

**BAZI BİTKİ EKSTRAKTLARININ
TERMİTLER ÜZERİNE ETKİLERİ**

Vital KWIZERA



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI BİTKİ EKSTRAKTLARININ TERMİTLER ÜZERİNE ETKİLERİ

Vital KWIZERA
0009-0006-9098-8607

Prof. Dr. Nimet Sema GENÇER
(Danışman)

DOKTORA TEZİ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

BURSA – 2023

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Vital KWIZERA tarafından hazırlanan “**BAZI BİTKİ EKSTRAKTLARININ TERMİTLER ÜZERİNE ETKİLERİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Nimet Sema GENÇER

- Başkan** : Prof. Dr. Nimet Sema GENÇER İmza
0000-0002-0699-1752
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi,
Bitki Koruma Anabilim Dalı
- Üye** : Prof. Dr. Orkun Barış KOVANCI İmza
0000-0002-6459-216X
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi,
Bitki Koruma Anabilim Dalı
- Üye** : Doç. Dr. Oya KAÇAR İmza
0000-0002-1537-2423
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi,
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı
- Üye** : Prof. Dr. Hanife Yandayan GENÇ İmza
0000-0001-8180-4307
Onsekiz Mart Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi,
Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü
- Üye** : Prof. Dr. Gül Sayan ATANUR İmza
0000-0001-7240-8839
Bursa Teknik Üniversitesi,
Orman Fakültesi,
Peyzaj Mimarlığı Bölümü

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali KARA
Enstitü Müdürü
.../.../...

B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

.../.../2023

Vital KWIZERA

TEZ YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

Prof. Dr. Nimet Sema GENÇER
.../.../2023

Vital KWIZERA
.../.../2023

İmza

Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum
anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

İmza

Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum
anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

ÖZET

Doktora Tezi

BAZI BİTKİ EKSTRAKTLARININ TERMİTLER ÜZERİNE ETKİLERİ

Vital KWIZERA

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nimet Sema GENÇER

Böceklerin yaklaşık 500 milyon yıl önceden itibaren dünyada yaşadığı bilinmektedir. İnsanlar ise sadece 200.000 yıl önce, dünyada yaşamaya başladığından beri ekosisteme zararlı olmaya başlamışlardır. İnsanların çevreye verdiği zarar, diğer hayvanların neden olduğu zararlarla kıyaslanamaz durumdadır. 1900'lerin başına kadar tarımsal faaliyetler çoğunlukla organik olarak yapılmaktaydı. Sanayileşme ile birlikte çiftçiler tarımı da sanayileştirmeye başladılar. En tehlikeli gelişmeler, pestisitler ve mineral gübre üretiminde oldu çünkü bunların bitki fizyolojisi üzerindeki ve biyotoptaki etkileri çok önemliydi. Biyotopta en çok etkilenenler böceklerdir çünkü pestisitlerin geliştirilmesinden bu yana dünya böcek popülasyonunun %70'ini kaybetmiştir. Termitler insektisit uygulamalarından en çok zarar gören türlerden biri olmuştur. Konvansiyonel pestisitler termitleri kontrol etmede başarısız olsa da, bu tür pestisitlerin her zaman kullanılmaya devam edildiği görülmektedir. Ayrıca pestisitlerin topraktaki yan etkileri ekolojiye büyük zararlar vermektedir. Araştırmamızda termitleri kontrol altına almak için çevre dostu çözümlerden biri olan doğal bitkisel ekstraktlar kullanılmıştır. Üç bitkiden (*Lantana camara*, *Tephrosia vogelii* ve *Euphorbia tirucalli*) elde edilen bitki özütleri, termit uzaklaştırıcı olarak test edilmiştir. Ezilmiş taze yapraklar ezildikten sonra 24, 48 ve 72 saat suda bekletilmiştir. Bu ekstraktlardan elde edilen üç doz, 1:9, 2:8 ve 3:7 (bitki ekstratı: su), aktif termit höyüklerinin etrafındaki parsellere uygulanmıştır. Uygulama yapılan parselleri termitlerin kolonize etmesi için kaç gün geçtiği (uzaklaştırma etkisi) değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, bitkisel özütleri suda bekletme süresinin önemli bir fark yaratmadığı anlaşılmaktadır. Ancak dozlar ve bitki çeşidi, kontrol parsellerine göre önemli farklılıklar göstermiştir. En yüksek uzaklaştırıcı etki, 72 saat suda bekletilen *E. tirucalli*'nin ve 48 saat suda bekletilen *T. vogelii*'nin 3:7 'luk dozlarında sırasıyla 31,3(±1) ve 31(±1) gün olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, 72 saat suda bekletilen *E. tirucalli*'nin 1:9 'luk dozu daha düşük (13 gün(±1)) uzaklaştırıcı etkiye sahiptir. Arazi kullanım analizi ise tarım ve yerleşim alanlarının termit biyotoplarının içine kurulduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, termitlerin topraktaki etkileri göz önüne alındığında ise organik maddenin geri dönüşümünde çiftçilerin yardımcısı olarak kullanılması konusunda büyük potansiyelleri bulunmaktadır. Bu nedenle termitlerin korunması açısından çevre dostu olan bitkisel ekstraktların kullanılmasının önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Termit, bitki ekstraktları, bitkisel uzaklaştırıcı, Isoptera, biyoçeşitlilik

2023, viii + 93 sayfa.

