanlardan kan emerek beslenme davranışı sergilerken erkek bireyler genellikle bitki öz suyu ile beslenerek hayatlarını sürdürmektedirler. Erkek bireyler bitkiler ile beslenerek tozlaşmaya katkı sağlamaktadırlar. Bunun yanı sıra erginler çok fazla sayıda kuş, örümcek ve yarası türü için besin kaynağı olmaktadır (Çetin 2016).

Sivrisinek dişilerinin kan emme davranışı sergilemesi insan ve hayvan sağlığını tehdit eden bir unsurdur. Vektör canlı grupları arasında ilk sırada yer alan sivrisinekler, çok sayıda hastalık etmenini (bakteri, virüs, mantar vb.) bir canlıdan ya da ortamdan fiziksel veya mekanik yollarla başka sağlıklı bireylere taşıyarak hastalığın prevalansını arttıran canlılardır. Genellikle insanların yüz, el, kol ve bacak gibi açıkta kalan vücut bölgelerine saldırarak kan emerler ve bunun sonucunda kızarıklık, kaşıntı, alerjik reaksiyon gibi rahatsızlıklara sebep olurlar. İnsanların oluşturduğu karbondioksit miktarı, bireyin vücut sıcaklığı, metabolizma hızı sonucu meydana gelen ter miktarı vb. faktörler sivrisinekler için seçici özelliklerdir. Sahip oldukları antenlerdeki almaçlar sayesinde insan vücudundan salgılanan bu faktörlere yönelirler (Çetin 2003).

Vektörlük ettikleri iki yüzün üzerinde viral hastalığın yüz kadarı insanlarda görülmektedir. Her yıl sıtma, batı nil ateşi, deng humması, sarıhumma, chikungunya ateşi, zika enfeksiyonu vb. ölümcül hastalıklar insanlar arasında yayılmakta ve ölümlere sebep olmaktadır (Kar vd. 2013). Sıtma için Dünya genelinde her yıl milyonlarca vaka bildirimi yapılırken bu vakaların dört yüz bine yakınında ölüm gerçekleşmektedir (Kazancıoğlu ve Bodur 2022). Özellikle alt Sahra Afrika bölgesinde görülen bu ölümlerin %90’ını çocuklar ve bebekler oluşturmaktadır (Anonim 1).

Dünya üzerinde hemen hemen her bölgede mücadelesi yürütülen bu canlılara karşı dört etkin mücadele yöntemi bulunmaktadır. Esas mücadele yöntemi olan kimyasal

mücadelede kullanılan insektisit uygulamalarının ULV (Soğuk Sisleme, Ultra-Low Volume) ve TF (Sıcak Sisleme, Termal Fog) yanı sıra mevcut üreme kaynaklarının yok edilmesi, durgun su kanaklarının kurutulması ve predatörlerinin kullanılması ile fiziksel ve biyolojik mücadele de yürütülmektedir (Çetin 2003).

Tüm bu mücadele yöntemleri teknolojik gelişmeler ve yöntemler ile gün geçtikçe daha etkili sonuçlar vermektedir. Ancak sivrisineklerin kullanılan ürünlere geliştirdikleri direnç sebebiyle mücadelede kullanılan insektisit miktarı her geçen yıl daha da artmaktadır. Farklı kimyasal içeriklere ve etki mekanizmalarına sahip çeşitli formülasyonlarda biyosidal ürünler sivrisineklere karşı kullanılmaktadır. Bu insektisit gruplarının başlıcaları organik fosforlar, organik klorlar, sentetik piretroidler, böcek gelişim düzenleyiciler, karbamatlılar ve neonikotinoidlerden oluşmaktadır. Ülkemizde organik fosforlu ve organik klorların sivrisinek mücadelesinde kullanımı yasaklanmıştır (Ser ve Çetin 2016).

Mücadelede kullanılan insektisitler hedef canlı üzerinde beklenen etkiyi göstermesinin yanı sıra hedef dışı organizmalar üzerinde de olumlu/olumsuz etkiler göstermektedirler. Sivrisinek mücadelesi ağırlıklı olarak larvalara yönelik gerçekleştirilmekte ve larvalar sucul habitatta yaşadıkları için kullanılan insektisitler direkt olarak su kaynaklarına ulaşmaktadır. Bu insektisitler akarsu, göl ve deniz gibi ortamlardaki diğer organizmaların doğal ekosistemine zarar vererek ölümlere yol açmakta, buralardan doğal yollarla toprağa geçerek toprağın yapısını ve florasına zarar vermektedir. Canlılar arasındaki besin zinciri ile insana kadar ulaşabilmekte ve insan vücudunda mutajenik ve karsinojenik etkiler meydana getirebilmektedirler (Tiryaki vd. 2010; Ser ve Çetin 2016).

Uygun olabilen her ortamda gelişimini tamamlayan sivrisinekler ortamda var olan kimyasal varlığına bağlı olarak dirençli popülasyonlar oluşturabilmekte ve sivrisinek mücadelesi gün geçtikçe daha da daha zor hale gelmektedir. Genellikle durgun veya akış hızı düşük sularda larva evresini geçiren sivrisinekler insanlarla birlikte yaşamaya alışmış canlılardır. Evlerimizin etrafındaki su birikintileri, foseptikler, içme suyu kaynakları ve sulamanın yoğun yapıldığı tarımsal alanlar sivrisinekler için insanlara en yakın gelişme ve üreme alanlarıdır (Çetin 2016).

Buğdaygiller (Poaceae) familyası üyesi olan çeltik (*Oryza sativa*) diğer adı ile pirinç asırlardır insanların en temel besin kaynağı olan tahıllardan biridir. Üretimi M.Ö. 3000’li yıllara dayanan bu bitki yetiştirilme alanları farklılık göstermesine rağmen başta Çin, Hindistan, Endonezya, Bangladeş ve Vietnam gibi ülkeler olmak üzere Dünya genelinde geniş bir yayılıma sahiptir (Kaya vd. 2017). Çeltik yetiştiriciliği diğer tahıllara oranla yüksek verim elde edildiği için yurtiçi ve yurtdışı piyasalarında en yüksek kazancı sağlaması sebebiyle tercih edilmektedir. Ayrıca bazı çeltik tarlalarında ekonomik öneme sahip balık yetiştiriciliği, soya fasülyesi, tatlı patates ve çeşitli sebzelerin yetiştiriciliği yapılmaktadır (Timor 2002).

Çeltik gelişme aşamasında diğer bitkilerden farklı gereksinimleri olan bir bitkidir. Esasen bol yağışın olduğu ve sıcak iklime sahip bölgelerde yetişmektedir. Bu faktörler sebebiyle yetiştirme aşamasında bol miktarda suya ihtiyaç duymakta ve üretim alanı açısından seçici davranmaktadır. Çeltik yetiştiriciliğinde zorunlu olarak gerçekleştirilmesi gereken ilk koşul bitkinin su ihtiyacının teknik sulama yöntemleri ile karşılanmasıdır. (Taşlıgil ve Şahin 2011; Özer 2018).

Vejetasyon süresi ortalama olarak 140 ile 180 gün arasında değişen çeltik için tava adı verilen uygulama alanlarının uygun şekilde hazırlanması gerekmektedir (Öğütçü vd., 1984). Yetiştiriciliğin yapıldığı tavaların tesviye edilmesinin ardından sonbahar mevsiminden önce toprağın derin sürülme işlemi yapılmaktadır. İlkbaharda bu işlem tekrar edilerek alanda yabancı ot temizliği için herbisit uygulaması yapılır. Yapılan herbisit uygulamasından sonra tavaların yeniden su ile doldurulması gerekmektedir. Tohum ekiminin yapılması için alandaki su bir süre sonra boşaltılır. Tohumların elle veya makineler ile ekilmesinden sonra alan tekrar su ile doldurularak gelişime başlanması sağlanır. Çeltik bitkisi devamlı sulama ile tarla su altında tutularak yetiştirilir. Ekimden hasat zamanına kadar tarla yüzeyi su ile kaplıdır. Su yüksekliği, bitkilerin gelişmesine bağlı olarak yükseltilir ve maksimum gelişme devresinde yaklaşık 15 cm'dir (Taşlıgil ve Şahin 2011).

Çeltik yetiştiriciliğinde sulama suyu sıcaklığı çimlenme ve gelişmede önemli faktörlerdir. Yetiştiricilikte minimum su sıcaklığı 15°C olmalıdır (Anonim 2). Ortalama sulama suyu sıcaklığı ise 22–30°C arasında değişmektedir (Tülücü 2003). Bu sıcaklıklardan sonra çimlenme olmamaktadır. Bitki gelişiminin her döneminde 30°C'nin üzerindeki su sıcaklıkları ürünü olumsuz etkiler (Anonim 2).

Tarımsal ürünlerin verim ve kalitesini arttırmak amacıyla geliştirilen tarım tekniklerinin başında herbisit kullanımı gelmektedir. Herbisitler yabancı otların mevcut alandaki zararını minimuma indirmek, kültür bitkisini olası hastalık etmenlerinden ve zararlı organizmaların üreme alanı olmaktan korumak için kullanılmaktadır. Bu tür olumlu yönlerinden dolayı herbisit kullanımı üreticiler için vazgeçilmez hale gelmiştir ve günümüzde yoğun olarak kullanımı devam etmektedir (Tiryaki 2010; Mengüç 2018).

Herbisitlerin kullanımı gerek insan sağlığı üzerinde gerek çevreye olan olumsuz etkileri sebebiyle tartışmalara yol açmaktadır. Yanlış herbisit kullanımı, fazla doz tüketimi, üreticilerin bilinçsiz uygulama yapması vb. durumlar çeltik tarlalarında kullanılan herbisitlerin hedef dışı organizmalar üzerinde dolaylı veya doğrudan toksik etki göstermesine neden olmaktadır (Solomon vd. 2014; Mengüç 2018). Tüm Dünya'da tarımsal sistemin ayrılmaz bir parçası olarak görülen herbisitlerin, insan, hayvan ve çevreye olan olumsuz etkileri üzerinde araştırılmalar yapılmalıdır.

Çeltik bitkisinin gelişimi için gerekli olan sulama dönemi ile sivrisinek gelişim dönemlerinin denk olması ve mevcut ekosistemin yeterliliği bu alanda sivrisinek

gelişimini mümkün kılmaktadır. Diğer bir değişle çeltik üretiminin yapıldığı alanlarda durgun su bulunması sivrisinek gelişimine olanak sağlamaktadır.

Bu alanlarda tarımsal amaçla kullanılan pestisitlerin yanı sıra halk sağlığı alanında vektörlerle mücadele amacıyla kullanılan birçok ürüne maruz kalan sivrisineklerin son yıllarda direnç kazandığı ve bu sebeple alternatif ürün ve yöntemlerin araştırıldığı görülmektedir. İnsektisit özelliği olmayan ve yabancı otlarla mücadele amacıyla çeltik üretim alanlarında kullanılan herbisit ürünlerin sivrisineklerin gelişim gösterdiği sulara atıldığı veya dolaylı yoldan kontaminasyon olduğu görülmektedir. Sulama döneminden önce ve sulama döneminden sonra, yabancı ot mücadelesi için alana uygulanan herbisitler de sivrisinek gelişimi üzerinde olumlu ve olumsuz etkiler oluşturabilir. Sivrisineklerin öldürücü olmayan herbisit dozlarına maruz bırakılması sivrisineklerin çeşitli fizyolojik hedeflerini etkileyerek insektisitlerin etkinliğini azaltabilir (Pokhrel ve Ottea 2023).

Yapılan araştırmalarda çeltik tarımında kullanılan bazı herbisitlerin sivrisinekler üzerindeki toksik etkisi araştırılmış olup ülkemizde ise bu konu ile ilgili çalışma bulunmadığı görülmektedir. Literatür araştırmaları sonucunda çalışmaların genellikle herbisitlerden glifosat ve atrazin aktif maddeleri üzerinde yoğunlaştığı ancak diğer aktif maddelerin sivrisinekler üzerindeki toksik etkisi ile ilişkili yeterli çalışma olmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle bu tezin amacı ülkemizde çeltik tarımında yaygın olarak kullanılan altı farklı herbisit (oxadiazon, clomazone, cyhalofop butyl, quinclorac, bispyribac sodium, bentazone+MCPA) farklı uygulama dozlarında halk sağlığı açısından önemli *Cx. pipiens* ve *Ae. aegypti* türü sivrisinekler üzerinde toksik etkilerinin var olup olmadığının araştırılmasıdır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Sivrisineklerin Sınıflandırılması

Sivrisinekler, Insecta (böcekler) sınıfının Diptera (çift kanatlılar) takımında bulunan Culicidae familyasında yer alan canlılardır. Insecta sınıfı ökaryot yaşamın en özel canlılarını barındırır ve tanımlanmış tür sayısının 3/4'ten fazlası bu sınıfa aittir (Seymen 2018). Nematocera alt takımı, Culicidae familyası tüm sivrisinekleri tanımlamak için kullanılmakta ve 3 alt familyaya ayrılmaktadır. Sivrisinekler Dünya üzerinde 110'dan fazla cins içerisinde 3500 üzerinde tür ile temsil edilmektedir (Kuçlu ve Dik 2018).

Çizelge 2.1. Sivrisineklerin sınıflandırılması (Becker vd. 2010; Seymen 2018)

Alem	Animalia	
Şube	Arthropoda	
Alt Şube	Hexapoda	
Sınıf	Insecta	
Takım	Diptera	
Familya	Culicidae	
Cins	<i>Aedes</i>	<i>Culex</i>
Tür	<i>Aedes aegypti</i> L.	<i>Culex pipiens</i> L.

Günümüzde sivrisineklerin morfolojik özellikleri göz önünde bulundurularak tür teşhisleri yapılmakta ve daha sonra bu sonuçlar moleküler biyolojik yöntemler kullanılarak desteklenmektedir. Türkiye'de toplamda 65 sivrisinek türünün varlığı bildirilmiştir. Bunların 26'sı *Aedes*, 16'sı *Culex*, 13'ü *Anopheles*, 6'sı *Culiseta*, 2'si *Coquillettidia*, 1'i *Uranotaenia* ve 1'i *Orthopodomyia* cinsine ait türlerdir (Günay 2015; Seymen 2018).

Toxorhynchitini tribusundaki türler haricinde farklı canlı gruplarından kan emerek beslenme davranışı sergileyen sivrisineklerin çok sayıda hastalık etmenini (bakteri, virüs, parazit vb.) bulaştırdığı bilinmektedir (Goddard 2008). Bu nedenle sivrisinekler dünya genelinde halk ve veteriner sağlığı açısından büyük bir tehdit oluşturmaktadırlar (Demirci 2021).

2.2. Sivrisineğin Morfolojisi

Hexapoda alt şubesinin tüm üyelerinde olduğu gibi sivrisineklerde de vücut baş (cephalon), göğüs (thorax) ve karın (abdomen) olarak üç ana bölümden oluşmaktadır. Ağız, bileşik gözler ve antenler baş kısmında, üç segmentten oluşan göğüste her segmentte bir çift olmak üzere toplam altı bacak, mezothorax (orta göğüs) ve metathorax (arka göğüs) segmentlerinden çıkan kanat ve halter organı bulunmaktadır. Sivrisineklerde cinsiyet ayrımı ayrımı baş kısmında bulunan antenlerin seta yoğunluğuna göre yapılmaktadır. Erkek bireylerde antenlerin setaları yoğunluk gösterirken dişi bireylerde setalar seyrek (Çetin 2016).

2.3. Sivrisineklerin Genel Özellikleri ve Biyolojisi

Dünya'nın hemen hemen her yerinde yaşamını sürdüren sivrisinekler tropikal, subtropikal ve ılıman iklim kuşaklarını tercih etmektedirler. Sivrisineklerin konaklarına kıyasla coğrafi yayılımlarını etkileyen başlıca faktörler büyük denizler, dağlar ve çöller olmuştur. Ayrıca sıcaklık, nem, su, toprak ve bitki örtüsü bu canlıların belirli alanlar içerisinde yayılış göstermesine neden olan diğer faktörlerdir (Merdivenci 1984).

Sivrisinek erkekleri çiftleşme sonrasında dölleme görevini tamamlayıp kısa süre sonra ölürlür. Dişi bireyler ise çiftleşme davranışının ardından yumurta bırakabilmek için kan emme davranışı sergilemekte ve konak arayışına başlamaktadırlar. Yoğunlukla sıcakkanlı omurgalılar olmakla birlikte kuşlardan, kemirgenlerden ve amfibilerden kan emerek beslenmektedirler (Merdivenci 1984).

Sivrisinekler yumurtalarını bırakmak ve gelişim evrelerini tamamlayabilmek için organik atıkların var olduğu su ortamlarına ihtiyaç duyarlar. Larvalar besin ihtiyaçlarını buradaki organik atıkları süzerek giderirler. *Culex* cinsi sivrisinekler çok kirli kanalizasyon sularında dahi gelişimlerini rahatça tamamlayabilirken *Aedes* cinsi sivrisinekler daha temiz suları tercih etmektedir (Çetin 2016).

Ev ve ahır içleri, durgun veya yavaş akan su kaynakları, bodrum katlarında biriken sular, fosseptikler, göletler, bataklıklar, sulama kanalları, kullanılmayan lastik ve eşyalarda biriken sular, rögarlar, bahçe, sera ve yüzme havuzları, doğal çukurlarda biriken sular, ağaç kovukları vb. alanlar sivrisinekler için üreme alanları (jit) olarak kullanılmaktadır (Çetin 2016).

Sivrisinekler ekolojik çeşitliliğin fazla olduğu alanlarda gelişmelerinden ve kan ile beslenmelerinden dolayı çok sayıda tehlikeli virüs, parazit ve patojen türünün taşınmasından sorumlu vektör organizmalar olarak anılmaktadırlar. Milyonlarca insana ve hayvana farklı hastalık etmenlerini bulaştırdığı düşünülen sivrisinekler tıbbi ve veteriner saha sağlığı için büyük bir tehlike oluşturmaktadırlar (Kuçlu ve Dik 2018). Özellikle insan ve hayvanların göç hareketleri sebebiyle patojenlerin yer değiştirmesi ve büyük salgınların meydana gelmesi durumları söz konusudur. Sonuç olarak sivrisineklere

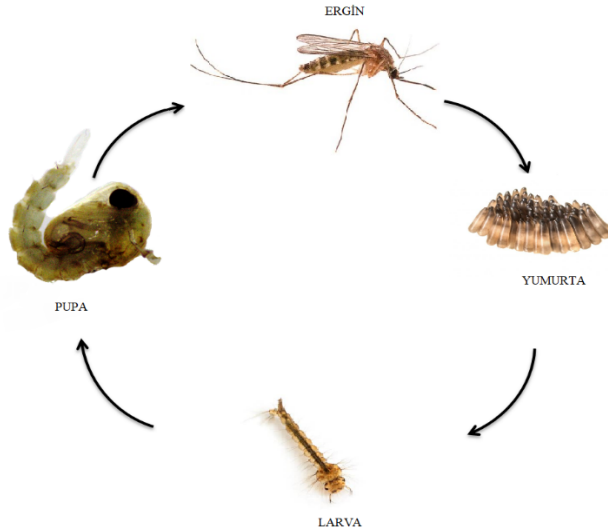
karşı etkili bir şekilde mücadele edebilmek için biyolojisi, ekolojisi ve davranış özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir.

2.4. Sivrisineklerin Yaşam Döngüsü

Tam başkalaşım (holometabol) gösteren sivrisineklerin hayat döngüleri dört farklı evreden oluşmaktadır.