ABSTRACT

PhD Thesis

EFFECTS OF SOME PLANT EXTRACTS ON TERMITES

Vital KWIZERA

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Plant Protection

Supervisor: Prof. Dr. Nimet Sema GENÇER

It is known that insects have lived on Earth since about 500 million years ago. Humans, on the other hand, have started to be harmful to the ecosystem since they started living on earth only 200,000 years ago. The damage done by humans to the environment is incomparable with the damage caused by other animals. Until the early 1900s, agricultural activities were mostly done organically. Along with industrialization, farmers began to industrialize agriculture. The most dangerous advances were in the production of pesticides and mineral fertilizers, because their effects on plant physiology and the biotope were crucial. Insects are the most affected in the biotope because since the development of pesticides they have lost 70% of the world's insect population. Termites have been one of the species most damaged by insecticide applications. Although conventional pesticides fail to control termites, it seems that such pesticides continue to be used all the time. In addition, the side effects of pesticides in the soil cause great harm to ecology. In our research, natural herbal extracts, one of the environmentally friendly solutions, were used to control termites. Plant extracts from three plants (*Lantana camara*, *Tephrosia vogelii* and *Euphorbia tirucalli*) were tested as termite repellants. After the fresh leaves were crushed, they were soaked in water for 24, 48 and 72 hours. Three doses, 1:9, 2:8 and 3:7 (pounded plant : water), of these extracts were applied to the plots around the active termite mounds. How many days it took for termites to colonize the treated parcels (repellent effect) was evaluated. According to the results obtained, it is understood that the soaking time of the herbal extracts does not make a significant difference. However, doses and plant variety showed significant differences compared to control plots. The highest repellent effect was determined as 31.3(±1) and 31(±1) days at 3:7 doses of *E. tirucalli* soaked in water for 72 hours and *T. vogelii* soaked in water for 48 hours, respectively. However, 1:9 dose of *E. tirucalli* soaked in water for 72 hours has a lower (13(±1) days) repellent effect. Land use analysis, on the other hand, shows that agricultural and residential areas are built into termite biotopes. However, considering the effects of termites on the soil, they have great potential to be used as an aid to farmers in recycling organic matter. For this reason, it turns out that it is important to use environmentally friendly herbal extracts for the protection of termites.

Key words: Termite, plant extracts, repellent plants, Isoptera, biodiversity

2023, viii + 93 pages.

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Öncelikle doktora çalışmamı gerçek bir hikâyeye dönüştüren iki kişiye, eşim Violette Sibomana ve doktora danışmanım Prof. Dr. Nimet Sema Genç'er'e yürekten teşekkürlerimi sunuyorum. Burundi'nin Mukike köyünde çiftçilikle geçinen bir ailede doğup büyüdüm. Beni bir çiftçi olarak yetiştiren, ilk ve ortaokul eğitimime destek olmak için canla başla çalışan anne, babama ve kardeşlerime minnettarım. Burundi hükümeti lisans eğitimime, Türk hükümeti yüksek lisans eğitimime sponsor oldu, çok teşekkür ederim.

Bir entomolog olarak Prof. Dr. Nabi Alper Kumral'a yürekten teşekkürlerimi sunuyorum; bana entomoloji anabilim dalı yolculuğumun kapılarını açtı. Ziraat Fakültesi / Bitki Koruma Anabilim Dalı öğretim üyelerine her yönden (bilimsel ve bilimsel dil) destekleri için, özellikle yüksek lisans danışmanım Prof. Dr. İsmail Alper Susurluk'a teşekkür ederim. Bursa Uludağ Üniversitesi sadece benim okulum değil, ilham evim oldu. Beni kurslara, laboratuvar ve saha çalışmalarına davet eden birçok hocadan etkilendim. Sadece ilham kaynağı değil, aynı zamanda beni finansal olarak da desteklediler. Bana her konuda desteklerini esirgemeyen tüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince değerli katkılarıyla beni aydınlatan Tez İzleme Komitesi ve Tez Jürisi Hocalarım Sayın Prof. Dr. Nimet Sema GENÇER, Sayın Prof. Dr. O. Barış Kovancı, Sayın Doç.Dr. Oya KAÇAR, Prof. Dr. Hanife Yandayan GENÇ ve Prof. Dr. Gül Sayan ATANUR'a Hocalarıma Teşekkür ederim.

Doktora öğrencileri, Emre Şen ve Yavuz Selim Şahin'e Türkçe dili konusunda bana destek olduklarından dolayı ayrıca teşekkür ederim. 2016 yılından itibaren yaşadığımız Ürünlü Mahallesi evimiz oldu. Ürünlü Mahallesi'ne, özellikle Ürünlü'nün iki dönemdeki muhtarı Nihat Algan Bey, Kadri Beki Bey ve ilgili büro heyetlerine minnettarım.

Vital KWIZERA

.../.../2023

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	10
2.1. Tarımsal Üretimin Tarihi ve Evrimi	10
2.2. Organik Tarıma Karşı Konvansiyonel Tarım	11
2.3. Pestisitlerin Tarihçesi	13
2.4. Gübrelerin Tarihçesi, Kullanımı ve Pazarı.....	15
2.5. Kırsal Afrika'daki Yoksulluk: Tarımın Etkileri ve Çiftçilerin Karşılaştığı İkilem ..	16
2.6. Tarım ve Böcek Ekolojisi.....	18
2.7. Termitlerin Ekolojisi (Zararlı ve Doğa Dostu)	19
2.8. Termitler ve Kimyasal İnektisitler.....	21
2.9. Termit Kontrolü: Etkili Yöntemler ve Öneriler	23
2.10. Termitler ve Bitkisel İnektisitler.....	25
2.11. Termitlerin Ekosistemdeki Rolü ve İnsan Kaynaklı Tehditler	29
2.12. Bitkisel İnektisitler ve Ekstraktlar	30
3. MATERYAL VE YÖNTEM	36
3.1. Araştırma Yeri: Burundi'nin Kinyinya İlçesi	36
3.2. Miombo Ormanlarında Termitler.....	37
3.3. Burundi'nin Coğrafyası ve İklimi: Topografik Yapısı ve Bölgesel Özellikleri	38
3.4. Kinyinya İlçesindeki Demografi, Tarımsal Ekoloji ve Faaliyetler	39
3.5. Tarımsal Girdiler.....	40
3.6. Çalışmada Kullanılan Termitler ve Bitkiler.....	40
3.7. Çalışmada Kullanılan Diğer Materyaller	45
3.7.1. El Aletleri.....	45
3.7.2. GPS ve CBS Programları	46
3.8. Yöntem	47
3.8.1. Bitkisel ekstrakt formülasyonunun hazırlanması	47
3.8.2. Arazi Çalışmaları	48
3.8.2.1. Denemenin Yapılacağı Parsellerin Hazırlanması.....	48
3.8.2.2. Termitlerin Deneme Alanındaki Ekstraktlara Karşı Yöneliminin Değerlendirilmesi.....	50
3.9. Deneme Deseni	52
3.10. İstatistiksel Analizler.....	52
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	53

4.1. Termitlerin Farklı Bitki Ekstraktları ve Chlorpyrifos Uygulamalarına Tepkileri: Mortalite ve Davranışsal Etkiler	53
4.2. Tarla denemeleri.....	54
4.3. Termitleri Uzaklaştırma Üzerine Farklı Doz ve Suda Bekletme Süresinin Etkisi...	56
4.4. Bitkisel Ekstraktların Farklı Dozlarının Termitleri Uzaklaştırma Etkisi	58
4.5. Farklı Doz ve Suda Bekletme Sürelerine Göre Bitkisel Ekstraktların Termitler Üzerindeki Uzaklaştırma Etkisi	59
4.6. Chlorpyrifos'un Termitler Üzerine Uzaklaştırma Etkisi.....	64
4.7. Termit Höyükleri ve Arazi Kullanım Analizleri.....	65
5. SONUÇ... ..	77
KAYNAKLAR	80
ÖZGEÇMİŞ	93

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
\$	Amerikan doları
%	Yüzde
°C	Santigrat (Celsius) derece

Kısaltmalar	Açıklama
cm	Santimetre
DDT	Dichlorodiphenyltrichloroethane
ABD	Amerika Birleşik Devletler
EC	Emülsiyeye olabildiği konsantre (emulsifiable concentrate)
GIS/ CBS	Geographic Information System / Coğrafi Bilgi Sistemi
GPS	Global Positioning System
GSYİH	Gayri safi yurt içi hasıla
HPLC	Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
kg	Kilogram
km ²	Kilometrekare
LC50	Popülasyonun %50'sini öldürmesi beklenen doz
m	Metre
m ²	Metrekare
mg	Miligram
mm	Milimetre
MÖ	Milattan önce
N, P, K	Azot (N), Fosfor (P) ve Potasyum(K)
ppm	Milyonda bir birim (parts per million)
PRSP	Poverty Reduction Strategy Papers (yoksulluğu azaltma strateji belgesi)
USA	United States of America (ABD)
WG (= WDG)	Suda dağılabildiği granül (water dispersible granules)
WS	Tohum ilaçlaması için suda dağılabildiği toz (water dispersible powder for slurry treatment)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1. 1.	Burundi'nin 1980-2020 yılları arasındaki kişi başına düşen brüt yurtiçi hasılasının (gsyih) değeri (amerikan doları cinsinden).....	8
Şekil 3. 1.	Burundi haritasında kinyinya ilçesi.....	36
Şekil 3. 2.	Miombo ormanı, burundi konumu	37
Şekil 3. 3.	Burundi'nin batısından doğusuna topografik profil diyagramı.....	38
Şekil 3. 4.	Termitlerin inşa ettikleri höyükler büyüklük açısından insanla karşılaştırması	41
Şekil 3. 5.	<i>Euphorbia tirucalli</i>	42
Şekil 3. 6.	<i>Tephrosia vogelii</i>	43
Şekil 3. 7.	<i>Lantana camara</i>	45
Şekil 3. 8.	Havan (dibek) ve dibek tokmağı (bitkileri ezme için).....	46
Şekil 3. 9.	Preparatların hazırlanması.....	48
Şekil 3. 10.	Parsellerin höyüklere göre belirlenmesi	49
Şekil 3. 11.	<i>Imperata cylindrica</i>	49
Şekil 3. 12.	Uygulama parsellerinin hazırlanması	50
Şekil 3. 13.	Uygulama parselleri	51
Şekil 3. 14.	Preparatların uygulanması.....	51
Şekil 3. 15.	Preparatları uyguladıktan sonra termitler gelip gelmediğinin kontrol edilmesi	52
Şekil 4. 1.	Termitlerin durumu (baygın, ölü, canlı).....	54
Şekil 4. 2.	Dozlar ve suda bekletme süresinin, termitleri uzaklaştırma süresi üzerine etkisi ...	57
Şekil 4. 3.	Bitkisel ekstraktlar ve dozların termitleri uzaklaştırma etkisi	59
Şekil 4. 4.	Bitkisel ekstraktlar, dozlar ve suda bekletme süresinin etkisi	61
Şekil 4. 5.	Chlorpyrifos'un termitler üzerine uzaklaştırma etkisi	66
Şekil 4. 6.	2020 yılındaki arazi kullanımı ve termit höyükleri	67
Şekil 4. 7.	2005-2020 yılları arasındaki arazi kullanımı karşılaştırması	68
Şekil 4. 8.	Termit höyüklerinin yaşam alanlarındaki değişimi (2005-2020).....	69