1. Yumurta evresi
2. Larva evresi
 - 1. Larva evresi
 - 2. Larva evresi
 - 3. Larva evresi
 - 4. Larva evresi
3. Pupa evresi
4. Ergin evre

Sivrisineklerde yaşamsal faaliyetlerinin büyük çoğunluğu yaşadıkları ortamdaki su ile ilişkilidir (Seymen 2018). Ergin evresini kara habitatında geçiren sivrisinekler yumurta, larva ve pupa evrelerini su habitatına bağlı bir şekilde geçiren canlılardır. Su içerisinde açılan yumurtalardan çıkan larvalar art arda üç gömlek değiştirerek pupa evresine geçerler. Pupa evresi ergin bireye ait organların oluşmaya başladığı ve beslenmenin durduğu evredir. Pupadan ergin birey çıkış yapar. Yumurtanın bırakıldığı suyun sıcaklığı, ortamın nemi, gece-gündüz uzunluğu, çevresel biyotik ve abiyotik faktörler gelişim süresini etkilemektedir. İdeal koşullar sağlandığı takdirde yumurtadan ergin bireye ulaşma süresi 10 ila 14 gün arasında değişmektedir (Çetin 2003; Çetin 2016)



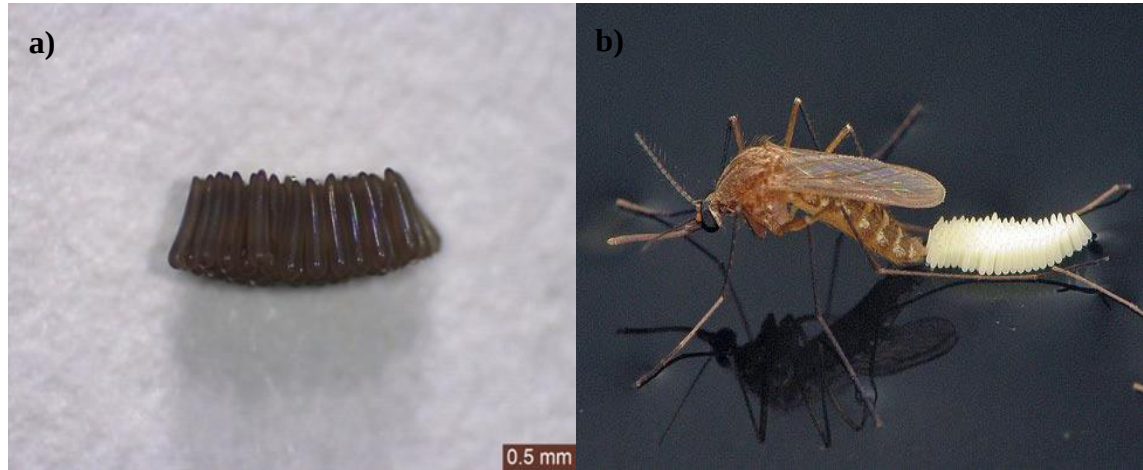
Şekil 2.1. Sivrisinek yaşam döngüsü

2.4.1. Yumurta evresi

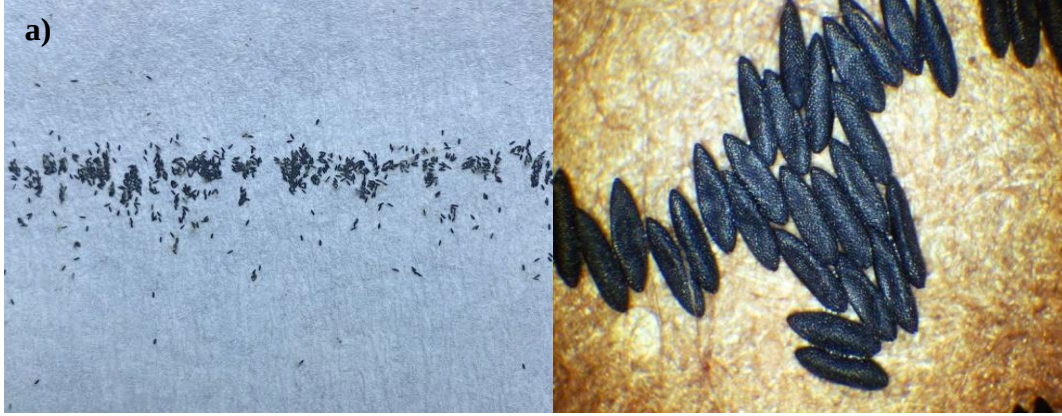
Sivrisinek dişileri kan emme davranışı gerçekleştirdikten birkaç gün sonra yumurtlamak için sucul bir alan aramaya başlamaktadır. Dişiler durgun veya akış hızı yavaş olan sulara ya da su kenarlarındaki bitkilerin ve toprağın üzerine yumurta bırakmaktadırlar. Genellikle 0.6-1 mm boyunda bir ucu sivri diğer ucu daha küt olan yumurtaların türe özgü olarak boyutları ve bırakılma şekilleri farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar kıyaslanarak sivrisinek cins ve türleri tespit edilmektedir (Şimşek ve Günay 2017).

Sucul bitki yaprakları veya gövdesi üzerine yumurtalarını ince, uzun ve tek tek bırakan *Aedes* cinsi sivrisinekler bir süre sonra su altında kalabilecek yerleri örn. bitkileri tercih etmektedir (Becker vd., 2010). Yumurtaları daha koyu renkli olup diğer türlerin yumurtalarına kıyasla kuraklığa daha dayanıklıdır. Nemli ya da kuru ortamlarda yumurta içerisinde gelişmeye başlayan larvalar su ortamı ile karşılaştıkları zaman yumurtadan çıkış yapmaktadırlar (Çetin 2016).

Culex cinsi sivrisinekler ise yumurtalarını durgun ya da su akış hızı 40 cm/sn'den düşük olan su kaynaklarının yüzeyine paketler halinde bırakmaktadır. Dişi bir sivrisinek bir yumurtlamada genellikle 100-150 adet yumurta bırakabilme yeteneğine sahipken bazı türler 200-300 yumurta bırakabilmektedirler. Yumurta içerisinde beslenerek gelişimini tamamlayan larvalar ortalama 1-2 gün sonra yumurtadan çıkarak larva evresini sucul ortamda geçirmektedirler (Çetin 2016).



Şekil 2.2. a) *Culex pipiens* yumurtası b) *Culex quinquefasciatus* yumurta bırakırken (Anonymus 1)



Şekil 2.3. a) *Aedes aegypti* yumurtaları b) *Aedes* yumurtaları (Anonymus 2)

2.4.2. Larva evresi

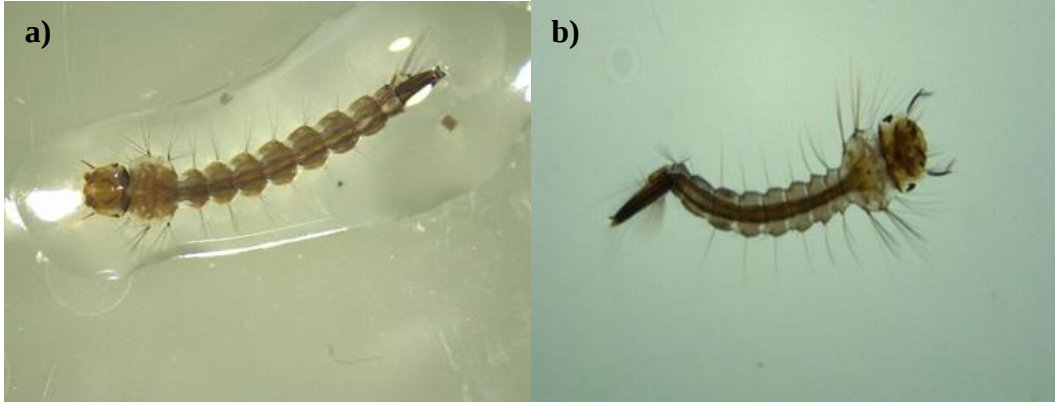
Yumurtalardan çıkan genç bireylere larva denir. Sivrisineklerde larva evresi 4 aşamadan oluşmaktadır. Bu evrede larvalar 3 kere gömlek değiştirmektedirler. Larvalar şeffaf ve saydam bir kitin tabakasına sahiptirler. Bu kütikula üzerinde bireyler arasında sayısı ve özellikleri farklılık gösteren setalar bulunmaktadır. Setaların yoğunluğu ve dizilişi ile tür teşhisi yapılabilmektedir (Çetin 2003).

Bireyler bu evrede, türe göre değişkenlik göstermekle birlikte genellikle sudaki organik maddeleri parçalayarak, bakteri, alg, akar vb. organizmaları ve partikülleri fitleyerek beslenirler (Merdivenci 1984).

Su ortamının fiziksel ve kimyasal özellikleri bireylerin beslenme ve hayatta kalma kalitesini de etkilemektedir. *Culex* cinsi sivrisinekler larvaları temiz akar ve durgun sularda en iyi gelişimi göstermektedirler. Bunun yanı sıra büyük ve küçük su birikintileri, yağmur suları, sulama kanalları vb. gibi çok sayıda temiz veya kirli ortamlarda gelişmektedirler. *Aedes* cinsi sivrisinek larvaları ise daha temiz su kaynaklarında daha iyi gelişim göstermektedirler. Kirlilik oranının artması ile popülasyonda oksijen yetersizliği ve stres durumu nedeniyle ölümler görülme olasılığı mevcuttur (Çetin 2003).

Larvalarda solunum abdomenin 8. segmentinde bulunan sifon adlı yapı ile gerçekleştirilmektedir. Larvaların su içindeki duruş pozisyonları ve sifon bulundurup bulundurmamaları tür teşhisinde kullanılan bir ayırım yöntemidir. *Culex* ve *Aedes* cinsi sivrisinekler su yüzeyine 45 derecelik bir açı ile eğik durarak sifonları ile solunum yaparken *Anopheles* cinsi sivrisinekler suya paralel hareket etmekte ve sifon bulundurmamaktadırlar (Çetin 2003; Çetin 2016).

Tüm türlerde larva evresi 4 aşamadan oluşmaktadır. Türe ve maruz kalınan çevresel koşullara bağlı olarak ortalama 3-20 gün arasında larva evresi tamamlanır. Erkek bireyler larva evresini dişi bireylere göre 1-2 gün önce tamamlar. Bunun sebebi eşeysel olgunluğa dişilerden daha geç ulaşmalarıdır (Goddard 2008; Becker vd. 2010).

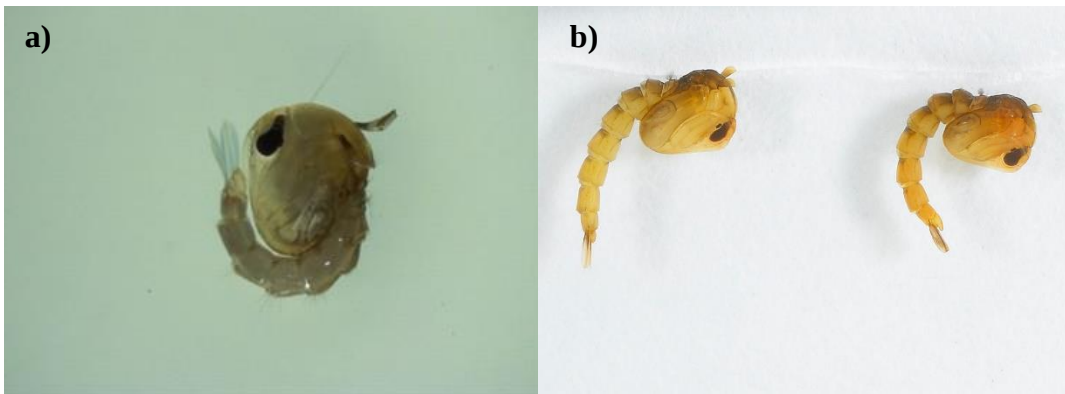


Şekil 2.4. a) *Aedes aegypti* larvası b) *Culex pipiens* larvası

2.4.3. Pupa evresi

Son larva evresine ulaşan bireyin rengi koyulaşmaya başlar, virgül şeklinde bir duruşa geçer ve saydam-kahverengi bir görünüm kazanarak pupa evresine geçer. Pupa evresindeki birey beslenme davranışı göstermemektedir. Bu evrede meydana gelen genetik ve fiziksel değişimler ile erginleşme gerçekleşmektedir. Solunum boruları sayesinde su yüzeyinden oksijenli solunum yapmaktadırlar. Oldukça hızlı hareket yeteneğine sahip pupalar sudaki hareketlilik ile derinlere dalma davranışı göstermektedirler. Bir süre sonra hareket etmeyerek su yüzeyine tekrar çıkarlar. Larvalara kıyasla kurumaya daha dirençli bir yapıya sahiptirler (Merdivenci 1984; Çetin 2003; Çetin 2016).

Minimum 1-2 gün maksimum (uygun olmayan koşullarda) 5-6 gün süren pupa evresi tamamlandığında ergin birey çıkışı başlamaktadır. Yatay konuma geçen pupa vücudunu suyun dışına doğru uzatır ve oluşan açıklık sayesinde ergin birey çıkışı gerçekleşir (Çetin 2003).



Şekil 2.5. a) *Culex pipiens* pupa evresi b) *Aedes aegypti* pupa evresi (Anonymus 3)

2.4.4. Ergin evre

Sivrisinekler ince yapıda, başı küçük ve toparlağımsı, iri petek göz yapısına sahip, anten ve hortumları ince uzun, göğüs kısmı yuvarlak fakat yanlardan basık, bacakları

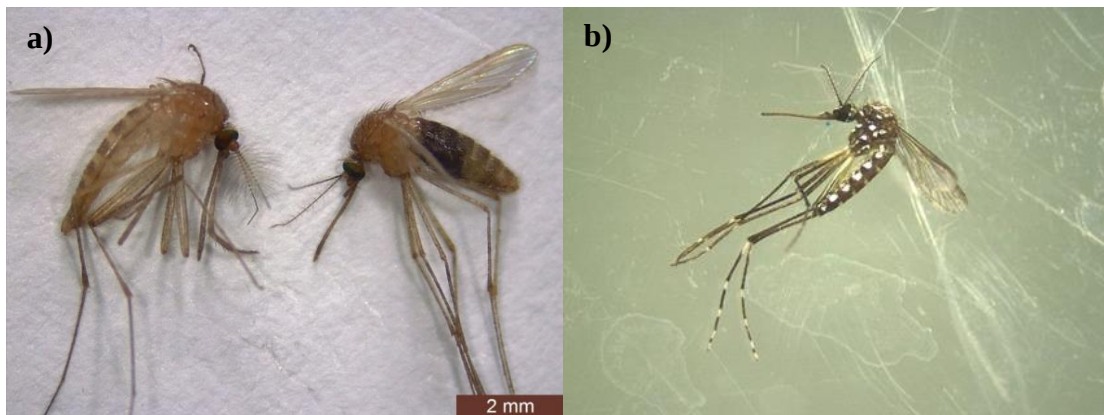
uzun ve ince, kanatları dar ve uzun, karnı yuvarlak çiftkanatlılardır. Boyları 3 ile 10 mm arasında değişmektedir. Ergin bireylerin vücudu cephalon (baş), thorax (göğüs) ve abdomen (karın) olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Dişi bireyler kısa ve seyrek anten setalarına sahipken, erkek bireyler çok sık ve uzun anten setalarına sahiptir. Dişi ve erkek birey ayrımında anten setalarının farklılıkları göz önünde bulundurulmaktadır (Çetin 2003; Marquardt 2005; Şimşek ve Günay 2017).

Beslenme davranışlarını 6 iğneli sokucu emici yapıdaki hortumları ile gerçekleştirmektedirler. Dişi bireylerin hortumları iyi gelişmiş olup, yumurtlama davranışlarını gerçekleştirebilmek için kan emme zorunluluğundadırlar. Fakat kan emmeden yumurtlayan türler de mevcuttur. Erkek bireyler ise çene yapıları ve hortumları çok az geliştiği için kan emme davranışı göstermezler. Erkek bireyler bitki öz suyu ve nektarlar ile beslenmektedir (Çetin 2016).

Dişi sivrisinekler konak arayışı için bulundukları alandan uzaklaşabilirler. *Cx. pipiens* konak sayısının bol olduğu yerlerde üremeyi tercih eder ve bu alan 300-500 metre ile sınırlıdır. Genellikle pupa evresinden sonraki 2 gün içerisinde pasif uçuş sergileyen erginlerin ortalama uçuş hızı 1 m/sn'dir (Merdivenci 1984; Goddard 2007).

Sivrisinekler beslenme konusunda nokturnal (gececi), diurnal (gündüzcü) ve krepiskular (şafak) olarak adlandırılırlar. *Aedes* günün herhangi bir saati konaktan kan emerken, *Culex* gecenin ilk saatlerini (20:00-22:00) ya da gündüze doğru kan emmeyi tercih eder (Çetin ve Yanıkoğlu 2004).

Olumsuz çevre koşullarında diyapoza giren sivrisinekler metabolizmalarını yavaşlatarak şartların normalleşmesini beklerler. Bazı türler kış ve bahar aylarını (3-5 ay) ergin birey olarak korunaklı alanlarda geçirebilmektedir. Bu dönemde kan emme davranışını yumurta oluşturmak için değil hayatta kalabilmek için gerçekleştirirler (Çetin 2016; Şimşek ve Günay 2017).



Şekil 2.6. a) *Culex pipiens* dişi ve erkek birey b) *Aedes aegypti* dişi birey

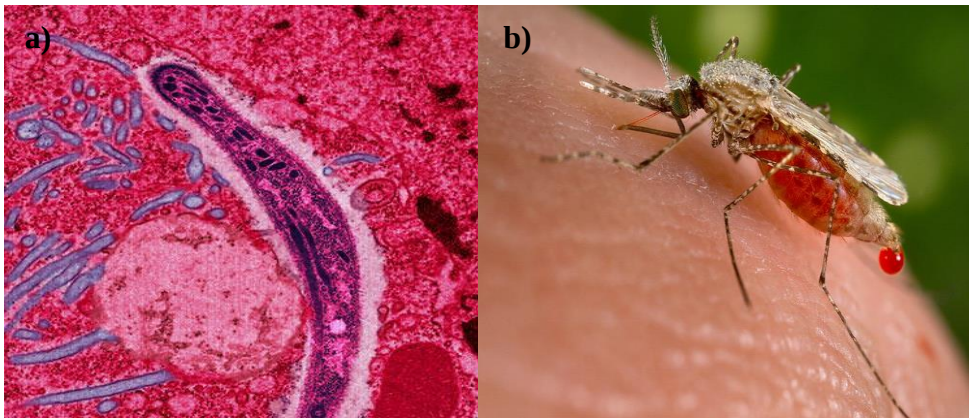
2.5 Sivrisineklerin Tıbbi Önemi

Sivrisinekler sahip oldukları yüksek adaptasyon yeteneği ile hemen hemen tüm coğrafik bölgelerde yayılış göstermektedirler. Konak çeşitliliğinin fazla olması, çok sayıda verimli döl oluşturarak hızlı üremeleri, uçuş kabiliyetleri sonucu kısa göçler meydana getirmeleri, nem, sıcaklık, toprak, su, bitki örtüsü ve iklim koşulları popülasyon yoğunlukları için önemli faktörlerdir (Merdivenci 1984).

Uygun iklim koşullarının mevcut olduğu dönemlerde dişi sivrisinekler yumurta üretebilmek amacıyla konaklarından kan emme davranışı sergilemektedirler. 0.055 cm kalınlığındaki iğneleri ile insan ve hayvanlardan kan emen sivrisinekler çeşitli hastalıkların yayılmasında önemli rol oynamaktadırlar (Merdivenci 1984). Sivrisineklerin vektörlüğünü yaptığı virüsler ve parazitler çevresel, iklimsel ve ekolojik nedenlerin etkisiyle farklı konaklar arasında döngüsel olarak görülmekte ve son yıllarda halk ve veteriner saha sağlığı üzerinde ciddi etkilere neden olmaktadır (Becker vd. 2010).

2.5.1. Sıtma

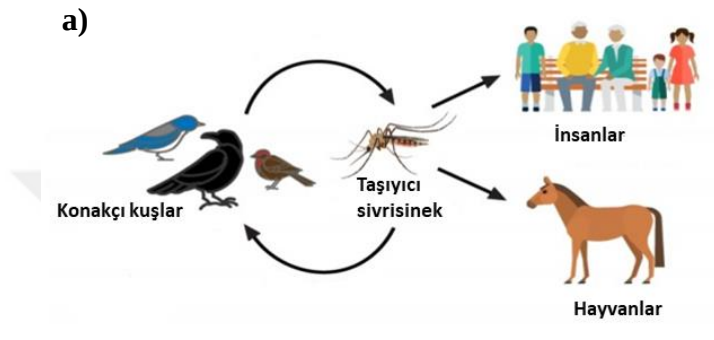
Anopheles cinsi sivrisinek dişilerinin taşıyıcılığını yaptığı *Plasmodium* cinsi iç parazitler hastalığa neden olmaktadır. En yaygın beş türü *Plasmodium vivax*, *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium ovale*, *Plasmodium malarie* ve *Plasmodium knowlesi*'dir. Sivrisinek kaynaklı hastalıkların arasında en yüksek ölüm oranı sıtmada görülmektedir. Dünya genelinden önemli salgınlara neden olan bu hastalığın genellikle beş yaş altı küçük çocuklarda ya da hamilelerde ölüme (%70) sebep olduğu bilinmektedir. Hastalığın en yaygın olarak görüldüğü coğrafya sahra altı bölgeler olmak üzere Ortadoğu, Asya, Latin Amerika ve Hindistan'da önemli salgınlar gerçekleşmiştir (Anonim 1; Polat vd. 2017; Kazancıoğlu ve Bodur 2022)



Şekil 2.7. a) *Plasmodium* kisti b) *Anopheles* ergini (Anonymus 4)

2.5.2. Batı nil virüsü

Culex cinsi sivrisineklerin vektörlüğünü yaptığı bu hastalık Ortadoğu kökenli dört farklı suşa sahiptir. Göçmen kuşlar hastalığın coğrafik yayılımında oldukça etkili faktörlerdir. Kesin konak olarak kuşları tercih eden sivrisinekler ara konak olarak insan ve at gibi diğer memeli canlıları tercih etmektedir (Polat vd., 2017). Dünya genelinde son 20 yılda vaka sayılarında artış söz konusudur. Birçok farklı bölgede büyük salgınlara sebep olan bu hastalık için Türkiye’de ilk defa 2010 yılında 47 vaka bildirilmiştir (Uyar ve Bakır 2016).