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4. 1.	Chlorpyrifos'un termitler üzerine uzaklaştırma etkisi	65
Çizelge 4. 2.	Kinyinya ilçesinde yetiştirilen tarımsal ürünlere termitlerin zarar verme durumu ve bitkisel ekstrakt uygulama önerisi.....	75

1. GİRİŞ

Böceklerin yaklaşık 480 milyon yıl önce ortaya çıktığı ve bitkilerle aynı dönemde evrimleştiği bilinmektedir (Grimaldi & Engel, 2005). Böceklerin ekosistemdeki hem yararlı hem de zararlı rolleri bulunmaktadır. Böcekler, tarımsal ürünler, kereste ve depolanan ürünler ve bazı hastalıkların (bazı pandemiler dahil) vektörleri olarakta zararlı olabilirler. Bununla birlikte, böcekler ekosistemlerin anahtar taşı türleridir; besin maddelerini geri dönüştürürler, tozlaşmada rol alırlar, tohumları yaymada etkili olurlar, toprak yapısını ve verimliliği korurlar, diğer organizmaların popülasyonlarını düzenlerler ve diğer taksonlar için besin kaynağıdır (Gullan & Cranston, 2014; Schowalter, 2020).

Tanımlanmış hayvanların %80'inden fazlası ve tüm tanımlanmış organizmaların %50'sinden fazlası böceklerdir (Schowalter, 2020). Tüm böcek türlerinin %80'inden fazlası henüz tanımlanmamıştır. Böcek türlerinin karşı karşıya olduğu tehditler göz önüne alındığında, bazı türlerin teşhis edilmeden önce yok olabileceği düşünülmektedir (Gullan & Cranston, 2014; Schowalter, 2016). İnsanların yaklaşık 200 bin yıl önce ortaya çıktığı düşünülmektedir (Darwin, 1857). İnsanlar, tarım, ulaşım ve yerleşim alanları oluşturmak için doğal yaşam alanlarını değiştirirken, bazı böcek türlerinin avantajlı duruma geçmesine ve bazılarının dezavantajlı duruma geçmesine neden olmuştur. Frit sineği (*Oscinella frit*) (L.) (Diptera: Chloropidae) gibi bazı böcekler, hububat monokültürlerinin zenginliklerinden yararlanırken, doğal habitatlarda nadiren bulunurlar. Pirinç üretimi için su altında kalan alanlar ve yağmur suyuyla dolan atık madde ve araba lastikleri, sivrisineklerin üremesi için yeni yaşam alanları oluşturmaktadır (Schowalter, 2020).

Zararluların yönetiminin tarihi, büyük ölçüde tarım tarihinin bir alt kümesidir. Zararlular, tarımda sürekli bir sorun olsa da günümüzün ciddi zararlı sorunlarının çoğu, tarımsal üretimi yoğunlaştırmak için alınan önlemlerin doğrudan sonucudur (Waage, 1993). Bu durum, tarım yöntemlerinin ve kullanılan teknolojilerin zararlı popülasyonlarının kontrolünde önemli etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, zararlı böceklerle mücadelede ve ekosistemlerdeki faydalı böcek türlerinin korunmasında etkili stratejiler geliştirmek için, tarımsal uygulamaların ve yöntemlerin dikkate alınması

önemlidir. Bu yaklaşımlar, zararlı popülasyonlarını kontrol etme ve ekosistemdeki diğer türlerin sağlığını ve çeşitliliğini koruma amacıyla entegre zararlı yönetimi (IPM) ve sürdürülebilir tarım gibi kapsamlı stratejileri içerebilir. Böceklerin tüm ekosistemlerde önemli rolleri vardır ve ekosistem sağlığının ve işleyişinin korunması için dikkate alınmalıdır. Hem zararlı hem de yararlı böcek türlerinin yönetimi, insanların tarım, ulaşım ve yerleşim alanları oluşturma süreçlerini dikkate alarak geliştirilmelidir. Gelecekteki araştırmalar, zararlı böceklerle mücadelede etkili ve sürdürülebilir yöntemlerin geliştirilmesine ve ekosistemlerdeki faydalı böcek türlerinin korunmasına odaklanmalıdır.

Tarımdaki üretim artışı, farklı yollarla yeni veya daha büyük zararlı sorunlarının ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu sorunlar şu şekilde özetlenebilir:

1. Bir bitki türünün/çeşidinin giderek daha büyük ve kapsamlı monokültürlerde yoğunlaşması, zararlı türlerinin popülasyonlarının artmasına katkıda bulunmuştur.
2. Yüksek verimli mahsul çeşitleri genellikle zararlıların kolonizasyonu, yayılma ve hızlı büyümesi için uygun koşulları sunar.
3. Tarımsal ürünlerin çevresindeki doğal düşmanların azalması, zararlıların doğal düşmanlarının ürünlere giderek daha az sayıda ve daha uzaktan ürün olmayan rezervuarlardan gelmesi gerektiği anlamına gelir; bu durum ürünlerde zararlı salgınlarını önlemek için çok geç veya çok az sayıda girişe yol açabilir.
4. Yoğunlaştırma, aynı tarımsal ürünlerin ekimleri arasındaki aralıkların azalmasına veya mahsullerin üst üste gelmesine neden olur; bu durum zararlılara sürekli bir kaynak sağlamaktadır.
5. Daha iyi çeşit arayışı, bitki materyalinin dünya çapında hızlandırılmış hareketi ve zararlıların hareketi ile, bitki yetiştiricileri, ithalatçılar, gıda yardımı dağıtanlar ve ticaret yapanlar, farkında olmadan zararlı türlerin yayılmasına neden olmaktadır.
6. Özellikle böcekler için, zararlı problemlerinde artışa yol açan durum, kimyasallara olan aşırı bağımlılıktır (Carson, 1962).

Bu faktörler göz önünde bulundurularak, zararlı sorunlarının ele alınmasında sürdürülebilir ve entegre yöntemlerin benimsenmesi önem taşımaktadır. Bu yaklaşımlar, zararlı popülasyonlarını kontrol altında tutarken, ekosistemdeki diğer türlerin sağlığını ve çeşitliliğini korumaya yardımcı olabilir.

Termitler (Insecta: Isoptera), tropikal ormanlarda kritik toprak faunası bileşenleri olarak işlev görmekte ve organik madde ayrışması, besin döngüsü, toprak havalandırması ve drenajda önemli roller üstlenmektedirler. Ayrıca erozyona uğramış alanlarda yeni toprak oluşumuna katkı sağlarlar. Yaklaşık 220 milyon yıl önce evrimleşen termitler, fosil kayıtlarına dayanarak, hamamböceği (Blattoidea) ile yakından ilişkili olan ilkel kanatlı bir böcek grubu olarak kabul edilir. Termitler, yumuşak vücutlu, soluk renkli, polimorfik, selüloz tüketen, uzun ömürlü ve sosyal böceklerdir (Bignell ve Eggleton, 2000). Termitler daha az dikkat çeken ve çekici olmalarına rağmen, açtıkları tüneller sayesinde tropik karasal ekosistemlerin işleyişinde ve verimliliğinde kritik öneme sahiptirler. Toprak nüfusunu ve azot zenginleşmesini artırarak, tarımsal sürdürülebilirliğe önemli katkılarda bulunurlar (Evans ve diğerleri, 2011). Bu etkinlikler, diğer organizmaların zenginliğini ve bolluğunu artırarak daha büyük bir biyolojik çeşitliliği sürdürmeye yardımcı olur (Dangerfield ve diğerleri, 1998; Florencio ve diğerleri, 2013). Ancak, ticari plantasyonlarda ve ağaçlandırma alanlarında termitler önemli ekonomik kayıplara yol açabilirler. Ahşap yapılar, tarım ve orman ürünleri, depolanmış kereste, defterler ve kayıtlar gibi selülozdan yapılan ürünlerde büyük zararlara neden olmaktadır. Termitler, lignoselüloz adı verilen ahşabın ana yapısal polimerini sindirebilen arka bağırsak protozoaları veya bakterilerle ahşap yapıları tahrip ederler. Tarımsal alanlarda kayıplara neden olan bazı termit familyaları arasında Hodotermitidae (Anacanthotermes ve Hodotermes), Kalotermitidae (Neotermes), Rhinotermitidae (Coptotermes, Heterotermes ve Psammotermes) ve Termitidae (Amitermes, Ancistrotermes, Cornitermes, Macrotermes, Microcerotermes, Microtermes, Odonmitermes) bulunmaktadır (Krishna ve diğerleri, 2013).

Kimyasal termitisitler, termit kontrolünde en yaygın ve etkili yöntemlerden bazılarıdır. Bununla birlikte, bu kimyasalların olumsuz sonuçları, dünya genelinde araştırmacılar ve insanlar için kaygı yaratmaktadır. İstenmeyen yan etkileri ve hedef dışı türlerin bu

kimyasallar tarafından tahrip edilmesi, ekolojik açıdan daha güvenli alternatiflere yönelik acil bir ihtiyaç ortaya çıkarmaktadır (Jouquet ve diğerleri, 2011). Bu bağlamda, termit kontrolünde biyolojik ve entegre yaklaşımların benimsenmesi önem kazanmaktadır. Biyolojik mücadele yöntemleri arasında, termitlerin doğal düşmanlarını kullanarak popülasyonlarını kontrol altında tutma ve bitki dayanıklılığını artırarak zararlı etkilerini azaltma yer almaktadır. Ayrıca, termit kontrolünde bütüncül bir yaklaşım olan entegre zararlı yönetimi (IPM) stratejileri, termit zararlarını azaltmak ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını desteklemek için kimyasal, biyolojik ve kültürel yöntemlerin uyumlu bir şekilde kullanılmasını teşvik etmektedir. Termitlerin ekosistemlerdeki önemli rollerini ve tarımsal sürdürülebilirlik için katkılarını göz önünde bulundurarak, kontrol stratejilerinde ekolojik olarak daha güvenli ve sürdürülebilir alternatiflere yönelmek hem çevre hem de insan sağlığı açısından büyük öneme sahiptir. Bu yaklaşım, termitlerin zararlarını azaltırken, onların ekosistemde oynadığı kritik fonksiyonları koruyarak biyolojik çeşitliliği ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini destekleyecektir.