Şekil 2.8. Batı nil virüsü bulaş aşamaları (Anonim 3)

2.5.3. Dang humması

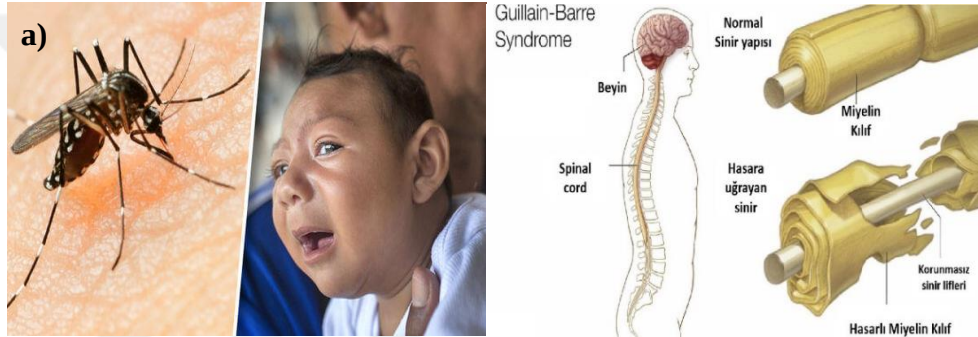
Ae. aegypti sivrisineklerinin vektörü olduğu epidemik ve akut bir hastalıktır. WHO tarafından Dang ateşi, Dang hemorajik ateşi ve Dang şok sendromu olmak üzere üç kategoride sınıflandırılmıştır. Teknolojinin gelişmesi ile ülkeler arasında seyahat oranının artması hastalığın prevalansını %30 arttırmıştır. Bu nedenle bir seyahat hastalığı olarak bildirilmektedir. Sıklıkla kentsel alanlarda vaka bildirimi yapılırsa da en hızlı yayılan vektör kaynaklı hastalık olması sebebiyle yayılış alanının değişmesi söz konusudur. Dünya genelinde 2.5 milyar insanın risk altında olduğu bilinmektedir. Dünya’da her yıl 50-100 milyon insan enfekte olduğu tahmin edilmektedir (Ergünay vd. 2010).



Şekil 2.9. Dang humması belirtileri (Anonymus 5)

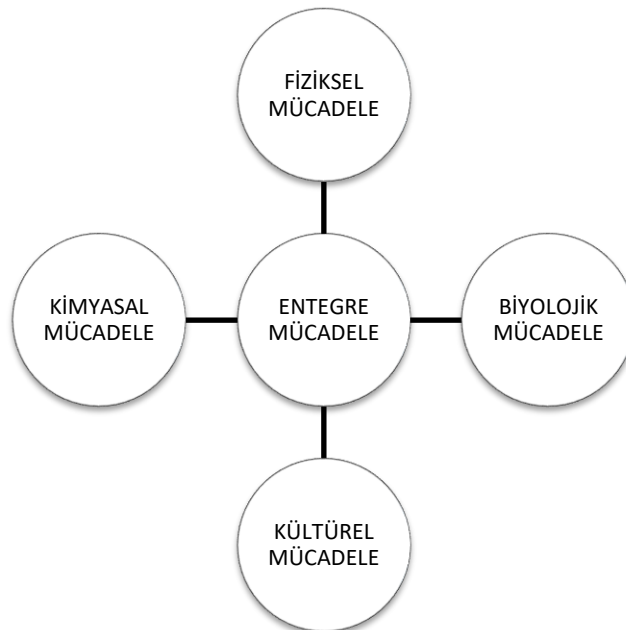
2.5.4. Zika virüsü

Ae. aegypti ve *Ae. albopictus* (Skuse) tarafından vektörlüğü yapılan viral bir hastalıktır. 1947 yılında maymunlardan izole edilen virüs için 1952’de insan bulaşı gerçekleşene kadar endişe duyulmamıştır. İlk hastalık hikayelerinin Afrika’da görülmesinin ardından kıta dışına yayılması ile DSÖ tarafından tehdit olarak değerlendirilmiştir. DSÖ 33 ülke dışında hastalığın Şili hariç Güney Amerika’da yayılmaya devam ettiğinin bildirmiştir. Zika virüsünün hızlı ve kolay bulaşı uluslararası düzeyde salgınlar açısından tehdit oluşturmaktadır. Hastalık tükürük, kan, çeşitli vücut sıvıları, nadiren de olsa cinsel ilişki ile insanlara hamilelik ile de anneden çocuğa geçebilmektedir. Görme ve duyma fonksiyonlarında bozukluk, büyüme ve gelişmede anormallik, mikrosefali ve Guillain-Barré sendromuna neden olan virüsün önemi gün geçtikçe artmaktadır (Polat vd. 2017).



Şekil 2.10. a) *Aedes aegypti* ve mikrosefali bebek (Anonim 4) b) Guillain-Barre sendromu (Anonim 5)

2.6. Sivrisinekler İle Mücadele Yöntemleri



Şekil 2.11. Sivrisinek mücadele yöntemleri

Fiziksel mücadele: Zararlıların üreme ve besin kaynaklarına müdahale veya barınaklarının yok edilmesi ile yapılan mücadele şeklidir. Bataklıkların kurutulması, kanalların onarılması su birikimin engellenmesi, drenaj kanallarının açılması, su birikmesiyle üreme alanlarına sebebiyet olabilecek çukurların kapatılması fiziksel mücadele şekillerine örnektir. Ayrıca konutlarda cibinlik kullanılması, ışık tuzakları ve kapı-pencere sineklikleri de tercih edilen yöntemler arasındadır (Çetin 2003).

Biyolojik mücadele: Zararlıların doğal düşmanları (predatörleri, parazitleri, parazitoidleri vs.) kullanılarak yapılan mücadele şeklidir. Biyolojik mücadele ajanları olarak adlandırılan canlıların kullanılması sadece hedef organizmayı etkilemeleri, hedef dışı canlılar üzerinde toksik etki oluşturmamaları veya minimum düzeyde etkilemeleri sebebiyle oldukça avantajlı bir yöntemdir (Uygun vd. 2010).

Dünya genelinde diğer canlı gruplarının da yaşamını sürdürdüğü bataklık, akarsu vb. su kaynaklarını üreme alanı olarak kullanan sivrisinek popülasyonları biyolojik mücadele yöntemleri ile kontrol altında tutulmaktadır. Larvalar ile beslenen *Gambusia affinis* balıkları, larva gelişimini olumsuz etkileyerek ölüme sebep olan *Bacillus thuriangiensis* endotoksinleri, *Steinernema* nematodları mücadele alanında sıklıkla tercih edilen biyolojik ajanlardır (Çetin 2016).

Kimyasal mücadele: Zararlıya karşı zararlıyı öldüren biyolojisini olumsuz etkileyen kimyasal ürünler kullanarak yapılan mücadele şeklidir. Sivrisinekler ile mücadelede insektisit grubu kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Böceklerin kontrolü amacı ile kullanılan bu maddeler hedef canlıda genellikle sinir sistemi üzerinde etki göstermektedirler. Canlıda aşırı sinir stimülasyonuna neden olarak nöron uyarımlarını etkiler ve canlı paraliz sebebiyle ölüme sürüklenir. Bunun yanı sıra canlının gelişim evrelerini etkileyerek ya da üremesini kısıtlayarak da popülasyonun kontrol altında tutulmasına olanak sağlarlar. Kimyasal mücadele alanında kullanılan bir diğer grup ise böcek gelişim düzenleyiciler olarak adlandırılan Juvenil Hormon nalogları (JHA) Ve kitin sentez inhibitörleridir (Çetin 2016).

Kültürel mücadele: Halkın ve uygulamada çalışan kişilerin zararlı hakkında bilinçlendirilmesi esasına dayanan mücadele şeklidir. Alanında uzman kişilerin belediyelerin ilaçlama ekiplerine, muhtarlar ve yerel halka eğitimler vermesi, bilgilendirici broşürlerin dağıtılması ve çocuklara okullarda seminerler düzenlenmesi bu alanda verilen hizmetlerdendir (Çetin 2016).

2.7. Çeltik

Oryza sativa L. (Çeltik) bitkisi Poaceace (Buğdaygiller) familyasına ait monokotil bir bitkidir (Allard 1960). Çeltik bitkisi kuru toprakta, su altı topraklarında, deniz seviyesinde ve deniz seviyesinden yüksekteki arazi koşullarında da gelişebilme yeteneğine sahiptir (Kaya vd. 2017). Kısmen suda yaşayan (semiaquatic) bir bitkidir (Horuz ve Korkmaz 2014).

Dünya nüfusunun %50'sinden fazlasının kalori ihtiyacının %21'ini karşılayan çeltik (pirinç) insan beslenmesinde önde gelen bir tahıldır. Ülkelerdeki çeltik ekim ve üretim miktarına göre bu oran değişkenlik göstermektedir. 2025 yılında dünya nüfusunun 9-10 milyara yakın olacağı ve bu nüfusun yaklaşık 4,3 milyarının çeltiği temel besin kaynağı olarak tüketileceği düşünülmektedir. Değişkenlik gösteren yetiştirme şekilleri ve ekoloji sebebiyle dünya genelinde üretimi ve tüketimi her gün artmakta olan çeltik gittikçe önem kazanmaktadır (Ma vd. 2007; Melissa vd. 2009).

Dünya'da 140.000 çeşidinin tarımının yapıldığı çeltik bitkisinin günümüzde bilinen 2 türü vardır. *Oryza sativa* ise kültüre alındığı bilinen iki türden biridir. Ekimlerin çoğu yine bu tür üzerinden yapılmakta ve Dünya piyasasında önemli bir konumda yer almaktadır. Yetiştigi coğrafya açısından çeşitlilik gösteren çeltik bitkisi ilk kez Hindistan ve Çin'de kültüre alınmıştır (Poehlman ve Sleper, 1995). Kullanılan biyolojik ve ekolojik etmenler ile Doğu, Güneydoğu ve Güney Asya gibi farklı coğrafyalarda farklı türlerinin oluştuğu anlaşılmıştır (Sauer 1993). Orijin merkezi Güneydoğu Asya olmasına rağmen Japonya ve Kore'de de geniş bir yayılım göstermektedir (Akay 2010). Dünya'nın çoğu bölgesinde yetiştirilebilmesine rağmen Dünya nüfusunun %60'ının yaşadığı Asya Kıtası'nda çeltik üretiminin büyük bir kısmı (%90) yapılmaktadır (Mosleh vd. 2015).

Dünya'da geniş bir yayılım alanına sahip olan çeltik Türkiye için de önemli bir tarım bitkisidir. Ülkemizde yaklaşık 500 yıllık bir geçmişi olduğu tahmin edilen çeltik bitkisinin Batı ve Doğu Marmara, Güneydoğu Anadolu ve Batı Karadeniz bölgelerinde ekimi ve üretimi yapılmaktadır. Türkiye'nin toplam çeltik üretim alanlarının %67.33'ü Marmara Bölgesi'nde bulunurken Edirne %41.62'lik bir çeltik üretim alanına sahip olarak ülke genelinde en fazla üretim yapan ildir (Yılmaz vd. 2017).

Çeltik tarlalarında üreticinin dikkat etmesi gereken en önemli konu ekimin yapılacağı tavaların hazırlığı ve tevsiyesidir. Seçilen arazinin mevcut eğiminin %1'den az olması sulama için en uygun koşuldur. Uygun eğim sağlandığı takdirde uygulama yapılacak tavaların büyüklükleri istenilen boyutta seçilebilir, verilen su tavalara homojen şekilde ulaşır ve drenaj kolaylaşır (Meral ve Temizel 2006).

Sonbahar mevsimindeki derin sürme işleminin ardından ilkbaharda tarla sürme işlemi tekrar edilir, alan herbisitler yardımı ile yabancı otlardan arındırılır. Tavaların son hazırlık aşamasından sonra su verme işlemi başlamaktadır. Tohumlar elle, fideleme veya makinelerle ekildikten sonra gübreleme işlemi için alandaki su boşaltılmaktadır. Gübreleme işleminin ardından alana tekrar su verilerek bitki gelişmeye bırakılmaktadır (Taşlıgil ve Şahin 2011). Uygun ortam koşulları sağlanması durumunda bitkinin yetiştirilmesi ekim, başak gelişimi, çiçeklenme, ürün oluşumu ve olgunluk dönemi olmak üzere 5 aşamadan oluşmaktadır (Meral ve Temizel 2006).

Yetiştirilme aşamalarını doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen çevresel faktörlerin başında iklim, su sıcaklığı ve sulama suyu miktarı gelmektedir. Sıcak iklim bitkisi olan çeltik ortalama sıcaklığın 20-25 °C derece arasında olduğu yerlerde yetiştirme

devresini tamamlayabilir. Yetiştirme süresi uygun koşullar sağlandığında 90 ile 180 gün arasında tamamlanmaktadır (Doğanay 2007). Bir diğer faktör olan su sıcaklığı ise bitkinin gelişim evrelerini geciktirdiği gibi üretim miktarını da doğrudan etkileyebilir. Özellikle düşük su sıcaklığı çimlenme aşamasını geciktirerek bitkide fizyolojik yavaşlamalara da sebep olmaktadır. En ideal koşulların çimlenme ve fide aşaması için 18-35 °C derece, fide gelişimi için ise 25-30 °C derece arasında olduğu belirtilmektedir (Öğütçü vd. 1984). Çimlenen tohumlardan gelişen fidelerin 12 °C derecenin altındaki sıcaklıklarda ölüme gittikleri görülmüştür. (Tosun vd. 1979)

Diğer bitkilerle kıyaslandığında çeltik bitkisinin su isteği farklılık göstermektedir. Gelişiminin belli bir dönemini nemli ya da su altında kalan toprakta geçirme zorunluluğunda olan çeltik bitkisi için iklim ve yetiştirme süresi göz önüne alınarak bitkinin ihtiyacı olan su miktarı belirlenmektedir (Tülücü 2003). Türkiye’de değişen iklim koşullarına göre çeltik bitkisinin su tüketiminin 810-1605 mm arasında değiştiği düşünülmektedir. Üretiminde ise 1 kg pirinç için 1000-1200 litre suyun yeterli olabileceği ancak uygulamada bu miktarın 4000-5000 litreye ulaştığı bilinmektedir (Özgenç ve Erdoğan 1988).



Şekil 2.12. Çeltik tarlası (Anonymus 6)

2.8 Çeltikte Yabancı Ot Problemi

Yabancı otlar, ekimi yapılan kültür bitkisi ile besin maddesi, ışık, su ve alan bakımından rekabet ederek bitkinin beslenmesini ve dolaylı olarak gelişimini olumsuz etkileyen bitkilerdir. Bitkinin hangi gelişim evresinde olduğuna bağlı olarak maruz kaldığı yabancı ot çeşidi ve sayısı da değişkenlik göstermektedir. Dolaylı kayıpların meydana gelmesinin yanı sıra ürünün kalitesinin düşmesi, tohumluk değerinin azalması, hasadı zorlaştırması, üretim maliyetini arttırması, bitki hastalıklarına ve zararlı böceklere üreme ve beslenme alanı oluşturması gibi dolaylı zararları da söz konusudur (Anonim 6).

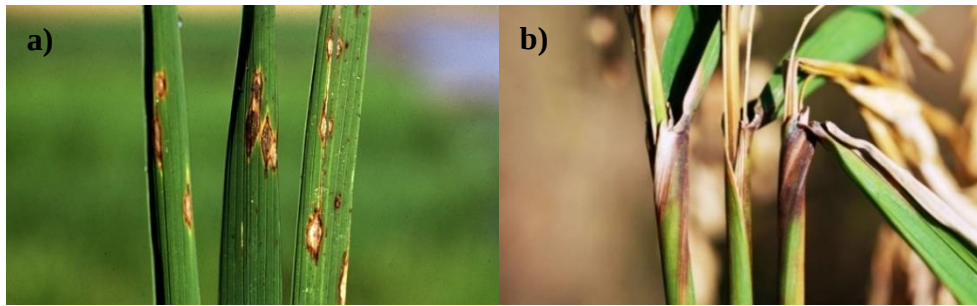
Çeltik tarımında yabancı otlar ile mücadele edilmediği takdirde bitkide birçok hastalık meydana gelmekte ve bu durum pirinç verimini etkileyerek ürün kaybına neden olmaktadır. Zarar miktarı yabancı ot türüne ve yoğunluğuna, yetiştirme teknolojisine bağlı olarak %15 ile %100 arasında değişkenlik göstermektedir (Anonim 6).

Çeltik tarlalarında yabancı ot yayılımı sulama sistemi, sel suları ve hayvan otlamaları ile gerçekleştiği gibi bulaşık tohum kullanımı ve steril edilmemiş gübrelerin kullanılması, kullanılan aletler ve rüzgarla da meydana gelmektedir. Gelişme yetenekleri çeltik bitkisine oranla daha yüksek olduğundan genellikle çeltik bitkisi bu rekabete dayanamaz ve gelişimi yavaşlar, boyu kısa kalır, kardeşlenme yeterli sayıda gerçekleşmez ve alınan hasat istenilen kalite ve miktarda olmaz (Akkoyunlu 2005).

Çeltik tarlalarında yetişen yabancı otlardan kurbağa kaşığı (*Alisma plantago-aquatica*), at kuyruğu (*Equisetum arvense*) ve su menekşesi (*Butomus umbellatus*) tek çenekli ve tohum, rizom ve stolonları ile üreme sağlarlar. En çok karşılaşılan yabancı ot darıcan (*E. crus-galli*) ve yabani darı (*Panicum spp.*) ise yalnızca tohumları ile ürerler. Kışın aktif olmayan bu bitkiler toprakta tohum veya rizom, ürün içinde tohum olarak varlıklarını sürdürürler. İlkbaharın gelmesi ve havaların ısınması ile gelişmeye başlayarak Haziran ve Temmuz ayı sonuna kadar tavaları istila ederler. (Akkoyunlu 2005).

Çeltik tarlalarında yoğun olarak bulunan türler ise *E. crus-galli* ve *C. difformis* olarak bilinmektedir (Chang 1970). Diğer yabancı otların aksine darıcan ve baraj otu (*Diplachne fusca*) benzer kök yapısı, aynı besinleri tüketmesi ve çeltik bitkisi ile benzer gelişim evreleri göstererek beraber çimlenmesi nedeniyle diğer yabancı ot türlerine kıyasla çeltikte daha şiddetli rekabete neden olurlar (Anonim 6).

Çeltikteki en önemli yabancı ot olan darıcan bitkisinin ortamdaki yoğunluğuna göre çeltikte neden olduğu ürün kayıpları değişkenlik göstermektedir. Fide ve gelişme devrelerinde morfolojik olarak çeltik bitkisine çok benzediği için mücadelesi daha da zorlaşmaktadır. Darıcan ortamda bulunmadığında çeltikte verim 580 kg/da olurken metrekarede 10 adet darıcan bulunduğunda verim 350 kg/da'a kadar düşmekte ve %40 oranında ürün kaybı olmaktadır. Metrekaredeki darıcan sayısı 10 olduğunda ise verim 200 kg/da olurken, verim kaybı %66'ya ulaşmaktadır (Smith vd. 1977)



Şekil 2.13. a) Yaprakta çeltik yanığı hastalığı (Anonim 7) **b)** Bitkinin yaprak kınında çeltik yanığı (Anonymus 7)

2.9. Çeltik Tarımında Yabancı Ot Mücadelesi

Çeltik tarlalarında yabancı ot mücadelesi elle yolma veya herbisitlerin kullanılması ile yapılmaktadır. Mücadele edilecek yabancı ot için uygun herbisit seçilmeden önce yabancı ot türlerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu türlere uygun

ticari ürün seçilerek zamanında ve doğru dozda uygulama yapılmalıdır. Bu hususlara dikkat edilmediği takdirde tekrar ilaçlama zorunluluğu doğabilir. Gereğinden fazla herbisit kullanımı ise maliyeti arttırmakta ve çevre kirliliğine sebep olabilmektedir.

Kullanılan herbisitlerin aktif maddeleri, formülasyonları ve etiketi birbirinden farklıdır. Kullanım zamanı, uygulama dozu, kullanım şekli ve karışabilirlik durumları ürün etiketinde belirtilmektedir. Uygulayıcıların ürünleri bilinçli bir şekilde ve etikete uygun olarak kullanmaları gerekmektedir. Kullanılan sırt tipi pülverizatörlere etikette yazan doza uygun şekilde herbisit-su karışımı koyularak alan ilaçlanmaktadır. Kullanılan ürüne ve ilaçlama aletine göre koyulan su miktarı değişiklik göstermesine rağmen 25-40 litre sırt pülverizatöründe yaklaşık 40-60 litre su kullanılmaktadır (Anonim 2).

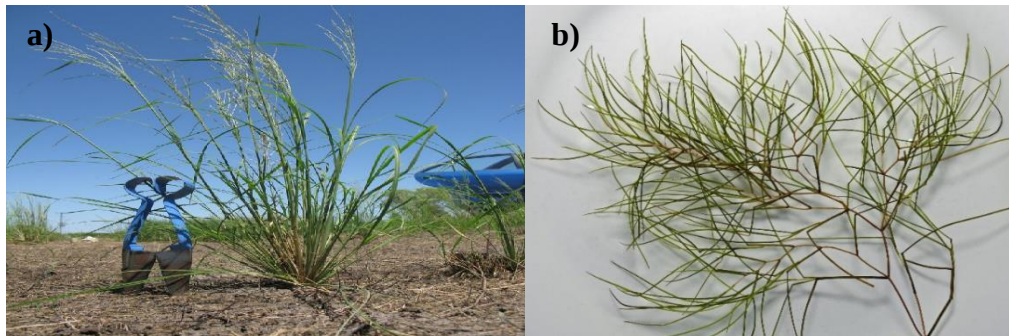
Tavaların kuru veya ıslak olma durumuna göre kullanılacak ürünler de değişkenlik göstermektedir. Tavalar kuru iken uygulama gerekliyse alandaki su boşaltılarak 24-36 saat beklenir. Bekleme süresi dolduktan sonra alandaki tüm bitkilerin herbisit ile teması sağlanacak şekilde uygulama yapılır ve uygulamadan 48saat sonra tavalara tekrar su verilir (Anonim 2).

Çizelge 2.2. Çeltik tarımındaki yabancı otlara karşı kullanılan yaygın herbisitler ve etki ettikleri yabancı otlar

YABANCI OT (ZARARLI)	KULLANILAN HERBİSİT
Kız otu (<i>Cyperus difformis</i>) Güvercinayağı (<i>Ammannia coccinea</i>) Kurbağa kaşığı (<i>Alisma plantago-aquatica</i>) Sandalye sazi/Kındıra (<i>Scirpus mucronatus</i>)	BENTAZONE+MCPA
Darıcan (<i>Echinochloa crus-galli</i>) Çeltiksi darıcan (<i>Echinochloa oryzoides</i>) Biber otu (<i>Polygonum lapathifolium</i>) Kız otu (<i>Cyperus difformis</i>)	B. SODIUM
Darıcan (<i>Echinochloa crus-galli</i>) Su ayrığı (<i>Paspalum paspaloides</i>) Çeltiksi darıcan (<i>Echinochloa oryzoides</i>) Baraj otu (<i>Diplachne fusca</i>)	C. BUTYL
Darıcan (<i>Echinochloa crus-galli</i>) Dip otu (<i>Lindemia dubia</i>) Çeltiksi darıcan (<i>Echinochloa oryzoides</i>) Kurbağa kaşığı (<i>Alisma plantago-aquatica</i>)	QUINCLORAC

Çizelge 2.2.'nin devamı

Çeltiksi darıcan (<i>Echinochloa oryzoides</i>) Yabani darı (<i>Panicum spp.</i>) Kurbağa kaşığı (<i>Alisma plantago-aquatica</i>) Kız otu (<i>Cyperus difformis</i>)	OXADIAZON
Darıcan (<i>Echinochloa crus-galli</i>) Çatalotu (<i>Digitaria sanguinalis</i>) Çeltiksi darıcan (<i>Echinochloa oryzoides</i>) Baraj otu (<i>Diplachne fusca</i>)	CLOMAZONE



2.10. Herbisitler

Dünya nüfus oranının hızlı artışının sebep olduğu temiz gıdaya ulaşım gün geçtikçe zorlaşmaktadır. Bunun yanı sıra ülkemizin de dahil olduğu çoğu coğrafyada ekilebilir alanların oranındaki azalma, üretim alanlarının sabit kalması da gıda teminatını etkileyen faktörlerdendir. Ulaşılabilir tarımsal ürünlerin kalite ve verimini arttırmak amacıyla modern tarım teknikleri geliştirilmektedir. Geliştirilen bu tekniklerin uygulanması ve kullanılan ekipmanlar konusunda dikkat edilmesi gerekmektedir. Üretim alanlarında bitki koruma amacıyla kullanılan pestisitler de bu ekipmanın tamamlayıcı bir parçasıdır (Mengüç 2018).

Kimyasal mücadele içerisinde zararlı organizmayı öldürmek veya popülasyonu kontrol altında tutabilmek için kullanılan maddeler pestisitlerdir (Torun 2017). Hastalık, yabancı ve zararlı otlar dünya genelinde tarımsal üretimi olumsuz etkileyen en önemli unsurlar arasında birinci sırada yer almaktadır. Üreticiler tarımsal üretimden elde ettikleri verimi ve kaliteyi arttırmak amacıyla tarımda modern teknikleri ve tamamlayıcı uygulamalarını başarılı bir biçimde uygulamalıdır. Tamamlayıcı uygulamaların başında pestisit kullanımı yer almaktadır. Pestisit kullanımı tarımsal bir mücadele yöntemi olmakla beraber bitkiyi hastalık etmenlerine veya yabancı ot oluşumuna karşı korumak ve üretimdeki kaliteyi arttırmak amacıyla tercih edilmektedir (Tiryaki vd. 2010).

Herbisitlerin uygulanabilirliklerinin kolay olması ve çevresel faktörlerden çok etkilenmemeleri üreticiler tarafından tercih edilmelerini kolaylaştırmaktadır. Mengüç 2020 yılındaki verilerine göre Türkiye’de kullanılan pestisitler içerisinde herbisitler %27,4’lük bir kısmı oluşturmaktadır (Özercan ve Taşçı 2022).

Çizelge 2.3. Türkiye pestisit kullanımının pestisit gruplarına göre kullanım miktarı ve dağılımı (TÜİK 2022; Özercan ve Taşçı 2022)

Pestisit Grupları	Kullanım Miktarı (kg-lt)	%
Fungusit	20.600.000	38,4
Herbisit	13.250.000	24,7
İnsektisit	12.347.000	23,0
Akarisit	2.200.000	4,1
Rodentisit+Mollusit	280.000	0,5
Diğerleri	4.995.000	9,3
Toplam	53. 672.000	100

2.10.1. Herbisit toksisitesi

Tarım alanlarında yabancı ot mücadelesi için kullanılan herbisitlerin hedef dışı organizmalar üzerinde doğrudan çeşitli etkileri mevcuttur. Etkilerinin çeşitliliği fazla olduğundan aynı sınıfta bulunan herbisitler dahi aynı canlılar üzerinde farklı toksik etki göstermektedirler (Zaller ve Brühl 2021).

Uygulanan kimyasal pestisitlerin %0.015-6'sı hedef canlı üzerinde etki gösterirken, kalan %94-99.9'luk kısım ise hedef dışı organizmalara etki etmektedir. Canlılar üzerindeki etkisi dışında pestisitler toprağa ulaşmakta ya da çevresel faktörler sebebiyle (akıntı, sürüklenme vs.) su kaynaklarına taşınmaktadırlar (Yıldız 2005). Herbisitlerin kuşlar, arılar, mikroorganizmalar ve balıklar gibi hedef olmayan organizmalar üzerinde ölüm, üreme potansiyellerinde düşüş, gelişme sürelerinde değişim, yaşadıkları ekosistem üzerinde ve tür sayılarında değişkenlikler gibi olumsuz etkileri mevcuttur (Henderson vd. 2010; Solomon vd. 2014).

Herbisitlerin canlılar üzerindeki etkileri doğrudan veya dolaylı yollarla olabilmektedir. Örneğin herbisit uygulanan alanlarda yaşamını sürdüren balıkların ölümü doğrudan etki ile mevcut herbisit uygulaması sebebiyle sudaki oksijen miktarının azalmasından kaynaklı balık ölümleri ise dolaylı yoldan etki ile gerçekleşmektedir (Günçan 1977).

En çok tercih edilen glifosat etken maddesi ekotoksosite açısından en çok çalışılan herbisitlerden biridir. Yapılan bir araştırmada %41 oranında glifosat içeren ticari bir herbisit in öldürücü olmayan dozda (1 ppm) kurbağa yavruları (*Lithobates catesbeiana*) üzerindeki 48 saatlik toksisitesi incelenmiştir. Araştırma sonucunda karaciğerde katalaz enzim aktivitesinin arttığı, lipitlerde oksidatif hasarın arttığı ve bu toksik etkide oksidatif stresin rol oynadığı görülmüştür. Glifosatın kurbağa yavrularının yaşam performansı üzerinde etkili olabileceği ve hayatta kalma oranlarını tehlikeye atabileceği kanıtlanmıştır (Costa vd. 2008).

Herbisitlerin biyolojik etkinlikleri içerdikleri aktif maddeye bağlı olduğu için etki ettikleri hedef dışı organizmalar üzerindeki yan etkileri de değişkenlik göstermektedir. Phenoxy bileşikleri gelişmiş bitki türlerinin büyüme hormonları üzerinde etki gösterdiğinden ve Triazin grubu herbisitler bitkilerin fotosentez sistemini olumsuz etkilediği için insanlar, hayvanlar ve diğer mikroorganizmalar için düşük toksisiteye sahiptirler. Bunun yanı sıra Dinitrophenoller gelişmiş bitkilerde solunumu olumsuz etkilediği için diğer canlıların da solunumu üzerinde etkili olmaktadır (Günçan 1977).

Ülkemizde de kullanım alanı ve miktarı gün geçtikçe artmakta olan herbisitler diğer tarım alanlarında olduğu gibi çeltik üretiminin ekim ve hasat safhalarında darıcan, kız otu ve baraj otu vb. çeltik bitkisinin kalitesini ve verimini azaltan yabancı otlara karşı kullanılmaktadır. Bu bağlamda mücadelede glifosat, atrazin, oxadiazon, clomazone, cyhalofop butyl, quinclorac, bispyribac sodium, bentazone+MCPA vb aktif maddeler

kullanılmaktadır. Aktif maddelerin kullanımı bitkinin hangi gelişim evresinde olduğuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Örneğin oxadiazon ve clomazone tarım alanı su altında değilken yani toprağın kuru olduğu aşamada uygulanırken, cyhalofop butyl, quinclorac, bispyribac sodium ve bentazone+MCPA toprak su altındayken alana uygulanır.

Çizelge 2.4. Çeltik tarımında kullanılan bazı herbisitlerin kimyasal sınıfları ve etki mekanizmaları

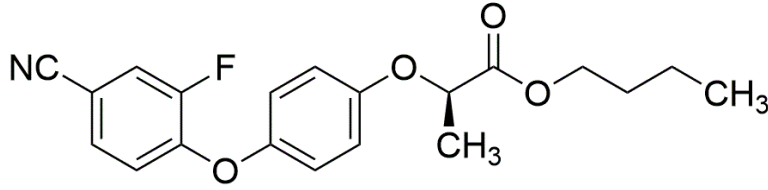
Etki Mekanizması	Kimyasal Sınıf	Etken Madde
Asetolakto sentetaz (ALS) Enzimi Engelleyicileri	Pyrimidinyl (thio) benzoate	Bispyribac-Na
Fotosentez Engelleyiciler	Benzothiadiazinone	Bentazone+MCPA
PPO (Protoporfirinojen oksidaz) Enzimi Engelleyiciler	Oxadiazole	Oxadiazon
Pigment Engelleyiciler	Isoxazolidinone	Clomazone
Asetil CoA Karboksilaz (ACCCase) Enzimi Engelleyiciler	Aryloxyphenoxypropionate 'FOP's	Cyhalofop-butyl
Hücre Duvarı Sentezi (Selüloz) İnhibitörleri	Quinoline carboxylic acid	Quinclorac

2.10.2. Herbisitlerin sınıflandırılması

Herbisitlerde kullanılan kimyasal grupları sınıflandırma sistemi HRAC (Herbicide Resistance Action Committee/Herbisit Direnç Eylem Komitesi) ve WSSA (Weed Science Society of America) gruplarında yer alan yabancı ot mücadelesi ile ilgilenen bilim kurulları tarafından yapılmaktadır.

HRAC Grup: A: ACCCase İnhibitörleri (Cyhalofop-butyl)

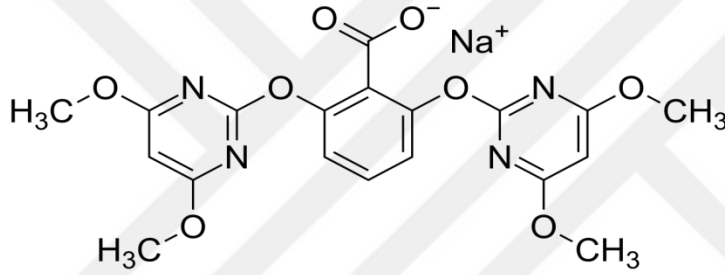
Cyhalofop-butyl benzeri herbisitler ACCCase enzim faaliyetini engelleyerek etki göstermektedirler (Torun 2017). Kloroplast organelinde yağ asit sentezini katalize eden ACCCase enzimi, hücre gelişimi için önem arz eden yeni membranların yapımında kullanılan fosfolipidlerin üretimini blok eder. Bitkilerin yaprakları tarafından absorbe edilen bu herbisit grubu floem aracılığı ile meristem dokulara ulaşarak büyümeyi engeller (Yang vd. 2010).



Şekil 2.17. Cyhalofop butyl herbisitinin kimyasal formülü (Anonymus 9)

HRAC Grup: B: ALS İnhibitörleri (Bispyribac-sodium)

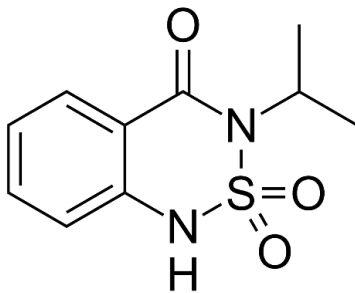
Asetolakto sentetaz enzimi izolösün, lösün ve valin gibi zincir aminoasitlerin biyosentezinde görevli önemli bir enzimdir. ALS enziminin inhibisyonu sonucunda daha az zincirli aminoasit sentezi gerçekleşir ve bu nedenle bitkilerde nekroz meydana gelir. Kök ve yaprak tarafından kolaylıkla absorbe edilen bu herbisit grubu, floem ve ksilem aracılığı ile büyüme noktalarına ulaşır ve bitkinin solmasına ardından ölümüne neden olur (Zöngür 2022).



Şekil 2.18. Bispyribac sodium herbisitinin kimyasal formülü (Anonymus 10)

HRAC Grup C3: PSII'de Fotosentez İnhibitörleri (Bentazone+MCPA)

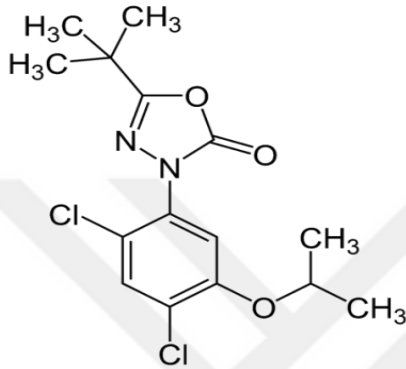
Bu gruptaki herbisitler kloroplast organelindeki D1 proteinine bağlanma şekillerine göre 3 farklı alt başlıkta incelenmektedir. Bentazone+MCPA benzeri herbisitler kloroplastların tilakoid membranlarındaki D1 proteinine bağlanarak fotosistem II'deki işleyişi bozar ve fotosentez reaksiyonunu engeller. Fotosentezin engellenmesi sonucunda karbondioksit fiksasyonu ve elektron transferi engellenir. Bitki bünyesinde ATP ve NADPH₂ üretimi bloklanır. Bitki büyüme ve gelişimi için gerekli olan enerji üretimi engellendiği için bitki ölüme gider (Zöngür 2022).



Şekil 2.19. Bentazone herbisitinin kimyasal formülü (Anonymus 11)

HRAC Grup: E: PPO İnhibitörleri (Oxadiazon)

Klorofil enzimi olan PPO (Protoporfirinojen oksidaz) veya protox'u inhibe ederler. Protoporfirinojen IX'in (PPGIX) protoporphyrin IX'e (PPIX) oksidasyonunu hızlandırmaktadır. Enzimin inhibisyonu klorofil üretiminin engellenmesine neden olur. Ayrıca enzimin inhibisyonu oldukça reaktif moleküllerin oluşmasına neden olarak lipidleri ve membran proteinlerinin yapısının bozulmasına da sebebiyet vermektedir. Hücre membranlarındaki lipidler tahrip edildiğinde, hücre bütünlüğü kaybedilir ve kurur. Nihayetinde bitki ölümü meydana gelir (Nwani vd. 2010; Zöngür 2022)

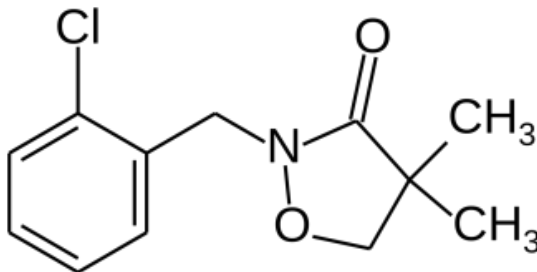


Şekil 2.20. Oxadiazon herbisitinin kimyasal formülü (Anonymus 12)

HRAC Grup:12,13 ve 27: Karotenoid Biyosentezi İnhibitörleri (Clomazone)

Bitki dokularını beyazlatarak doku hasarına neden olan bu herbisitler bitki yaprakları ile temas ederek fotosentez için gerekli olan klorofil pigmentini yok ederler. Karotenoid biyosentezinin inhibisyonu sonucunda hücre zarında parçalanmalar meydana gelmekte ve bitkinin hızlı bir şekilde solmasıyla ölüm meydana gelmektedir (Zöngür 2022).

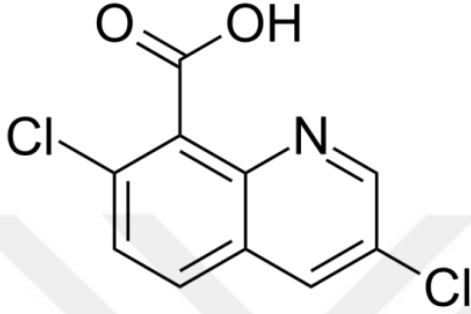
Clomazone, clomazone 5-keto formuna katalize olarak herbisit özelliği kazanmıştır. Kazandığı bu form sayesinde plastid isoprenoid sentezinde oldukça önemli bir yapı olan 1-deoxy-D-xyulose 5- phosphate synthase'ni (DOXP) inhibe ederek bitkinin ölümüne neden olmaktadır.



Şekil 2.21. Clomazone herbisitinin kimyasal formülü (Anonymus 13)

HRAC Grup: O: Hücre Duvarı (Selüloz) Sentezi İnhibitörleri (Quinclorac)

Grup O bünyesinde olan quinclorac ise hücre duvarının sahip olduğu esnekliğe ve nükleik asit metabolizmasına zarar vererek selüloz üretimini engellemektedir. Hücre duvarı oluşturamayan hücreler ölüme gider ve bitkinin gelişimi durur. Düşük konsantrasyonlarda oksin benzeri herbisitlerin bitki bünyesine alınmasıyla RNA, DNA ve protein sentezinde artış meydana gelmektedir. Bu artış, kontrolsüz hücre bölünmesi ve gelişmesine neden olarak ksilem ve floemde tahribat meydana getirmektedir (Ateş 2021).



Şekil 2.22. Quinclorac herbisitinin kimyasal formülü (Anonymus 14)

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Sivrisineklerin Kültür Bakımı

Cx. pipiens ve *Ae. aegypti* sivrisinek türleri 2007 yılından itibaren Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Vektör Ekolojisi ve Kontrolü Laboratuvarı'nda kültüre alınmıştır. Laboratuvarda bireylerin gelişimini ve kültürün sürekliliğini sağlamak amacıyla günlük kontrolleri yapılarak besin ihtiyaçları kan, balık yemi, şekerli su ve aminoasit çözeltisi ile sağlanmıştır.

Cx. pipiens saha popülasyonu larvaları ise Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Vektör Ekolojisi ve Kontrolü Laboratuvarı'nın saha denemeleri bahçesindeki su havuzlarından 2019 yılında toplanarak laboratuvar ortamında kültüre alınmıştır.

Sivrisinek kafesleri her gün düzenli olarak kontrol edilerek bırakılan yumurtalar gelişmeleri için uygun plastik su kaplarına alınıp etüve yerleştirilmiştir. Kaplardaki su habitatında yumurtadan larva evresine geçişleri sağlanmıştır. Larva evresinden pupa evresine geçişleri farkedilen bireyler ergin evreye geçmeleri için tekrar kültür kafesine alınmıştır. Bu süreç iki sivrisinek türü için de her nesilde tekrar edilmiştir. Kültüre alınan sivrisinekler $24\pm2^{\circ}\text{C}$, $\%60\pm10$ bağıl nem ve 12:12 aydınlık ve karanlık fotoperiyot koşullarında tutulmuştur.