Dünya genelinde tarımsal alanlarda önemli zararlara yol açan termitlere (Chouvinc ve diğerleri, 2021) karşı kimyasal mücadele yöntemleri kullanılmasına rağmen, çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahip olabilmektedir (Belayneh & Berhan, 2019). Dolayısıyla, ekolojik ve ekonomik açıdan sürdürülebilir termit mücadele yöntemleri geliştirmek önemli bir araştırma alanıdır. Bu bağlamda, bazı bitki ekstraktlarının termitlere karşı doğal kovucu etkileri üzerine yapılan çalışmalar dikkat çekmektedir (Ndiaye ve diğerleri, 2015). Son yıllarda gerçekleştirilen bir dizi akademik çalışma, bitki ekstraktlarının termitlerle mücadelede kullanılma potansiyelini araştırmıştır. Özellikle, Ndiaye ve diğerleri (2015) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, farklı bitki ekstraktlarının (örneğin, *Azadirachta indica* ve *Jatropha curcas*) termitlere karşı doğal kovucu etkilere sahip olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, bitki ekstraktlarının hem ekonomik hem de çevre dostu bir alternatif olarak termit kontrolünde kullanılabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, Belayneh ve Berhan (2019) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, bitki ekstraktlarının termitlere karşı koruyucu etkisinin, uygulama yöntemine ve bitki türüne bağlı olarak değişebileceği vurgulanmaktadır. Bu nedenle, bu tür doğal yöntemlerin termitlerle

mücadelede başarılı bir şekilde kullanılabilmesi için, lokal olarak yetişen bitkilerin ekstraktlarının ve uygulama yöntemlerinin detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir. Özetle, bitki ekstraktlarının termitlerle mücadelede kullanılması üzerine yapılan akademik çalışmalar, sürdürülebilir ve çevre dostu bir alternatif olarak önemli bir potansiyele işaret etmektedir. Bu çalışmaların sonuçları, gelecekteki araştırmalar için değerli bilgiler sunarken, termitlerle mücadelede etkin ve güvenli yöntemler geliştirmeye katkıda bulunmaktadır.

Bitkisel pestisitler, zararlı böceklerin kontrolünde oldukça tehlikeli sentetik pestisitlere potansiyel bir alternatif sunarak önemli bir kaynak teşkil etmektedir. Yapraklar, çiçek sistemleri, meyveler, tohumlar, ağaçlar ve/veya köklerden elde edilebilirler. Aktif kimyasal bileşikler, bitki parçalarının uygun çözücülerle kurutulup, öğütülerek ve karıştırılarak ekstrakte edilir. Piretrin, rotenon, sabadilla, nikotin ve ryanodin gibi iyi bilinen bitkisel pestisitler bulunmaktadır. Termitlerle mücadelede bitkilerin kullanılmasına yönelik ilgi sınırlıdır. Çalışmalar çoğunlukla bitkisel kimyasalların su ve metanolla ekstraksiyonunu ve termitlere karşı uygulanan öldürücü potansiyelin değerlendirilmesi ile sınırlı kalmıştır. Bilindiği üzere, bitkiler, böcek istilalarına maruz kalan ekosistemlerde hayatta kalmak için kümülatif bir savunma mekanizması geliştirmiş ve ikincil metabolitler üretmiştir. Tarih boyunca, böceklerle mücadelede kullanılan en önemli seçenekler bitkisel ilaçlardır (Birkinshaw ve Colquhoun 1998). Ancak, çoğu bilimsel araştırmalar, bitkisel pestisit geliştirmeye yönelik çalışmaların yerine, bitkilerden ilaç, kozmetik ve tıbbi malzeme üretimine odaklanmıştır (Nakayama ve Osbrink, 2010).

Termitlerle mücadelede bitkisel pestisitlerin kullanılması hem çevreye hem de insan sağlığına daha az zararlıdır. Bu nedenle, sürdürülebilir tarım uygulamalarının benimsenmesi, termitlerin olumsuz etkilerini azaltarak verimi artırabilir ve ekosistemlerin dengesini korumaya yardımcı olabilir. Ayrıca, bitkisel pestisitlerin kullanımının yaygınlaşması, kimyasal pestisitlere olan bağımlılığın azalmasına katkıda bulunarak, ekolojik olarak daha sürdürülebilir tarım yöntemlerinin benimsenmesine yönelik önemli bir adım olacaktır. Sonuç olarak, termitler ve çiftçilik arasındaki uyumlu bir ilişki kurmak, tarımsal sürdürülebilirlik açısından büyük öneme sahiptir. Bu nedenle, termitlere karşı etkili bitkisel pestisitlerin belirlenmesi ve uygun rotasyon stratejilerinin

geliştirilmesi, tarımda zararlılarla mücadele yöntemlerini daha ekolojik ve sürdürülebilir hale getirmeye katkıda bulunacaktır.