Şekil 3.1. Sivrisinek kültür odası

3.2. Toksisite Testleri

Toksisite deneylerine 2020 yılı Haziran ayı itibariyle başlanılmıştır. Herbisitlerin farklı konsantrasyonlarının *Cx. pipiens* ve *Ae. aegypti* larvaları üzerindeki etkilerini test etmek amacıyla çeltik tarım alanlarında yabancı ot mücadelesi için tercih edilen altı

herbisit (bentazone+MCPA, bispyribac sodium, cyhalofop butyl, quinclorac, oxadiazon, clomazone) tercih edilmiştir. Her bir aktif madde için bir tane olmak üzere altı bağımsız toksikoloji testi oluşturulmuştur. Her herbisit deneyi için bir kontrol ve üç artan herbisit konsantrasyonu (etiket dozu, iki kat doz ve dört kat doz) ve üç farklı popülasyon ve iki farklı evre larvadan (1.-2. evre, 3.-4. evre) oluşan en az dört tekrarlı (n=504 kap/herbisit deneyi) deney düzeneği oluşturulmuştur.

Larvalar eklenmeden en az iki saat önce 1000 ml'lik gıda sınıfı plastik kaplara 500 ml çeşme suyu eklenmiş ve dinlendirilmiştir. Kontrol grubu hariç 171 cm²'lik plastik kaplara farklı uygulama dozlarında hazırlanmış herbisit içeren 1 ml solüsyon eklenmiş ve homojenite sağlanması amacıyla karıştırılmıştır. Oluşturulan ortamlara her kap için 10 larva eklenmiştir. Etkinliği araştırılan her doz için en az dört tekrar kurulmuştur. Oda sıcaklığında takip edilen kapların üstü bireylerin ergin evreye ulaşmaları ve kaçışlarını engellemek amacıyla aynı plastik kap ile kapatılmıştır.

Larvaların gelişim süreçleri günlük olarak gözlemlenmiştir. Larva ve pupa evresindeki ölüm oranı, pupalaşma ve erginleşme oranları bireylerin yaşam döngüleri tamamlanana dek 24 saat aralıklarla kayıt edilmiştir. Tüm denemeler 26±2 °C sıcaklık, 60±10% nem ve 12 saat aydınlık, 12 saat karanlık fotoperiyot koşullarına sahip laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.1. Kullanılan herbisitlerin farklı uygulama dozlarının türler üzerindeki dağılımı

Kullanılan Sivrisinek Popülasyonları	Her aktif maddde için <i>Culex pipiens</i> laboratuvar popülasyonu, <i>Culex pipiens</i> saha popülasyonu ve <i>Aedes aegypti</i> laboratuvar popülasyonu kullanılmıştır.					
Kullanılan Herbisit Aktif Maddeleri	Bentazone +MCPA	Bispyribac Sodium	Cyhalofop Butyl	Quinclorac	Oxadiazon	Clomazone
Herbisit Aktif Madde Oranları	Her aktif madde için etiket dozu , 2 kat doz ve 4 kat doz kullanılmıştır.					

3.3. Elden Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

Larvaların yüzde ölüm oranları, pupaya geçiş oranları, erginleşme süreleri ve oranları farklı iki tür sivrisinek ve uygulanan ürünler ve dozlar açısından istatistiksel karşılaştırması SPSS istatistik analiz programında Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile $p \leq 0.05$ düzeyinde değerlendirilmiştir. Kontrol grubundaki ölüm oranı %5-20 ise Abbott (1925) formülü kullanılarak uygulama ölüm oranı düzeltilmiş, eğer kontrol grubundaki ölüm oranı % 20'den fazla ise denemeler iptal edilip, tekrarlanmıştır.

Çizelge 3.2. Kullanılan herbisitlerin aktif madde adı, ticari adı ve yüzde formülasyon tipleri ile uygulama dozları

ETKİLİ AKTİF MADDE ADI	TİCARİ ADI	ETKİLİ AKTİF MADDE YÜZDESİ VE FORMÜLASYON TİPİ	UYGULAMA DOZLARI		
			1*	2*	4*
Bentazone+MCPA	Aquadex	%25 SL	200 ml/da	400 ml/da	800 ml/da
Bispyribac Sodium	Dalia 400 SC	%42 SC	5 ml/da	10 ml/da	20 ml/da
Cyhalofop Butyl	Fedora	%20 EC	75 ml/da	150 ml/da	300 ml/da
Quinclorac	Otör	%25 SC	200 ml/da	400 ml/da	800 ml/da
Oxadiazon	Dinox CS	%20 CS	150 ml/da	300 ml/da	600 ml/da
Clomazone	Titan 48 EC	%48 EC	70 ml/da	140 ml/da	280 ml/da

4. BULGULAR

4.1. *Culex pipiens* Saha Popülasyonu Herbisit Karşılaştırması

Akdeniz Üniversitesi Merkez Kampüsü'ndeki su küvetlerinden toplanan *Cx. pipiens* türü sivrisineklerin 1,2,3 ve 4. evre larvaları üzerinde altı farklı herbisit taksik etkisi üç farklı dozda (etiket dozu (E.D.), 2 kat doz (2K) ve 4 kat doz (4K)) incelenmiştir. Denemeler en az 4 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre *Cx. pipiens* saha popülasyonuna uygulanan herbisitlerden oxadiazonun tüm evrelerde 2 kat ve 4 kat dozlarında ölüm oranlarının diğer herbisitlere oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. 1 ve 2. evre larvalarda ölüm oranları sırasıyla %35,1 ve %90 iken 3 ve 4. evre larvalarda %37,5 ve %70 olarak tespit edilmiştir. Cyhalofop butyl uygulanan deneme gruplarının 4 kat dozunda tüm evrelerde sırasıyla %20 ve %22,5 ölüm oranı görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre oxadiazon ve cyhalofop butyl herbisitleri hariç uygulama gruplarının hem kendi aralarında hem de kontrol grubu ile aralarında istatistiksel açıdan belirgin bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.1. *Culex pipiens* saha popülasyonuna ait herbisit maruziyeti sonucu elde edilen ölüm oranları

<i>Culex pipiens</i> Saha Popülasyonu Herbisit Karşılaştırmaları						
	Erken Evrede Maruz Kalan Bireyler (1-2)			Geç Evrede Maruz Kalan Bireyler (3-4)		
HERBİSİT	E.D.	2K	4K	E.D.	2K	4K
Kontrol	2,5±2,16 a ^x	7,5±4,14 a	0±0 a	0±0 a	0±0 a	0±0 a
Bentazone +MCPA	5±2,5 a	0±2,5 a	2,5±2,16 a	0±0 a	0±0 a	10±6,12 ab
B. sodium	5±2,5 a	2,7±3,53 a	0±0 a	0±0 a	5±2,5 a	0±0 a
C. butyl	0±0 a	0±4,14 a	20±11,72 b	0±0 a	0±0 a	22,5±4,14 b
Quinclorac	2,5±2,16 a	2,7±3,53 a	0±0 a	0±0 a	2,5±2,16 a	2,5±2,16 a
Oxadiazon	5±2,5 a	35,1±6,12 b	90±5 c	7,5±4,14 b	37,5±15,56 b	70±7,07 c
Clomazone	2,5±2,16 a	0±2,16 a	0±0 a	0±0 a	2,5±2,16 a	0±0 a
^x : Bir sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiksel bir fark yoktur (p>0,05).						

4.2. *Culex pipiens* Laboratuvar Popülasyonu Herbisit Karşılaştırması

Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Vektör Ekolojisi ve Kontrolü Laboratuvarı'nda 2010 yılından itibaren kültüre alınıp bakımı yapılan hassas popülasyon *Cx. pipiens* türü sivrisineklerin 1,2,3 ve 4. evre larvaları üzerinde altı farklı herbisitın toksik etkisi üç farklı dozda (etiket dozu (E.D.), 2 kat doz (2K) ve 4 kat doz (4K)) incelenmiştir. Denemeler en az 4 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre *Cx. pipiens* popülasyonuna uygulanan herbisitlerden oxadiazonun tüm evrelerin 2 kat doz ve 4 kat dozlarında ölüm oranlarının diğer herbisitlere oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. 1 ve 2. evre larvalarda ölüm oranları sırasıyla %65 %95 iken 3 ve 4. evre larvalarda %10 ve %45 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre oxadiazon hariç uygulama gruplarının hem kendi aralarında hem de kontrol grubu ile aralarında istatistiksel açıdan belirgin bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.2. *Culex pipiens* laboratuvar popülasyonuna ait herbisit maruziyeti sonucu elde edilen ölüm oranları

<i>Culex pipiens</i> Laboratuvar Popülasyonu Herbisit Karşılaştırmaları						
	Erken Evrede Maruz Kalan Bireyler (1-2)			Geç Evrede Maruz Kalan Bireyler (3-4)		
HERBİSİT	E.D.	2K	4K	E.D.	2K	4K
Kontrol	0±0 a ^x	0±0 a	2,5±2,16 a	6,7±5,44 a	0±0 a	0±0 a
Bentazone +MCPA	2,5±2,16 ab	5±2,5 a	17,5±7,39 a	3,54±6,12 a	0±0 a	0±0 a
B. Sodium	5±2,5 ab	12,5±5,44 a	17,5±2,16 a	3,54±6,12 a	2,5±2,16 a	7,5±4,14 a
C. Butyl	12,5±4,14 bc	2,5±2,16 a	17,5±5,44 a	0,86±4,14 a	2,5±2,16 a	2,5±2,16 a
Quinclorac	10±3,53 abc	7,5±6,49 a	2,5±2,16 a	6,22±2,16 a	5±2,5 a	5±2,5 a
Oxadiazon	15±2,5 c	65±10,3 b	95±2,5 b	0±4,33 a	10±8,66 a	45±5,59 b
Clomazone	2,5±2,16 ab	2,5±2,16 a	2,5±2,16 a	3,54±6,12 a	7,5±4,14 a	2,5±2,16 a
^x : Bir sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiksel bir fark yoktur (p>0,05).						

4.3. *Aedes aegypti* Laboratuvar Popülasyonu Herbisit Karşılaştırması

Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Vektör Ekolojisi ve Kontrolü Laboratuvarı'nda 2010 yılından itibaren kültüre alınıp bakımı yapılan *Ae. aegypti* türü sivrisineklerin 1-2-3- ve 4. evre larvaları üzerinde altı farklı herbisitın toksik etkisi üç farklı dozda (etiket dozu (E.D.), 2 kat doz (2K) ve 4 kat doz (4K)) incelenmiştir. Denemeler en az 4 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre *Ae. aegypti* popülasyonuna uygulanan herbisitlerden oxadiazonun tüm evrelerde etiket dozu, 2 kat doz ve 4 kat dozlarında ölüm oranlarının diğer herbisitlere oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. 1 ve 2. evre larvalarda ölüm oranları sırasıyla %75, %65 ve %91,67 iken bu oranlar 3 ve 4. evre larvalarda %15, %29,41 ve %55 olarak tespit edilmiştir. Quinclorac herbisitinin uygulandığı deneme gruplarında ise her evrede 4 kat doz için ölüm oranları sırasıyla %80 ve %60 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre uygulama gruplarının hem kendi aralarında hem de kontrol grubu ile aralarında istatistiksel bir fark bulunmuştur.

Çizelge 4.3. *Aedes aegypti* laboratuvar popülasyonuna ait herbisit maruziyeti sonucu elde edilen ölüm oranları

	<i>Aedes aegypti</i> Laboratuvar Popülasyonu Herbisit Karşılaştırmaları					
	Erken Evrede Maruz Kalan Bireyler (1-2)			Geç Evrede Maruz Kalan Bireyler (3-4)		
HERBİSİT	E.D.	2K	4K	E.D.	2K	4K
Kontrol	2,5±2,16 a ^x	0±0 a	10±3,53 a	0±0 a	15±2,5 a	0±0 a
Bentazone +MCPA	2,5±2,16 a	10±3,53 a	8,3±10,23 a	0±0 a	0±2,16 a	5±4,33 a
B. Sodium	10±6,12 a	2,5±2,16 a	11,1±9,35 a	7,5±2,16 ab	0±0 a	0±0 a
C. Butyl	7,5±2,16 a	7,5±6,49 a	5,56±7,5 a	2,5±2,16 ab	0±6,49 a	5±2,5 a
Quinclorac	15±4,33 a	27,5±7,39 a	80,56±8,92 b	10±6,12 ab	5,9±3,53 ab	60±15,41 b
Oxadiazon	72,5±8,92 b	65±7,5 b	91,67±2,16 b	15±5,59 b	29,41±14,14 b	55±10,30 b
Clomazone	12,5±2,16 a	20±14,57 a	16,67±5,59 a	7,5±2,16 ab	0±4,14 a	0±0 a
^x : Bir sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiksel bir fark yoktur (p>0,05).						

4.4. *Culex pipiens* Saha Popülasyonu Doz Karşılaştırması

Akdeniz Üniversitesi Merkez Kampüsü'ndeki su küvetlerinden toplanan *Cx. pipiens* türü sivrisineklerin 1,2,3 ve 4. evre larvaları üzerinde altı farklı herbisitın toksik etkisi üç farklı dozda (etiket dozu (E.D.), 2 kat doz (2K) ve 4 kat doz (4K)) incelenmiştir. Denemeler en az 4 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre *Cx. pipiens* saha popülasyonuna uygulanan herbisitlerden oxadiazonun dozu arttıkça ölüm oranlarında artış olduğu tespit edilmiştir. 1 ve 2. evre larvalarda ölüm oranları sırasıyla %5, %35,1 ve %90 iken 3 ve 4. evre larvalarda %7,7, %37,5 ve %70 olarak tespit edilmiştir. Diğer herbisitlerde doz ile doğru orantılı bir ölüm artışı gözlenmemiştir. Elde edilen sonuçlara göre oxadiazon hariç uygulama gruplarının hem kendi aralarında hem de kontrol grubu ile aralarında istatistiksel açıdan belirgin bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.4. *Culex pipiens* saha popülasyonuna ait doz karşılaştırmaları için elde edilen ölüm oranları

		<i>Culex pipiens</i> Saha Popülasyonu Doz Karşılaştırmaları						
		Erken Evrede Maruz Kalan Bireyler (1-2)			Geç Evrede Maruz Kalan Bireyler (3-4)			
HERBİSİT	Kontrol	E.D.	2K	4K	Kontrol	E.D.	2K	4K
Bentazone +MCPA	3,33±4,42 a^x	5±2,5 a	0±2,5 a	2,5±2,16 a	0±0 a	0±0 a	0±0 a	10±6,12 b
B. Sodium	3,33±4,42 ab	5±2,5 ab	2,7±3,53 b	0±0 a	0±0 a	0±0 a	5±2,5 b	0±0 a
C. Butyl	3,33±4,42 ab	0±0 a	0±4,14 ab	20±11,72 b	0±0 a	0±0 a	0±0 a	22,5±4,14 b
Quinclorac	3,33±4,42 ab	2,5±2,16 ab	2,7±3,53 b	0±0 a	0±0 a	0±0 a	2,5±2,16 a	2,5±2,16 a
Oxadiazon	3,33±4,42 a	5±2,5 a	35,1±6,12 b	90±5 c	0±0 a	7,5±4,14 a	37,5±15,56 b	70±7,07 c
Clomazone	3,33±4,42 a	2,5±2,16 a	0±2,16 a	0±0 a	0±0 a	0±0 a	2,5±2,16 a	0±0 a
^x : Bir satırda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiksel bir fark yoktur (p>0,05).								

4.5. *Culex pipiens* Laboratuvar Popülasyonu Doz Karşılaştırması

Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Vektör Ekolojisi ve Kontrolü Laboratuvarı'nda 2010 yılından itibaren kültüre alınıp bakımı yapılan hassas popülasyon *Cx. pipiens* türü sivrisineklerin 1-2-3 ve 4. evre larvaları üzerinde altı farklı herbisitın toksik etkisi üç farklı dozda (etiket dozu (E.D.), 2 kat doz (2K) ve 4 kat doz (4K)) incelenmiştir. Denemeler en az 4 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre *Cx. pipiens* popülasyonuna uygulanan herbisitlerden oxadiazonun dozu arttıkça ölüm oranlarında artış olduğu tespit edilmiştir. 1 ve 2. evre larvalarda ölüm oranları sırasıyla %15, % 65, %95 iken 3 ve 4. evre larvalarda %0, %10 ve %45 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre oxadiazon hariç uygulama gruplarının hem kendi aralarında hem de kontrol grubu ile aralarında istatistiksel açıdan belirgin bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.5. *Culex pipiens* laboratuvar popülasyonuna ait doz karşılaştırmaları için elde edilen ölüm oranları

		<i>Culex pipiens</i> Laboratuvar Popülasyonu Doz Karşılaştırmaları						
		Erken Evrede Maruz Kalan Bireyler (1-2)			Geç Evrede Maruz Kalan Bireyler (3-4)			
HERBİSİT	Kontrol	E.D.	2K	4K	Kontrol	E.D.	2K	4K
Bentazone+ MCPA	0,83±1,96 a ^x	2,5±2,16 a	5±2,5 a	17,5±7,39 b	2,23±4,01 a	3,54±6,12 a	0±0 a	0±0 a
B. sodium	0,83±1,96 a	5±2,5 ab	12,5±5,44 bc	17,5±2,16 c	2,23±4,01 a	3,54±6,12 a	2,5±2,16 a	7,5±4,14 a
C. butyl	0,83±1,96 a	12,5±4,14 b	2,5±2,16 a	17,5±5,44 b	2,23±4,01 a	0,86±4,14 a	2,5±2,16 a	2,5±2,16 a
Quinclorac	0,83±1,96 a	10±3,53 a	7,5±6,49 a	2,5±2,16 a	2,23±4,01 a	6,22±2,16 b	5±2,5 ab	5±2,5 ab
Oxadiazon	0,83±1,96 a	15±2,5 b	65±10,3 c	95±2,5 d	2,23±4,01 a	0±4,33 a	10±8,66 a	45±5,59 b
Clomazone	0,83±1,96 a	2,5±2,16 a	2,5±2,16 a	2,5±2,16 a	2,23±4,01 a	3,54±6,12 a	7,5±4,14 a	2,5±2,16 a

^x: Bir sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiksel bir fark yoktur (p>0,05).

4.6. *Aedes aegypti* Laboratuvar Popülasyonu Doz Karşılaştırması

Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Vektör Ekolojisi ve Kontrolü Laboratuvarı'nda 2010 yılından itibaren kültüre alınıp bakımı yapılan *Ae. aegypti* türü sivrisineklerin 1-2-3 ve 4. evre larvaları üzerinde altı farklı herbisitın toksik etkisi üç farklı dozda (etiket dozu (E.D.), 2 kat doz (2K) ve 4 kat doz (4K)) incelenmiştir. Denemeler en az 4 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre *Ae. aegypti* popülasyonuna uygulanan herbisitlerden oxadiazonun dozu arttıkça ölüm oranlarında artış olduğu tespit edilmiştir. 1 ve 2. evre larvalarda ölüm oranları sırasıyla %75, %65 ve %91,67 iken bu oranlar 3 ve 4. evre larvalarda %15, %29,41 ve %55 olarak tespit edilmiştir. Quiclorac herbisitinin uygulandığı deneme gruplarında her evrede 4 kat doz için ölüm oranları sırasıyla %80 ve %60 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre uygulama gruplarının hem kendi aralarında hem de kontrol grubu ile aralarında istatistiksel bir fark bulunmuştur.

Çizelge 4.6. *Aedes aegypti* laboratuvar popülasyonuna ait doz karşılaştırmaları için elde edilen ölüm oranları

<i>Aedes aegypti</i> Laboratuvar Popülasyonu Doz Karşılaştırmaları								
HERBİSİT	Kontrol	Erken Evrede Maruz Kalan Bireyler (1-2)			Kontrol	Geç Evrede Maruz Kalan Bireyler (3-4)		
		E.D.	2K	4K		E.D.	2K	4K
Bentazone+ MCPA	4,16±4,53 a ^x	2,5±2,16 a	10±3,53 a	17,5±10,23 a	5±5,41 a	0±0 a	0±2,16 a	5±4,33 a
B. Sodium	4,16±4,53 ab	10±6,12 ab	2,5±2,16 a	20±9,35 b	5±5,41 a	7,5±2,16 a	0±0 a	0±0 a
C. Butyl	4,16±4,53 a	7,5±2,16 a	7,5±6,49 a	15±7,5 a	5±5,41 a	2,5±2,16 a	0±6,49 a	5±2,5 a
Quinclorac	4,16±4,53 a	15±4,33 ab	27,5±7,39 b	82,5±8,92 c	5±5,41 a	10±6,12 a	5,9±3,53 a	60±15,41 b
Oxadiazon	4,16±4,53 a	72,5±8,92 b	65±7,5 b	92,5±2,16 c	5±5,41 a	15±5,59 a	29,41±14,14 b	55±10,30 b
Clomazone	4,16±4,53 a	12,5±2,16 a	20±14,57 a	25±5,59 a	5±5,41 ab	7,5±2,16 ab	0±4,14 b	0±0 a
^x : Bir sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiksel bir fark yoktur (p>0,05).								

4.7. Sivrisinek Larvalarında Herbisit Maruziyeti Sonucu Meydana Gelen Morfolojik Değişimler



Şekil 4.1. Sivrisinek larvalarının herbisit maruziyeti sonucu geçirdikleri morfolojik değişimler; **a)** *Culex pipiens* larva ve pupa, **b)** Kontrol grubu pupa, **c)** Kontrol grubu larva sifon yapısı, **ç)** Quinclorac'a maruz kalan larva, **d)** Bentazone+MCPA'ya maruz kalan pupa, **e)** C.butyl'e maruz kalan pupa, **f)** Clomazone'a maruz kalan larva ve pupa, **g)** B.sodium'a maruz kalan pupa, **h)** Oxadiazon'a maruz kalan larva, **ı)** Oxadiazon'a maruz kalan pupa

Herhangi bir herbisit maruziyeti olmayan kontrol grubunda sivrisinek larvalarında herhangi bir morfolojik değişiklik tespit edilmemiştir. Fakat herbisitler ile işleme tabi tutulan larvalarda vücut formunda bükülmeler, cephalon kısmında şişme ve koyulaşma, koyu renkli gövde, kütikül pigmentasyonu, sifon kısmında erime, gövdede incelme veya kalınlaşma gibi morfolojik değişiklikler tespit edilmiştir.



5. TARTIŞMA

Yaşamın sürekliliği canlı ve cansız çevrenin etkileşimi ile gerçekleşmektedir. Her bir canlının yaşamı direkt veya dolaylı olarak bir diğer canlının varlığına bağlıdır. Bugüne kadar tanımlanmış türlerle birlikte henüz tanımlanmamış toplam yedi milyondan fazla türün Dünya ekosisteminde yaşadığı tahmin edilmektedir. Tespit edilen tür sayısının ise iki milyondan fazla olduğu ve bu sayının yarısından fazlasını eklembacaklıların oluşturduğu bilinmektedir. Eklembacaklılar arasında yer alan sivrisinekler su habitatlarında önemli bir konumda olmalarına karşın taşıdıkları bakteri, virüs, fungus vb. hastalık etmenleri ile sıtma, zika, batı nil virüsü, sarıhumma gibi hastalıkların yayılmasında rol oynamaktadırlar. Sivrisinekler insan ve hayvan sağlığını tehdit eden bu hastalıklar ve bunlara karşı yapılan mücadele çalışmaları nedeniyle ekonomik kayıplara ve canlı ölümlerine sebebiyet vermektedirler. Bu nedenle sivrisineklere karşı yürütülen mücadele çalışmaları her yıl daha da önem kazanmakta ve geliştirilmektedir. Kimyasal mücadelenin diğer yöntemler ile desteklendiği entegre mücadele yöntemi sivrisineklere karşı yapılan çalışmalarda ön plana çıkmaktadır.

Entegre mücadele kapsamında sivrisineklerin üreme ve dinlenme alanlarının yok edilmesi, larva mücadelesine öncelik tanınması, doğal düşmanların insektisitler yerine tercih edilmesi ve erginlere karşı insektisit uygulaması faaliyetleri yürütülmektedir.

Dünya nüfusunun gıda tedariğinin sağlanması artan sanayileşme, çarpık kentleşme, tarım alanlarının kalitesizleşmesi vb. sebeplerden dolayı gün geçtikçe daha da zorlaşmaktadır. Üreticiler mevcut ihtiyacı karşılamak ve tarımsal ürünlerin kalitesini arttırabilmek amacıyla pestisit kullanımına başvurmaktadırlar. Kullanımı M.Ö. 1500'lere dayanan pestisitlerin üretimi ve tüketimi bu sebeplerden dolayı her geçen yıl daha da artmaktadır. Halk sağlığı, tarım, orman ve veteriner saha zararlılarını kontrol altına almak için dünya genelinde her yıl iki milyon tondan fazla pestisit kullanılırken bu oran Türkiye'de 2020 yılında elli üç bin tona ulaşmıştır. Kullanıldıkları hedef organizmaya göre pestisitler arasında insektisitler, fungusitler ve herbisitler ön plana çıkmaktadır (Özercan ve Taşçı 2022). Yoğun ve bilinçsiz kullanım sonucu pestisitlerin toprağın ve suyun yapısına geçerek bu ortamlarda kalıntıya neden olduğu ayrıca alanda yaşamını sürdüren memeliler, kuşlar ve balıklar gibi hedef dışı canlılar üzerinde toksik etkiler oluşturduğu bilimsel çalışmalar ile kanıtlanmıştır (Merdivenci 1984). Diğer bir sorun ise bilinçsiz tüketim sonucu hedef canlıda meydana gelen direnç problemidir. Ortak uygulama alanlarında farklı zararlılar için kullanılan insektisit ve herbisit grupları sinerjistik etki oluşturarak toksisitelerini arttırabilmekte veya tam tersi bir etki ile kullanılan dozların yetersiz kalmasına neden olmaktadır.

Çeltik tarlaları kültür bitkisinin ihtiyaç duyduğu iklim, sıcaklık, su miktarı ve topoğrafik yapısı bakımından birçok omurgalı ve omurgasız canlının yaşaması için uygun ortam sunmaktadır. Çeltik bitkisinin gelişimi için gerekli olan 20-25 °C derece su sıcaklığı ve 15 santimetreyi bulan su derinliği ile başta sivrisinekler olmak üzere birçok zararlı

böcek türünün gelişmesine olanak sağlamaktadır. Alandaki su birikintisinin durgunluğunu koruması ve dönem dönem tavalara boşaltılıp tekrar temiz su ile doldurulması sivrisinek larvalarının popülasyon dinamiğini korumalarını sağlamaktadır. Bu durum sebebiyle tarım alanlarında bu zararlılara karşı kimyasal ve biyolojik mücadele bir arada yürütülmektedir. Yapılan çalışmalar sivrisineklerin kimyasal mücadele kapsamında uygulanan birçok insektisite karşı direnç geliştirdiğini ortaya koymaktadır.

İnsektisit özelliği bulunmayan ve çeltik tarlalarında yabancı ot popülasyonunu kontrol altında tutmak amacıyla kullanılan herbisit ürünlerin sivrisineklerin bulundukları ortama doğrudan uygulandıkları ve dolaylı yoldan çevrenin farklı basamaklarda kontaminasyonuna neden oldukları görülmektedir. Yaptığımız literatür taramalarında çeltik tarımında kullanılan herbisitlerin sivrisinekler üzerindeki toksisitesi ve insektisit direncine yönelik sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu sebeple çeltik tarlalarında sivrisinek mücadelesi için doğru ve etkin çalışmalar yürütülmesi çok önemlidir. Tez çalışmamız kapsamında çeltik tarlalarında yaygın olarak kullanılan herbisitlerin farklı sivrisinek türleri üzerindeki toksik etkilerini ortaya koymak amaçlanmıştır.

Tez çalışmamız kapsamında Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Vektör Ekolojisi ve Kontrolü Laboratuvarı'nda kültüre alınan *Aedes* ve *Culex* cinsi sivrisinek larvaları uygun koşullarda yetiştirilmiştir. Toksisite testleri Dünya Sağlık Örgütü tarafından önerilen larvisit test metodlarına göre yapılmıştır. Testlerde pirinç tarlalarında yaygın olarak kullanılan bentazone+MCPA, bispyribac sodium, cyhalofop butyl, quinclorac, oxadiazon ve clomazone aktif maddeleri ile materyal ve metod bölümünde belirtilen dozlar plastik kaplara uygulanmıştır. Yapılan testlerde %5'in üstünde olan kontrol gruplarına ait veri setleri için Abbott (1925) düzeltmesi yapılmıştır.

Literatür taraması yapıldığında pirinç tarlalarında yaygın olarak kullanılan herbisitlerin farklı canlı türleri üzerindeki toksik etkilerine dair çalışmalar bulunmuştur. Konu ile ilgili kullandığımız herbisitlerin bazılarının sivrisinekler üzerindeki toksisitesi üzerine Dünya'da sınırlı sayıda çalışma olduğu ülkemizde ise herhangi bir çalışma olmadığı tespit edilmiştir.

Toksisite testlerinden elde edilen sonuçlara göre üç sivrisinek popülasyonuna ait deney gruplarında ölümler görülmüştür. Ölüm oranlarının özellikle oxadiazon aktif maddesinin tüm dozlarında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Quinclorac aktif maddesinin ise *Aedes* popülasyonu hariç bentazone+MCPA, bispyribac sodium, cyhalofop butyl, ve clomazone aktif maddeleri ile birlikte uygulama kaplarındaki ölüm değerlerinin kontrol gruplarındaki ölüm değerleri ile benzerlik göstererek düşük olduğu tespit edilmiştir.

Cx. pipiens saha popülasyonunda kullanılan herbisit dozlarına göre toksik etki değerlendirilmesi yapıldığında oxadiazon uygulanan deney gruplarında doz artışı ile birlikte toksik etkinin arttığı tespit edilmiştir. Ölüm oranı erken evre larvalarda %90'a ulaşırken, geç evre larvalarda en fazla %70 oranında tespit edilmiştir. Oxadiazonun dört

kat doz uygulamasında erken evre larvaların geç evre larvalara oranla daha hassas bireyler olduğu tespit edilmiştir. Cyhalofop butyl ise sadece en yüksek dozda erken evre larvalarda %20, geç evre larvalarda ise %22,5 oranında ölüme neden olmaktadır. Oxadiazon ve cyhalofop butyl hariç diğer aktif maddelerin saha popülasyonu üzerinde düşük toksik etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Cx. pipiens laboratuvar popülasyonunda ise cyhalofop butyl, quinclorac ve oxadiazon aktif maddeleri etiket uygulama dozunda larvalarda benzer toksik etki göstermiştir. İki kat ve dört kat doz uygulama grubu ölümlerinde ise oxadiazon en yüksek toksik etkiye sahiptir. Erken evre larvalarda oran sırasıyla %65 ve %95 iken geç evre larvalarda bu oran %10 ve %45'e düşmektedir. İki kat ve dört kat oxadiazon dozuna maruziyet sonucunda geç evre larvaların erken evre larvalara oranla daha dirençli veya düşük hassasiyete sahip olduğu tespit edilmiştir.

Ae. aegypti popülasyonunda ise quinclorac ve oxadiazon diğer herbisitlere oranla daha yüksek toksik etki göstermiştir. Her iki herbisit için erken evre larvalarda sırasıyla %80,56 ve % 91.67 oranlarında ölüme neden olurken geç evre larvalarda bu oran sırasıyla %60 ve %55 olarak kaydedilmiştir. *Ae. aegypti* popülasyonunda oxadiazonun etiket dozu ve dört kat doz uygulaması yapılan deney gruplarında erken evre larvaların daha hassas olduğu görülmüştür.

Çalışmamızda ele alınan altı herbisit aktif maddesini tek başına test edildikleri deney gruplarında birbirlerinden farklı toksisite değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Oxadiazon aktif maddesinin tüm popülasyonlarda, tüm dozlarda ve evrelerde belirgin bir toksisiteye sahip olduğu, ölüm değerlerinin %90 ve üstüne ulaştığı belirlenmiştir. Diğer taraftan quinclorac aktif maddesinin yalnızca *Aedes* popülasyonu üzerinde yüksek dozda toksik etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Diğer dört aktif maddenin tüm popülasyonlarda düşük toksik etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Tez bulgularına benzer şekilde birçok araştırmacı da farklı pestisitlerin genç evre larvalar üzerinde daha toksik etkili olduğunu, geç evre larvaların ise daha dayanıklı olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durumla ilgili çeşitli fikirler ve görüşler bulunmaktadır.

Yaptığımız literatür taramasına göre sivrisinekler, mücadele amacıyla kullanılan insektisitlere karşı direnç geliştirebilen canlılardır. Yapılan pek çok çalışmada direncin metabolik detoksifikasyon enzimlerinin aktivitelerindeki artışı ile ilişkili olduğu kanıtlanmıştır. Dirençli popülasyonlarda karboksil kolinesteraz, sitokrom p450 monooksijenaz ve glutathion S-transferaz enzimlerinin aktivitelerinin fazla olduğu ve bu sebeple sivrisineklerin vücutlarına aldıkları insektisitleri daha hızlı parçalayarak bu kimyasallardan daha az etkilendikleri bilinmektedir. Bu çalışmada geç evre larvalarda detoksifikasyon enzimlerinden kaynaklanan bir dayanıklılık söz konusu olabilir ancak durumun açıklığa kavuşturulabilmesi için moleküler düzeyde enzimlerin seviyelerinin belirlenmesine yönelik çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır. Bu tez çalışmasında kullanılan herbisitlerin sivrisinekler üzerinde nörotoksik etkilerinin olup olmadığı

araştırılmalıdır. Ayrıca kullanılan herbisitlerin etki mekanizmaları bireylerin sindirim sistemi üzerinde etkiliyse geç evre larvaların sindirim sistemlerinin fiziksel özellikleri, enzimatik reaksiyonları ve beslenme miktarları ile ilişkili olabilir. Bu sebeple bu konuların yeni çalışmalar ile aydınlatılması gerekmektedir. Ayrıca geç evre larvaların pupa evresine geçtikten sonra hiç beslenmemeleri erken evre larvaların toksik maddelere daha uzun süre ve fazla miktarda maruz kalması ile ilişkilendirilebilir (Nikbakhtzadeh ve Fuentes 2022).

Pirinç tarlalarında yabancı otlara karşı kullanılan herbisitler sivrisineklere karşı tek başlarına öldürücü etkileri olmayan veya düşük miktarda olan fakat uygulama dozunun artmasıyla toksik etki kazanabilen kimyasallardır. Herbisitlerin kullanıldıkları alanlarda hedef dışı organizmalar için de tehlikeli olabilecekleri bu tez çalışması ve destekleyen literatür çalışmaları ile kanıtlanmıştır.

Gaaboub ve arkadaşlarının 1981 yılında yaptığı çalışmada *Cx. pipiens* larvaları üzerinde altı herbisit (Benthiocard, Cremart, Drepamon, Oxadiazon, Propamil ve Trifluralin) malation ile sinerjistik toksik etkisi araştırılmıştır. LC_{50} değerleri saha suşunda 16, 62, 23, 42 ve 66 ppm ve malation dirençli suşunda ise 7.6, 9, 60, 20, 44 ve 68 ppm değerleri arasında değişmiştir. Kullanılan tüm herbisitlerin *Cx. pipiens* larvalarına karşı düşük toksisite sergilediği kanıtlanmıştır (Gaaboub vd. 1981).

Diğer bir çalışmada ise pirinç kültüründe kullanılan clomazone, metsulfuronmethyl ve quinclorac herbisitlerinin gümüş kedi balığı *Rhamdia quelen* üzerindeki öldürücü konsantrasyonu (LC_{50}) (96 saat) araştırılmıştır. LC_{50} değerleri clomazone için $7.32 \mu L.L^{-1}$, quinclorac için $395 mg.L^{-1}$ olarak elde edilmiştir. Metsulfuron methyl için bu değer hesaplanamamıştır çünkü $1200 mg.L^{-1}$ 'de bütün yavruların hayatta kaldığı gözlemlenmiştir. Sadece clomazone aktif maddesinin yetiştirilen gümüş kedi balıklarında ölüme neden olabileceği düşünülmektedir (Miron vd. 2004).

Moris ve arkadaşlarının 2016 yılında yayınladığı bir çalışmada pirinç tarlalarında sıklıkla kullanılan iki ticari herbisit (Beyond ve Roundup) *Ae. aegyti* larvalarının gelişimleri üzerindeki toksik etkileri test edilmiştir. Sırasıyla imazomax ve glifosat etken maddelerini içeren iki herbisit (0.74, 1.49, 2.24 μL imazomax/ m^2 ve 270, 550 ve 820 $\mu g/m^2$ glifosat) sivrisinek larvalarını farklı şekillerde etkilediği kanıtlanmıştır. Roundup'ın (glifosat etken maddesi içeren) orta ve yüksek dozlar dışında sivrisineklerin hayatta kalmasını ve gelişimini etkilemezken kullanılan en yüksek konsantrasyonda yetişkin eklozyon süresini olumsuz etkilediği, Beyond'un (glifosat etken maddesi içeren) uygulama dozlarından düşük konsantrasyonlarda dişilerin kütlelerinin azalmasına rağmen hayatta kalma oranlarını iyileştirdiği tespit edilmiştir (Morris vd. 2016).

Nakagome ve arkadaşlarının 2016 yılında yaptığı bir çalışmada sivrisinek larvalarının besin kaynağı olarak bilinen *Daphnia magna* (su piresi) üzerinde pirinç tarlalarında kullanılan bazı herbisitlerin (oxyfluorfen, oxadiazon, clomazone, 2,4-D,

bispyribac-sodium, methyl metsulfuron, ethyl carbofentrazone, quinclorac, ethyl pyrazosulfuron ve bentazone) 48 saatlik EC₅₀ değerlerinin deterministik risk analizi yapılmıştır. Sonuçlar oxyfluorfen ve oxadiazon herbisitlerinin *D. magna* üzerinde en yüksek toksisiteye sahip ürünler olduğunu göstermiştir. EC₅₀ değerleri iki herbisit için sırasıyla 3,18 (mg.L)⁻¹ ve 3,54 (mg.L)⁻¹ olarak bulunmuştur. Diğer herbisitlerin ise *D. magna* üzerinde minimal veya hafif etki risk oluşturduğu tespit edilmiştir (Nakagome vd. 2016).

Baglan ve arkadaşlarının 2018 yılında yaptığı bir çalışmada Dünya genelinde yaygın olarak kullanılan glifosatın *Ae. aegypti* larvalarının öğrenme davranışı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. 50 µg/L, 100 µg/L, 210 µg/L ve 2 mg/L konsantrasyonlarında *Aedes* larvalarının kaçış davranışı ve hızları değerlendirilmiştir. Sivrisinek larvalarının öğrenme yeteneği üzerinde doza bağlı olarak zararlı bir etki gözlemlenmiştir. Glifosat konsantrasyonunun artmasıyla larva kaçış hızının yavaş gerçekleştiği tespit edilmiştir (Baglan vd. 2018).

Adel vd. 2018 yılında ticari adı Roundup Ultra olan glifosat etken maddeli herbisitinin *Gambusia affinis* üzerindeki akut etkilerini çeşitli konsantrasyonlarda (5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29, 32 mg/L) 72 saat boyunca gözlemlemiştir. LC₅₀ değeri belirlenmiş ve balıklarda meydana gelen davranış değişiklikleri not edilmiştir. Sonuçlar LC₅₀ değerinin 17.82 mg/L olduğunu ve ölü birey sayısının konsantrasyon artışı ile doğru orantılı olduğunu göstermiştir. Balıklarda düzensiz yüzme, hiperaktivite, denge kaybı, solungaç operkulumunun hızında artış ve akvaryum duvarlarına dokunma gibi davranış değişikliklerinin artan konsantrasyon ile arttığı tespit edilmiştir (Talib vd. 2018).

2020 yılında Iğdır'da yapılan bir çalışmada Trakya Bölgesi'nde yabancı ot mücadelesinde yaygın olarak kullanılan cyhalofop butyl (Chillinger 200 EC) herbisitinin sivrisinek balığı olarak bilinen predatör balık *Gambusia holbrooki* üzerindeki akut toksisitesi araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan sivrisinek balıkları Edirne Güllapoğlu Gölü'nden toplanmıştır. 0, 1, 2.5, 5 ve 10 ppm dozlarının uygulandığı çalışmada 5 ppm uygulamalarında %80, 10 ppm uygulamalarında ise %100 ölüm görülmüştür. Araştırmada *Gambusia holbrooki* için 96 saatlik değerlendirmenin sonucunda LC₅₀ değeri 4.140 ppm olarak bulunmuştur (Güner 2020). Bu çalışmanın sonucuna göre açıkça görülmektedir ki herbisitler sivrisinek mücadelesinde kullanılan predatörler üzerinde de oldukça toksik etkiye sahip olabilirler.

Nikbakhtzadeh ve Fuentes'in 2022 yılında yayınladığı bir diğer çalışmada ise glifosat herbisitinin *Culex quinquefasciatus*'un ovipozisyonu ve larva gelişimi üzerindeki caydırıcı etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 1000 ppm glifosat içeren uygulamaların sivrisinek larvaları için öldürücü olduğu, etkilenen larvalarının deri değiştiremediği için pupa dönemine geçemediği ya da asla yetişkin evreye ulaşamadıkları görülmüştür. 500 ppm glifosata maruz kalan larvaların da benzer etkiyi yaşadıkları, larva döneminin uzadığı ve pupa dönemine geçişin geciktiği tespit edilmiştir. Her iki

konsantrasyonda da larvalarda %100 ölüm gerçekleşmiştir (Nikbakhtzadeh ve Fuentes 2022).