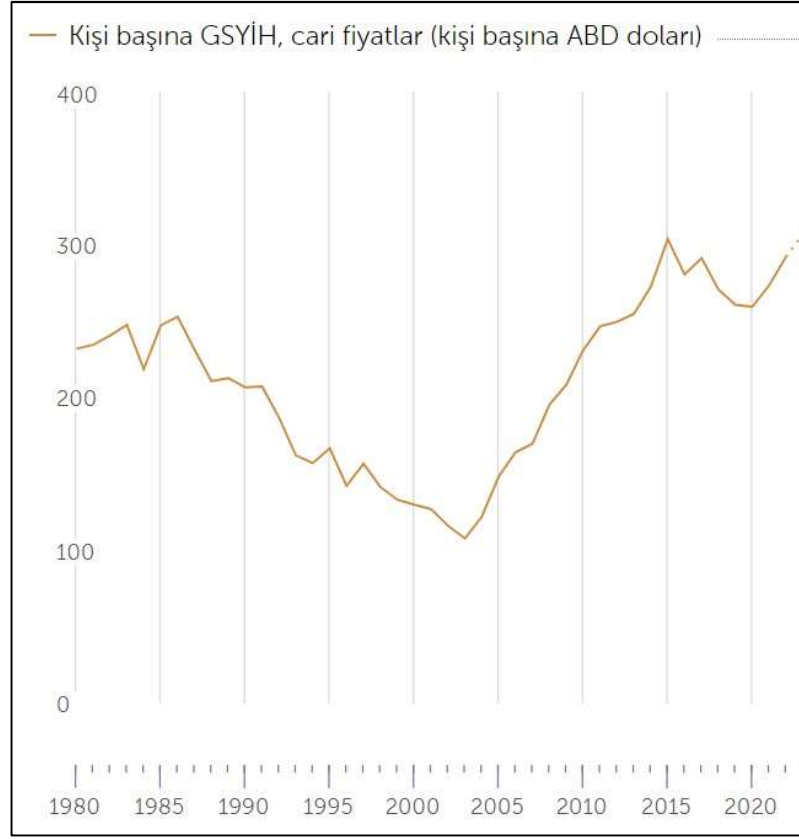
Bitki koruma alanında sıklıkla başvurulan yöntem kimyasal pestisit kullanımınıdır. Bununla birlikte, bitkiden izole edilen bir molekülün bazı zayıf yönleri mevcuttur. Bir bitki, kendi içinde karmaşık bir ilaç ve laboratuvar işlevi görür. Moleküller, zararlı organizmalarla mücadelede karmaşık etkileşimler sergiler. İzole edilen bir molekül, tüm bitkiyle elde edilecek etkinin aynısını sağlamayacaktır. Pestisit ithalatına bağımlı olan çiftçilerin kendi çevre dostu pestisitlerini üretmesi hem ekonomik hem de ekolojik açıdan uygun bir çözüm sunabilir. Bitki ekstraktlarının böceklerle karşı kullanılması üzerine yapılan literatür çalışmaları, doğal ve sürdürülebilir böcek kontrol yöntemleri için önemli bir potansiyel ortaya koymaktadır. Bu çalışmalar, çeşitli bitki ekstraktlarının böcekler üzerindeki uzaklaştırıcı, öldürücü ve büyüme düzenleyici etkilerini araştırmıştır (Isman, 2006). Bitki ekstraktlarının kullanımı, çevreye ve insan sağlığına zararlı kimyasal pestisitlerin olumsuz etkilerinden kaçınmak için değerli bir alternatif sunmaktadır. Örneğin, neem ağacının (*Azadirachta indica* A.Juss.) ekstraktları, çeşitli böcek türlerine karşı etkili olduğu gösterilmiştir (Mordue (Luntz) & Nisbet, 2000). Neem ekstraktları, böceklerin beslenmesini, büyümesini ve üremesini engelleyen bileşikler içermektedir (Schmutterer, 1990). Benzer şekilde, pyrethrum çiçeklerinin (*Chrysanthemum cinerariaefolium*) ekstraktları, birçok böcek türlerine karşı hızlı ve güçlü etkiye sahip doğal böcek öldürücüler içermekte ve bu nedenle tarım ve kentsel kullanımı için uygundur (Casida & Quistad, 1995). Son yıllarda yapılan çalışmalar, bitki ekstraktlarının bazı böcek türlerine karşı daha etkili olduğunu göstermiştir (Pavela, 2017). Ayrıca, ekstraktların uygulanması ve dozunun, böcek kontrolünde önemli bir rol oynadığı tespit edilmiştir (Isman, 2006). Bu nedenle, bitki ekstraktlarından elde edilen doğal böcek kontrol ürünlerinin başarılı bir şekilde kullanılabilmesi için, etkili uygulama yöntemlerinin ve dozların belirlenmesi önemlidir.

Bazı çalışmalar, bitki ekstraktlarının böceklerin nörolojik sistemine etki ederek, beslenme ve üreme düzenini bozan bileşikler içerebildiğini ortaya koymuştur (Regnault-Roger, 1997). Bu etkiler, böceklerin yaşamlarını sürdürmesini zorlaştırarak, tarımsal alanlardaki zararlarını azaltmaktadır. Ayrıca, bitki ekstraktları, böceklerin biyolojik süreçlerine hedef olarak seçici olabilir ve bu nedenle, çevreye ve insan sağlığına daha az

zararlıdır (Isman, 2007). Dikkate değer bir örnek olarak, bazı uçucu yağlar ve esansiyel yağlar, böcekler üzerinde güçlü uzaklaştırıcı ve öldürücü etkilere sahip olduğu gösterilmiştir (Regnault-Roger & Hamraoui, 1995). Bu tür doğal ürünlerin kullanımı, kimyasal pestisitlerin yerini alarak, doğal döngüleri ve biyolojik çeşitliliği koruyan sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkı sağlayabilir (Regnault-Roger, 1997). Sonuç olarak, bitki ekstraktlarının böcekler karşı kullanılması üzerine yapılan literatür çalışmaları, doğal ve sürdürülebilir böcek kontrol yöntemleri için değerli bir kaynak sunmaktadır. Bu çalışmalar, bitki ekstraktlarının etkili uygulanması ve dozlarının belirlenmesi ile, çevre dostu ve ekonomik böcek kontrol çözümlerinin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