Literatür çalışmaları değerlendirildiğinde elde ettiğimiz sonuçları destekler nitelikte olduğu görülmektedir. Sonuçlar pirinç tarlalarında kullanılan herbisitlerin sivrisinek larvaları üzerinde düşük, orta veya yüksek düzeyde zarar oluşturduğu yönündedir. Çalışmamızda tercih edilen oxadiazon aktif maddesinin larvalarda yüksek oranda ölüme neden olduğu ve hedef dışı organizmalar için toksik etki oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu durum bu etken maddenin sivrisinek mücadelesinde larvasit olarak kullanılıp kullanılamayacağı hususunda araştırmalar ve değerlendirilmeler yapılmasını gerektirmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında tercih edilen herbisitlerin pirinç tarlalarında sıklıkla tercih edilen herbisitler olmasına ve güncel çalışmalarda sivrisinek larvaları üzerindeki etkilerinin incelenmemiş olmasına dikkat edilmiştir. Farklı herbisit aktif maddelerinin ve konsantrasyonlarının biyolojik etkinlikleri sonucunda popülasyonlar arasında değişkenlikler olduğu tespit edilmiştir. Popülasyonların kullanılan herbisit aktif maddelerine ve konsantrasyonlarına benzer hassasiyet göstermemelerinin türler arası farklılıklardan ve genetik dirençten kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Hassasiyet seviyelerindeki farklılık larvaların sahip olduğu detoksifikasyon enzimi aktivitelerinden, beslenme sıklığından ve herbisitlerin etki mekanizmalarının insektisitler ile olan benzerliğinden veya çapraz dirençten kaynaklanabilmektedir.

Sivrisinekler ile mücadelede yaygın olarak kullanılan kimyasallar İnsektisit Direnç Çalışmaları Komitesi (IRAC)'ne göre 5 ana grup altında 28 alt grupta değerlendirilmektedirler. 28 alt gruptan 12'si böceklerin sinir sistemi üzerinde oldukça hızlı etki göstermektedir (Ertürk vd. 2018). Sentetik piretroitler sinir hücrelerinin voltaj duyarlı sodyum kanalları ile etkileşime girerek kanalların açılmasını ve kapanmasını yavaşlatır. Bu nedenle aşırı sinir stimülasyonu meydana gelir (Güntay vd. 2021). Karbamatlılar ve neonicotinoidler ise asetilkolin reseptörlerine bağlanarak asetilkolin esteraaz enzimini taklit ederek enzimin bağlanmasını engellerler. Bunun sonucunda sinir sinapsında asetilkolin birikmesi gerçekleşir ve fonksiyon bozuklukları meydana gelir (Aslan vd. 2021).

Tarım zararlıları ile mücadelede kullanılan herbisitlerin dünyadaki pestisit kullanımının %50'sini kapsamakta ve herbisit toksisite çalışmaları gün geçtikçe artış göstermektedir. Ekosistemde birçok farklı besin zinciri arasında transferi gerçekleşen herbisitler besin zinciri içerisinde toksik etkisini kaybetmemektedir. Ortamdaki kalıcılık sürelerinin uzun olması sebebiyle insan, hayvan ve çevre sağlığı için potansiyel tehlike oluşturmaktadırlar (Akdoğan vd. 2012). Herbisitlerin tarım alanlarında bulunan su kaynaklarında sürüklenerek sedimanlarda kalıntı olarak biriktiği ve etkinliklerini sürdürdüğü bilinmektedir (Mäenpää vd. 2003). Genel anlamda yabancı ot mücadelesinde fotosentez inhibisyonu, klorofil pigmentinde bozulma, ksilem ve floem yolu ile bitkinin

büyümesini engellemesi sebebiyle kullanılan herbisitlerin hedef dışı organizmalar üzerinde de benzer sayılabilecek yolakları etkilediği düşünülmektedir.

Yapılan bazı çalışmalar glifosata maruz kalan canlıların sinir sistemindeki asetilkolinesteraz inhibisyonu ve suda yaşayan canlılarda kaslar üzerinde bir etkisi olduğunu göstermiştir (Menendez- Helman vd. 2012; Sandrini vd. 2013). Bu sonuçlar doğrultusunda glifosatın asetilkolin esterazı inhibe ederek sivrisinek larvalarının yaşamsal becerilerini bozduğu varsayılmaktadır. Salgılanan nörotransmitter madde miktarını değiştirerek sivrisineklerin alışma yetenekleri üzerinde olumsuz etkilere sebep olabilirler (Baglan vd. 2018).

Yayınlanan bir diğer çalışmada mısır tarlalarında yabancı otlarla mücadele amacıyla kullanılan altı triazin grubu herbisit (atrazin, simazin, siyanazin, ametrin, tebutryn ve terbutilazin), mısır zararlısı *Spodoptera frugiperda* (sonbahar tırtılı) larvalarının detoksifikasyon enzimlerinin indüksiyonu üzerindeki etkisi incelenmiştir. Uygulanan triazin herbisitlerin sonbahar tırtılı larvalarında mikrozomal oksidazlar, glutatyon S -transferazlar ve hidrolazlar dahil olmak üzere detoksifikasyon enzimlerini sırasıyla 2,5-21,6 kat, 1,7-4,2 kat ve 2,9 kat indüklediğini açıkça göstermiştir (Yu 2004).

Londoño ve arkadaşlarının 2004 yılında yayınladığı çalışmada ise *Chironomus tentans* (tatarcık) üçüncü dönem larvalarında atrazin maruziyeti sonucu Sitokrom P450'ye bağlı mikrozomal monooksijenaz (P450) aktivitesi incelenmiştir. 90 saat boyunca 1-10 ppm atrazin konsantrasyonlarına maruz kalan tatarcıkların bağırsak homojenatları incelendiğinde kontrol ve maruz kalmayan larvalara oranla önemli ölçüde yüksek O-demetilaz aktivitesine (sırasıyla 1,5-3,9 kat) neden olduğu görülmüştür. 1 ppm'in altındaki (0,001; 0,01 ve 0,1 mg/l) atrazin maruziyetlerinde önemli bir indüksiyon görülmediği ve indüksiyona neden olan atrazin konsantrasyonlarının doğal ortamlarda kontamine yüzey suyunda yaygın olarak bildirilenlerden daha fazladır saptanmıştır (Londoño vd. 2004).

Bir diğer çalışmada ise herbisit uygulamalarının *Ae. aegypti* larvalarında insektisit duyarlılığını etkileyip etkilemediğini araştırmak amaçlanmıştır. *Ae. aegypti* larvaları 6, 12, 24 ve 48 saat boyunca öldürücü olmayan dozlarda (0, 1, 10, 100 ve 1000 µL) atrazine maruz bırakılmıştır. Herbisit uygulamasının ardından larvalara 0, 0,2, 0,5 ve 1 mg/L konsantrasyonlarında *Bti* uygulaması yapılmıştır. Maruziyet sonucunda 48 saat boyunca 1-1000 µg/L atrazinle indüklenen tüm larvalarda azalmış *Bti* duyarlılığı (*Bti* mortalitesinde %75 azalma) görülmüştür. Sulu ekosistemlerde düşük atrazin konsantrasyonlarının varlığının *Bti* uygulamalarına karşı larva duyarlılığını değiştirebileceğini göstermiştir (Boyer vd. 2006).

Sitokrom P450 hem omurgalı canlılarda hem de ormugasız canlılarda büyüme ve gelişme hormonlarının düzenlenmesinde oldukça önemli bir rol sahibidir. Bu sistem böceklerde hormonlar, yağ asitleri ve steroidler gibi bileşiklerin seviyelerinin düzenlenmesinde ve ksenobiyotik biyotransformasyonunda etkilidir (Londoño vd. 2004).

Bunun yanı sıra mikrozomal oksidazlar, glutatyon S-transferazlar ve hidrolazlar gibi detoksifikasyon enzimleri de böceklerde insektisitlerin metabolizmasından ve direnç oluşumundan sorumludurlar (Agosin 1985; Ju 2004). Ksenobiyotik metabolizmasındaki birincil işlevleri nedeniyle bu sistemlerin aktivitesini etkileyen kimyasallar önemli ekolojik etkilere neden olabilirler.

Sitokrom P-450, glutatyon S-transferaz ve hidrolazların indüklenmesi enzim aktivitesinin artmasıyla sonuçlanır. Bununla böceklerin adaptasyon yeteneklerine çok yönlülük sağlasığına inanılmaktadır (Londoño vd. 2004).

Yapılan literatür taraması sonucunda özellikle sulak alanlarda düşük konsantrasyonlarda bulunan kimyasalların böcek metabolizması üzerindeki olası etkilerinin incelenmesi ihtiyacı vurgulanmaktadır. Bu tez çalışmasında kullanılan herbisitler tarafından sivrisineklerin detoksifikasyon enzimlerinin uyarılmasına ilişkin sınırlı bilgi bulunmaktadır. Ancak çalışmalar kapsamında insektisit özelliği olmayan herbisitlerin bu enzim yollarını hafif indükasyonu bu herbisitlere maruz kalan sivrisinek larvalarının insektisit toleransının artmasına katkıda bulunabilir.

Literatür taraması sonucu elde edilen bilgiler çalışmamızdan elde edilen sonuçları destekler niteliktedir. Uzun yıllardır tarım alalarında kullanılan herbisitlerin farklı canlılar üzerinde yumurtlama, büyüme ve gelişme davranışları üzerinde toksik etki gösterdikleri belirlenmiştir. Herbisitlerin toksik etki oranı hedef canlının türüne, hangi yaşam evresinde olduğuna ve kullanılan aktif maddeye göre değişkenlik göstermektedir (Güncan 1977). Söz konusu çıkarımlardan hareketle, tez çalışmamız içerisinde yer alan farklı herbisitlerin kullanım oranlarını belirlemek sivrisinek mücadelesinin daha doğru gerçekleştirilmesi açısından hayati önem taşımaktadır.

Dünya genelinde vektörler ile mücadelede kullanılan her kimyasal ve mücadele yöntemi ekolojik etkileri hesaba katılarak belirlenmelidir. Bu durum doğrultusunda etkili bir sivrisinek mücadelesi için öncelikle kullanılan insektisitlerin sonrasında ise çapraz direnç yol açabilecek diğer pestisit gruplarının kullanımı planlı ve doğru dozlarda tercih edilmelidir. Elde edilen sonuçlar ilerleyen yıllarda oxadiazon, clomazone ve quinclorac gibi toksisitesi sivrisinekler üzerinde de yüksek olan aktif maddelerin sivrisinek mücadelesinde kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından yüksek derecede tehlikeli ve muhtemel kanserojen olarak tanımlanan etken maddeler dünya genelinde tarım alanlarından uzaklaştırılmakta ve yasaklamalar getirilmektedir. Türkiye’de Avrupa Birliği ile aynı çerçevede son 10 yılda 185 aktif maddenin alanlarda kullanımına yasaklamalar getirmiştir. Çalışmamız kapsamında toksisitesi en yüksek olarak gözlemlenen oxadiazon aktif maddesi de 31.12.2022 tarihiyle Türkiye’de kullanımı yasaklanmış herbisitler arasında yer almaktadır (Anonim 13). Bu bağlamda herbisitlerin önerilen etiket dozu ve uygulama şeklinde kullanılmaları hem hedef dışı organizmaların etkilenmemesini, insektisitlerin etkinliğini azaltmaması veya

arttırmaması, direnç gelişiminin gecikmesi ya da hiç oluşmaması hem de ekosistemin sürekliliğinin sağlanması bakımından hayati önem taşımaktadır.

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar sivrisinekler ile mücadele yürütülen alanlarda diğer pestisit gruplarının varlığının ve kullanım oranının dikkate alınması gerektiğinin önemine işaret etmektedir. Sivrisineklerin insektisitlere karşı oluşturduğu direnç mekanizmalarını minimuma indirmek için yapılan çalışmalarda herbisitlerin etkisini göz ardı etmemek mücadeledeki başarı oranının artabileceğini göstermektedir. Uygulamacıların herbisit dozları konusunda özen göstermesi ortamdaki kalıntı miktarının ve toksik etki potansiyelinin düşmesine yardımcı olabilecektir. Böylelikle kimyasal mücadelede aşırı insektisit kullanımı engellenerek ekonomik kazanç, halk sağlığının ve doğal dengenin korunması sağlanabilir.

Son olarak tarım kalitesini ve verimini arttırmak amacıyla yürütülen herbisit uygulama çalışmalarında ekosistem açısından oluşabilecek tüm riskler araştırılmalıdır. Bu çalışmada kullanılan oxadiazon toksik bir maddedir ve bilinçsiz kişiler tarafından yanlış kullanımı çevre sorunlarını beraberinde getirebilmektedir. Mevcut mücadele çalışmalarının tek bir alan üzerinden yürütülmemesi, araştırmacıların ve uygulayıcıların birlik içinde hareket etmesi ekolojik dengenin korunması ve sürekliliği için önem arz etmektedir. Bu sayede yüzyıllardır üzerinde yaşamın devam ettiği gezegenimiz sonraki nesiller içinde sağlıklı şekilde varlığını sürdürebilir.

6. SONUÇLAR

Tez kapsamında Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Vektör Ekolojisi ve Kontrolü Laboratuvarı'nda sivrisinek popülasyonları kültüre alınmış ve yaşamsal ihtiyaçları günlük olarak yerine getirilerek biyolojik testlere hazır hale getirilmiştir. Çalışma kapsamında çeltik tarımında kullanılan altı herbisit (bentazone+MCPA, bispyribac sodium, cyhalofop butyl, quinclorac, oxadiazon, clomazone) farklı uygulama dozlarında *Ae. aegypti* ve *Cx. pipiens* sivrisinek larvaları üzerindeki toksik etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar bütün popülasyonlarda ve evrelerde oxadiazonun en yüksek toksik etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Popülasyonlardaki hassasiyet seviyelerinin farklı olması bireylerin sahip oldukları sindirim sistemi yapısı, enzimatik reaksiyon aktiviteleri ve direnç potansiyellerinin farklılığına işaret etmektedir.

Yoğun nüfus artışı ile her geçen gün artmakta olan gıda ihtiyacı Dünya genelinde tarım sektöründeki gelişmeler sayesinde karşılanmaktadır. Üreticiler daha yüksek verimli ürünler elde etmek amacıyla tarım alanlarında zararlılara karşı pestisit kullanmaktadırlar. Yabancı ot mücadelesi için kullanılan herbisitler sektörde en çok tercih edilen pestisit grubudur. Tarım zararlısı böcekler için de insektisitler yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak kullanılan herbisitler ve insektisitler alandaki su birikintilerinde, toprakta veya direkt olarak yetiştirilen ürünlerde kalıntılara sebep olmaktadır. Tarım alanları sahip oldukları ekolojik çeşitlilik sebebiyle omurgalı ve omurgasız birçok canlıya yaşama ortamı sağlamakta ve bu canlılar ortamdaki kimyasal mücadeleden dolayı veya doğrudan etkilenmektedir. Özellikle pirinç üretiminde olduğu gibi sucül ekosisteminde bulunduğu tarım alanlarında balıklar, kurbağalar, titrel sinekler, sivrisinekler, su pireleri vb. canlılar hedef dışı organizma olmalarına rağmen kullanılan kimyasalların toksisitesine maruz kalmaktadırlar.

Sivrisinekler kozmopolit yayılıma sahip, uygun yaşam koşullarının sağlandığı her ortamda kolayca üreyebilen adaptasyon yeteneği gelişmiş bir böcek grubudur. Yüzyıllar öncesinden beri varlığını sürdüren bu canlılar günümüzde de mücadelesi devam eden ve tarih boyunca milyonlarca insanın ölümüne neden olan zararlılardır. Vektör özelliklerinden dolayı sıtma, batı nil ateşi, dang humması, zika gibi ölümcül hastalıkların türler arasında yayılmasına neden olmaktadır. Halk ve veteriner saha zararlısı olarak bilinen bu canlı ile mücadele her geçen gün önem kazanmaktadır. Mücadele çalışmalarındaki yetersizliklerin bir kısmının bireylerin sahip olduğu direnç mekanizmalarından kaynaklandığı ön görülmektedir. Özellikle insektisit özelliği olmayan herbisitlere maruz kalmaları sebebiyle sivrisineklerin çapraz direnç geliştirdiği düşünülmektedir.

Pirinç bitkisinin yetiştirilme aşamasında gerek duyduğu su miktarının diğer bitkilere oranla daha fazla olması onun ayırt edici özelliklerindendir. Yetiştirilme ortamındaki mevcut sulama suyunun sıcaklığı ve yüksekliği sivrisineklerin yumurta bırakıp gelişimini tamamlamaları için uygun bir habitat oluşturmaktadır. Nitekim son yıllarda pirinç tarlalarında yabancı ot mücadelesi ve sivrisinek mücadelesi birlikte yürütülmektedir. Bu nedenle sivrisinekler ortamdaki herbisitlerden ve insektisitlerden farklı oranlarda fakat benzer yollardan etkilenmektedirler. Bu nedenle sivrisinek mücadelesi kapsamında yürütülen çalışmalarda herbisitlerin toksik etkilerine yönelik yeni araştırmalar yapılması önem arz etmektedir.

Bu tez çalışması ülkemizde kapsam bakımından ilk olma potansiyelindedir dolayısıyla akademi dünyasına ilerleyen yıllarda katkı sağlaması ve öncü olması beklenmektedir. Elde edilen veriler sivrisinek mücadelesinde gelişen direncin minimuma indirgenmesine, alternatif ürünlerin ve yöntemlerin geliştirilmesine fayda sağlayacak niteliktedir. Yine elde edilen veriler Sağlık Bakanlığı ve ülkemizde çeltik tarımının yapıldığı il belediyeleri ile paylaşılarak bu kurumların sivrisinek mücadelesinde daha bilinçli uygulama yöntemlerine geçmesi için katkıda bulunulacaktır. Hedeflenen bu bilinçli uygulama ile çevreye ve hedef dışı organizmalara zarar minimuma indirgenecek, kullanılan pestisit miktarındaki israfı önleyerek ülke ekonomisine de kazanç sağlanacaktır.



7. KAYNAKLAR

- Agosin, M. 1985. Role of microsomal oxidations in insecticide degradation. *Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology*, 12, 647-712.
- Akay, H. 2010. Çeltikte (*Oryza sativa* L.) Farklı somatik explantlarından kallus oluşumunun ve bitki elde etme potansiyelinin belirlenmesi Master's thesis, On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akdoğan, A., Divrikli, Ü., Latif, E. 2012. Pestisitlerin önemi ve ekosisteme etkileri. *Akademik Gıda*, 10(1): 125-132.
- Akkoyunlu, Ş., 2005. Çeltik Tarlarında Yabancı Otlar, T.C. Samsun Valiliği, Tarım İl Müdürlüğü, No. B/24, Samsun, 2 s.
- Allard, R. W., 1960. “*Principles of Plant Breeding*”, Library of Congress Catalog Card Number: 60-14240, ISBN 0 471 12310, 1-485, John Wiley and Sons, Inc., Newyork, London, Sydney.
- Anonim 1: <https://www.ekmud.org.tr/haber/8-25-nisan-dunya-sitma-gunu> [Son erişim tarihi: 21.05.2023]
- Anonim 2: Çeltik Hastalık ve Zararlıları İle Mücadele. 40 ss. https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/Uretici_Bilgi_Kosesi/Dokumanlar/celtik.pdf [Son erişim tarihi: 01.06.2023]
- Anonim 3: <https://dosder.org.tr/bati-nil-virusu-bnv-enfeksiyonu/> [Son erişim tarihi: 31.05.2023]
- Anonim 4: <https://www.nkfu.com/zika-virusu-nedir-zika-virusunun-belirtileri-nelerdir-onlem-alinabilir-mi/> [Son erişim tarihi: 31.05.2023]
- Anonim 5: <https://www.bilmiyorumdeme.com/guillain-barre-sendromu-nedir/> [Son erişim tarihi: 31.05.2023]
- Anonim 6: Yabancı Ot Zirai Mücadele Teknik Talimatları. 2022. 50 ss. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Yabanc%C4%B1%20Ot%20Zirai%20M%C3%bccadele%20Teknik%20Talimatlar%C4%B1.pdf> [Son erişim tarihi: 01.06.2023]
- Anonim 7: <https://www.tarlasera.com/haber-12147-celtikte-yaniklik-mi-dayaniklilik-mi> [Son erişim tarihi: 05.06.2023]
- Anonim 8: <https://www.duzcepusula.com/kiz-otu-zehirledi/11075/> [Son erişim tarihi: 05.06.2023]
- Anonim 9: <https://www.sorhocam.com/konu.asp?sid=3880&kurbaga-kasigi-otu-nedir.html> [Son erişim tarihi: 05.06.2023]
- Anonim 10: <https://www.sorhocam.com/konu.asp?sid=1469&echinochola-crus-galli-l-pb-darican.html> [Son erişim tarihi: 05.06.2023]
- Anonim 11: <https://www.sorhocam.com/konu.asp?sid=3873&celtiksi-darican-otu-nedir.html> [Son erişim tarihi: 05.06.2023]
- Anonim 12: <https://www.sorhocam.com/konu.asp?sid=3794&baraj-otu-nedir.html> [Son erişim tarihi: 05.06.2023]

- Anonim 13: Tarlasera Aylık Tarım ve Kültür Dergisi. 2020. <https://www.tarlasera.com/haber-12036-2022-yilinda-bu-pestisitler-de-olmayacak#:~:text=Bu%20etken%20maddelerden%209'unun,Novaluron%20ve%20Thiacloprid%20olarak%20s%C4%B1ralan%C4%B1yor> [Son erişim tarihi: 01.06.2023]
- Anonymus 1: Common name: common malaria mosquito scientific name: *Culex quinquefasciatus* Say (Insecta: Diptera: Culicidae). http://entnemdept.ufl.edu/creatures/aquatic/southern_house_mosquito.htm [Son erişim tarihi: 02.06.2023]
- Anonymus 2: <https://de.europeanwriterstour.com/images-2023/aedes-mosquito-eggs> [Son erişim tarihi: 05.06.2023]
- Anonymus 3: https://www.flickr.com/photos/iaea_imagebank/25552184051 [Son erişim tarihi: 11.06.2023]
- Anonymus 4: <https://en.wikipedia.org/wiki/Plasmodium#/media/File:Malaria.jpg> [Son erişim tarihi: 31.05.2023]
- Anonymus 5: <https://www.pcds.org.uk/clinical-guidance/dengue-fever> [Son erişim tarihi: 05.06.2023]
- Anonymus 6: <https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/pirin%C3%A7-terasi%C4%B1nda-%C3%A7ift%C3%A7ilik-yaparak-%C3%A7ift%C3%A7iler-ban-pa-bong-piang-tayland-en-g%C3%BCzel-gm1178095816-329134106> [Son erişim tarihi: 11.06.2023]
- Anonymus 7: <https://www.ipmimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5390479> [Son erişim tarihi: 05.06.2023]
- Anonymus 8: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PotamogetonPectinatus2.jpg> [Son erişim tarihi: 05.06.2023]
- Anonymus 9: <https://www.chemimpex.com/product/productinfo/cyhalofop-butyl/29648> [Son erişim tarihi: 05.06.2023]
- Anonymus 10: <https://www.wikidata.org/wiki/Q17122484> [Son erişim tarihi: 05.06.2023]
- Anonymus 11: <https://en.wikipedia.org/wiki/Bentazone> [Son erişim tarihi: 05.06.2023]
- Anonymus 12: <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Oxadiazon.png> [Son erişim tarihi: 05.06.2023]
- Anonymus 13: <https://en.wikipedia.org/wiki/Clomazone> [Son erişim tarihi: 05.06.2023]
- Anonymus 14: <https://en.wikipedia.org/wiki/Quinclorac> [Son erişim tarihi: 05.06.2023]
- Aslan, C., Kızıllırmak, A., Şen, M., Kekillioğlu, A. 2021. Pestisitler üzerine inceleme. 750. Yıl Hünkâr Hacı Bektaş Veli Anma Ve Armağan Kitabı (Ed. Çolakoğlu, M.H. vd.), Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, 231-251 ss.
- Ateş, E., 2021. Herbisitlerin Etki Mekanizmaları. Yabancı Ot Biliminde Güncel Konular. (Ed. Mennan, H., Pala, F.) İksad Yayınevi. Ankara. 387-418 ss.

- Baglan, H., Lazzari, C. R., Guerrieri, F. J. 2018. Glyphosate impairs learning in *Aedes aegypti* mosquito larvae at field-realistic doses. *Journal of Experimental Biology*, 221(20): jeb187518.
- Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase, C., Dahl, C., Madon, M., Kaiser, A. 2010. Mosquitoes and Their Control, 2nd Editio. Ed. Springer Heidelberg Dordrecht London New York.
- Boyer, S., Sérandour, J., Lempérière, G., Raveton, M., & Ravanel, P. 2006. Do herbicide treatments reduce the sensitivity of mosquito larvae to insecticides?. *Chemosphere*, 65(4), 721-724.
- Chang, T.T. 1970. Rice In Genetic Resources in Plants – Their Exploration and Conservation (eds O.H. Frankel and E. Bennett), IBP Handbook, no. 11 pp. 267-72. Blackwell, Oxford and Edinburgh.
- Costa, M. J., Monteiro, D. A., Oliveira-Neto, A. L., Rantin, F. T., Kalinin, A. L. 2008. Oxidative stress biomarkers and heart function in bullfrog tadpoles exposed to Roundup Original®. *Ecotoxicology*, 17, 153-163.
- Çetin H. 2016. Kent Zararlıları, Biyoloji, Ekoloji ve Mücadele Yöntemleri (Vektörler ve diğerleri), Yıldız Ofset, Antalya, 203 s.
- Çetin, H. 2003. Antalya Kenti Sivrisinek (Diptera: Culicidae) Türleri, Yaşama Alanları ve Savaşımalarına İlişkin Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 97 s.
- Çetin, H., ve Yanıkoğlu, A. 2004. Antalya kentinde bulunan Sivrisinek (Diptera: Culicidae) türleri, üreme alanları ve baskın tür *Culex pipiens* L.'in bazı özellikleri. *Turkish Journal of Entomology*, 28(4): 283-294.
- Demirci, B. 2021. Aras-Kura Havzasi Ergin Sivrisinek Tür Kompozisyonu/Adult Mosquito Fauna of Kura-Aras Basin. *Turkish Journal of Parasitology*, 45(4), 280-287.
- Doğanay, H., 2007, Ekonomik Coğrafya 3 (Ziraat Coğrafyası), Aktif Yayınları, Erzurum.
- Ergünay K., vd. 2010. Orta/Kuzey Anadolu Bölgesi kan donörlerinde Dengue virusu ve sarı humma virusu seropozitifliğinin araştırılması. *Mikrobiyoloji Bülteni* 44(3): 415-24.
- Ertürk, S. vd. 2018. Teoriden Pratiğe Kimyasal Mücadele. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Birişik, N. (Ed.) Ankara ss. 99-119.
- Gaaboub, I. A., Rawash, I. A., Tag-El-Din, A., Hassanein, M. A. T. 1981. Joint action of six herbicides with malathion against mosquito larvae of *Culex pipiens* L. *Toxicology*, 20(1): 61-70.
- Goddard, J. 2007. Physician's Guide to Arthropods of Medical Importance. Fifth Edition. CRC Press, 480 p, New York.
- Goddard, J. 2008. Infectious Diseases and Arthropods. Second Edition. Humana Press (Springer International), 251 P, Berlin.
- Günay, F. 2015. Türkiye Sivrisinek Faunası Üzerine DNA Barkodlama Yöntemiyle Moleküler Analizler. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, 96 S, Ankara.

- Güncan, A. 1977. Herbisitlerin Canlılar Aleminde Yan Etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(2-3).
- Güner, U. 2020. Acute Toxicity (LC50) Of Cyhalofop Butyl on *Gambusia Holbrooki*. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(4): 2394-2399.
- Güntay, O., Hürsel, Ç. A. Y., Durusel, B., Terzi, Y. 2021. Sentetik Piretroidlere Genel Bakış. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52(2): 201-223.
- Henderson, A. M., Gervais, J. A., Luukinen, B., Buhl, K., Stone, D. 2010. Glyphosate General Fact Sheet; National Pesticide Information Center, Oregon State University Extension Services.
- Horuz Ayhan ve Korkmaz Ahmet. 2014. Çeltikte (*Oryza sativa* L.) Tuz Stresinin Azaltılmasında Silisyumlu Gübrelemenin Etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20: 215-229.
- Kar, S., Yılmaz, N., Güven, E., Akyıldız, G., Gargılı, A. 2013. Sivrisinek Ekolojisi ve İlgili Güncel Riskler, Ekoloji Sempozyumu, Tekirdağ, s 93.
- Kaya, Y., Kuyumcu, G., Karakütük, S., Arvas, Y. E. 2017. Kır çeltik bitkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(1): 151-156.
- Kazancıoğlu, S., ve Bodur, H. 2022. İmporte Sıtma Vakalarının Değerlendirilmesi: Ankara’da Bir Eğitim ve Araştırma Hastanesi Deneyimi. *Sağlık Bilimlerinde Değer*, 12(1), 1-5.
- Kuçlu, Ö., ve Dik, B. 2018. Türkiye’nin Batı Karadeniz Bölgesi Sivrisinek (Diptera: Culicidae) Faunası. *Türkiye Parazitoloji Dergisi*, 42, 138-43.
- Londoño, D. K., Siegfried, B. D., Lydy, M. J. 2004. Atrazine induction of a family 4 cytochrome P450 gene in *Chironomus tentans* (Diptera: Chironomidae). *Chemosphere*, 56(7), 701-706.
- Ma, H., Chong, K., Deng, X. W. 2007. Rice research: past, present and future. *Journal of Integrative Plant Biology*, 49(6): 729-730
- Mäenpää, K. A., Sormunen, A. J., Kukkonen, J. V. 2003. Bioaccumulation and toxicity of sediment associated herbicides (ioxynil, pendimethalin, and bentazone) in *Lumbriculus variegatus* (Oligochaeta) and *Chironomus riparius* (Insecta). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 56(3): 398-410.
- Marquardt, W.C. 2005. Biology of disease vectors. Second Edition. 785 pp.
- Melissa A, Fitzgerald SR, McCouch and Robert DH. 2009. Not just a grain of rice: the quest for quality. *Trends in Plant Science*, 14(3): 1360-1385.
- Menéndez-Helman, R. J., Ferreyroa, G. V., dos Santos Afonso, M., Salibián, A. 2012. Glyphosate as an acetylcholinesterase inhibitor in *Cnesterodon decemmaculatus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 88: 6-9.
- Mengüç, Ç. 2018. Herbisit toksisitesi ve yabancı otlara karşı alternatif mücadele stratejileri. *Turkish Journal of Weed Science*, 21(1), 61-73.
- Meral, R., ve Temizel, K. E. 2006. Çeltik tarımında sulama uygulamaları ve etkin su kullanımı. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(2), 104-109.

- Merdivenci, A. 1984. TÜRKİYE SİVRİSİNEKLERİ:(Yurdumuzda Varlığı Bilinen Sivrisineklerin Biyo-Morfolojisi, Biyo-Ekolojisi, Yayılışı ve Sağlık Önemleri). İÜ Cerrahpaşa Tıp Fak. İstanbul. 371 ss.
- Miron, D. D. S., Silva, L. V. F. D., Golombieski, J. I., Machado, S. L. D. O., Marchezan, E., Baldisserotto, B. 2004. Lethal concentration of clomazone, metsulfuron-metil, and quinclorac for silver catfish, *Rhamdia quelen*, fingerlings. *Ciência Rural*, 34:1465-1469.
- Morris, A., Murrell, E. G., Klein, T., Noden, B. H. 2016. Effect of two commercial herbicides on life history traits of a human disease vector, *Aedes aegypti*, in the laboratory setting. *Ecotoxicology*, 25: 863-870.
- Mosleh, M. K., Hassan, Q. K., Chowdhury, E. H. 2015. Application of remote sensors in mapping rice area and forecasting its production: A review. *Sensors*, 15(1), 769-791.
- Nakagome, F. K., Noldin, J. A., Resgalla Jr, C. 2006. Toxicidade aguda e análise de risco de herbicidas e inseticidas utilizados na lavoura do arroz irrigado sobre o cladóceros *Daphnia magna*. *Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente*, 16.
- Nikbakhtzadeh, M. R., ve Fuentes, Y. 2022. Deterrent Effects of Glyphosate on Oviposition and Larval Development of *Culex quinquefasciatus*. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 38(3): 198-207.
- Nwani, C. D., Lakra, W. S., Nagpure, N. S., Kumar, R., Kushwaha, B., Srivastava, S. K. 2010. Toxicity of the herbicide atrazine: effects on lipid peroxidation and activities of antioxidant enzymes in the freshwater fish *Channa punctatus* (Bloch). *International journal of environmental research and public health*, 7(8), 3298-3312.
- Öğütçü, Z., Elçi, Ş., Geçit, H. H. 1984. Tarla Bitkileri, Ankara Üniv. Ziraat Fak., Ders Kitabı 910/4, 323 ss. Ankara.
- Özer, S. 2018. Çeltik (*Oryza sativa* L.) Yetiştiriciliğinde bitki su tüketimi bileşenleri ile su üretim fonksiyonlarının farklı sulama yöntemleri altında belirlenmesi. Doktora Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, 151 ss.
- Özercan, B. ve Taşcı, R. 2022. Türkiye’de Pestisit Kullanımının İller, Bölgeler ve Pestisit Grupları Açısından İncelenmesi. *Ziraat Mühendisliği* , (375): 75-88.
- Özgenç, N., Erdoğan, F.C. 1988. DSİ sulamalarında bitki su tüketimleri ve sulama suyu ihtiyaçları. DSİ Basım ve Foto-Film İşletme Müdürlüğü Matbaası, Ankara, 88-91.
- Poehlman, J.M., & Sleper, D.A. 1995. Breeding field crops (4th ed.). Ames, IA: Iowa State University Press.
- Pokhrel, V., ve Ottea, J. A. 2023. Impact of Nonconventional Selection by Insecticides on Susceptibility of the Southern House Mosquito, *Culex quinquefasciatus*. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 39(1): 31-39.
- Polat, Y., Yanıkoğlu, A., Çetin, H. 2017. İklim Değişikliğinin Sivrisinek Kaynaklı Hastalıklar Üzerine Etkisi. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 6(2): 86-94.

- Sandrini, J. Z., Rola, R. C., Lopes, F. M., Buffon, H. F., Freitas, M. M., Martins, C. D. M. G., da Rosa, C. E. 2013. Effects of glyphosate on cholinesterase activity of the mussel *Perna perna* and the fish *Danio rerio* and *Jenynsia multidentata*: in vitro studies. *Aquatic Toxicology*, 130: 171-173.
- Sauer, J., (1993). Historical Geography of Plants. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Ser, Ö., ve Çetin, H. 2016. Pestisitlerin vektör mücadelesinde kullanımları. *Türkiye Klinikleri J Vet Sci Pharmacol Toxicol-Special Topics*, 2 (2): 26–34.
- Seymen, B. 2018. *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) türü sivrisineklerin larvalarında tür içi kalabalık etkisinin araştırılması. Yüksek lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, ss 58.
- Smith, R. J. Jr., Flinchum, W. T., Seaman, D. E. 1977. Weed Control in U.S. Rice Production. U. S. Dep. Agric. Handb. 497. U. S. Gov. Printing Office, Washington, D. C. 78 p.
- Solomon, K. R., Dalhoff, K., Volz, D., Kraak, G.V.D. 2014. Effects of Herbicides on Fish. *Fish Physiology*, Volume 33.
- Şimşek, F.M., Günay F. 2017. Sivrisinekler (Diptera: Culicidae) Vektörlükleri Ve Mücadelesi. *Vektör Artropodlar ve Mücadelesi* (Ed. Özbel., Y.), İzmir, 1-45 ss.
- Talib, A. H., AL-Rudainy, A. J., Gathwan, M. A., Thakir, B. M., Abdulfattah, R. K. 2018. The acute toxicity of herbicide roundup ultra in mosquito fish *Gambusia affinis*. *Journal of Biodiversity and Environmental Science*, 13: 9-15.
- Taşlıgil, N., ve Şahin, G. 2011. Türkiye’de Çeltik (*Oryza Sativa* L.) Yetiştiriciliği ve Cırafi Dağılımı. *Journal of Social Sciences/Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(6).
- Timor, A. N. 2002. Güneydoğu Asya Özellikler – Ülkeler, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Tiryaki, O., Canhilal, R., Horuz, S. 2010. Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(2):154-69.
- Torun, H. 2017. Herbisitler ve Türkiye’deki Ruhsatlı Herbisitlerin Güncel Durumu. *Turkish Journal of Weed Science*, 20(2): 61-68.
- Tosun, O., Eser, D., Yürür, N. Gökçora, H. Kün E., Şehirali, S. 1979. “Bitki Yetiştirme ve Islahı” Ders Notu No: 33, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ankara. 310 ss.
- Tülücü, K.. Özel Bitkilerin Sulanması, Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, Yayın No:254, Adana, ss 75-89.
- TÜİK, 2022. Türkiye tarımsal ilaç kullanım miktarları (2006-2020). Türkiye İstatistik Kurumu. [Erişim Tarihi: 06.06.2023]
- Uyar, Y., ve Bakır, E. 2016. Batı Nil Virüsü (BNV) ve Türkiye’de Batı Nil Virüsü’nün güncel durumu. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 73(3): 279-292.
- Uygun, N., Ulusoy, M.R., Satar, S. 2010. Biyolojik mücadele. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 1(1):1-14.
- Winegard 2021. Sivrisinek- Ölümcül Bir Yırtıcının İnsanlık Tarihi, Terapi Kitap, 460 s.

- Yang, X., Guschina, I. A., Hurst, S., Wood, S., Langford, M., Hawkes, T., Harwood, J. L. 2010. The action of herbicides on fatty acid biosynthesis and elongation in barley and cucumber. *Pest management science*, 66(7), 794-800.
- Yıldız, M., Gürkan, O., Turgut, C., Kaya, Ü., Ünal, G. 2005. Tarımsal Savaşımında Kullanılan Pestisitlerin Yol Açtığı Çevre Sorunları VI. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ankara, 3–7 Ocak 2005.
- Yu, S. J. 2004. Induction of detoxification enzymes by triazine herbicides in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 80(2), 113-122.
- Zaller, J. G., Brühl, C. A. 2021. Direct herbicide effects on terrestrial nontarget organisms belowground and aboveground. In *Herbicides* (ss. 181-229). Elsevier.
- Zöngür, A. 2022. Dünya'da yaygın olarak kullanılan herbisitlerin (dicamba, paraquat, picloram, clopyralid, linuron) *Caenorhabditis elegans* üzerindeki etkilerinin araştırılması. Doktora Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, 136 ss.

ÖZGEÇMİŞ

AYŞEGÜL CENGİZ

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2019-2023	Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2015-2019	Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Araştırma Görevlisi	Akdeniz Üniversitesi
2023-Devam ediyor	Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Antalya

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- 1- Koç, S., Polat, B., Cengiz, A., Kahraman, Ş., Tufan-Çetin, Ö., and Çetin, H. (2022). Effectiveness of some microbial biopesticides based on *Bacillus* against lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) under laboratory conditions, *Fresenius Environmental Bulletin*, 31: 1537-1540.
- 2- Koç, S., Polat, B., Cengiz, A., Kahraman, Ş., Tufan-Çetin, Ö., & Çetin, H. (2022). Pathogenicity of an entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae* on *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) strains from Turkey. *Journal of Economic Entomology*, 115(4), 1303-1309.
- 3- Tufan-Cetin, O., Cengiz, A., Gultekin, Z. N., Kahraman, S., Polat, B., Koc, S., & Cetin, H. (2023). Total phenolic and flavonoid contents of oakmoss lichen *Evernia prunastri* extracts and their insecticidal activities against larvae of two vector mosquitoes, *Aedes aegypti* and *Culex pipiens*. *International Journal of Tropical Insect Science*. (Baskıda)

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1- Polat S. B., Erdoğan G., Kahraman Ş., Cengiz A., Çivril M., Koç S., et al. (2021). *Musca domestica* L. Üzerinde entomopatojen nematod *Steinernema carpocapsae*'nin patojenik etkisi. 22. Parazitoloji Kongresi. (Özet Bildiri/Poster).

2- Cengiz A., Kahraman S., Polat S. B., Çivril M., Koç S., Çetin H. (2021). *Culex pipiens* L. sivrisineği üzerinde entomopatojen nematod *Steinernema carpocapsae*'nin patojenik etkisi. 22. Parazitoloji Kongresi. (Özet Bildiri/Poster).

3- Cengiz A., Polat B., Civril M., Çetin H. (2019). Farklı oranlarda deniz suyu içeren ortamların *Culex pipiens* ve *Aedes aegypti* sivrisinek larvaları üzerindeki etkisi. Uluslararası Katılımlı 21. Ulusal Parazitoloji Kongresi. (Özet Bildiri/Poster)

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1- Cengiz, A., Çetin, H. (2022). Çeltik tarımında kullanılan herbisitlerin sivrisinekler üzerindeki toksik etkileri. V. Ulusal Vektör Mücadelesi Sempozyumu. (Özet Bildiri/Sözlü Bildiri).