Stevenson ve diğerleri (2017) tarafından belirtildiği üzere, bitkisel insektisitler, zararlı böcekler karşı yeni mücadele ürünlerinin geliştirilmesinde birçok kimyasalın sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Dünya genelinde yaygın olmasa da, bitkisel pestisitler, insan sağlığı ve çevre açısından daha güvenli olan doğal kontrol ürünlerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Doğal bitkisel bazlı pestisitlerin geliştirilmesinden en çok fayda sağlayan kıta Afrika'dır. Çeşitli çiftçi araştırmaları ve diğer bilimsel çalışmalar aracılığıyla, Afrika'dan pestisit özellikleri taşıyan yüzlerce yerli ve egzotik tür bildirilmiştir. Bu türlerin çoğunun farklı artropodlara karşı aktif olduğu doğrulanmıştır. Bitkisel pestisit kullanımı, özellikle kaynakları kısıtlı olan küçük çiftçiler arasında yaygındır ve birçok Afrikalı çiftçi tarafından bilinir. Yakın geçmişte, piretrum endüstrisi, Doğu Afrika'daki küçük toprak sahibi çiftçilerin katkıları ile hâkim olmuştur. Bu durum, uygun girişimci yatırım ve düzenleyici çerçeveler oluşturulduğunda, pestisidal bitkilerin Afrika'da gıda dışı nakit mahsul üretimi için bir beklenti olduğunu göstermektedir.

Dünya Bankası'nın 2022 istatistiklerine göre, Burundi dünyanın en yoksul ülkesidir. 2020 yılında kişi başına düşen milli gelir 259,91 Amerikan doları olarak belirtilmiştir (Şekil 1.1). Bu verilere göre, Burundi'de birçok kişi yoksulluk sınırının altında yaşamaktadır (World Bank, 2022).



Şekil 1. 1. Burundi'nin 1980-2020 yılları arasındaki kişi başına düşen brüt yurtiçi hasılasının (GSYİH) değeri (Amerikan doları cinsinden)

Burundi nüfusunun %90'ından fazlasını çiftçiler oluşturmaktadır, bu da yoksul nüfusun önemli bir kısmının tarımsal faaliyetlerle geçimini sağladığını ortaya koymaktadır. Zirai ilaç ve gübre alımında, çiftçilerin bilimsel tavsiyelere uygun ilaçları satın alamaması ve kullanamaması önemli bir sorundur. Az miktarda ilaç temin edebilen çiftçiler bile, ilaçları etkin bir şekilde kullanmak için gerekli ekipman, bilgi ve altyapıya sahip değildir. Kinyinya bölgesi ve genel olarak Burundi'deki çiftçilerin ekonomik durumu dikkate alındığında, bitki koruma sektörünü nasıl yeniden yapılandırabileceğimize ilişkin önemli sorular ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda, yerel bilgiye dayalı bitki koruma yöntemlerinin geliştirilmesi en uygun çözüm olarak görülmektedir. Doğal ve zararlı böcekleri uzaklaştırmak için kullanılan bitkisel ekstraktların hem çevre dostu hem de ekonomik açıdan faydalı olacağı düşünülmektedir. Bu nedenle, bu doktora çalışmasının amacı, üç farklı bitkiden elde edilen ve yerel çiftçiler için kolaylıkla erişilebilir, ekonomik ve çevreye zarar vermeyen bitkisel sulu ekstraktların kullanımının, tarımsal zararlılar olarak kabul edilen ve aynı zamanda biyolojik çeşitlilik

açısından önemli bir role sahip olan termitlerin tarımsal alanlardan uzaklaştırılması sürecine nasıl etki edeceğini incelemektir.

Genel olarak, bitkisel ekstraktlarının termit mücadelesinde kullanılması ile ilgili yapılan bilimsel çalışmalar, sürdürülebilir ve çevre dostu alternatifler olarak önemli bir potansiyel sunduğunu göstermektedir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar doğrultusunda, gelecekte gerçekleştirilecek araştırmalara değerli bilgiler sunulurken, termitlerle mücadelede etkili ve güvenli yöntemlerin geliştirilmesine de önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Özellikle, yerel olarak yetişen bitkilerin ekstraktları ve uygulama yöntemlerinin detaylı bir şekilde incelenmesi, bu doğal yöntemlerin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, mevcut çalışmanın amacı, termitlerle mücadelede ekonomik ve çevre dostu yöntemlerin geliştirilmesine katkıda bulunmak adına, bazı bitki ekstraktlarının termitlere karşı etkilerini incelemektir. Bu çalışma, daha önce yapılan çalışmaların üzerine inşa ederek, termit mücadelesi için yeni, güvenli ve etkili stratejilerin geliştirilmesine yönelik önemli bir adım atmayı amaçlamaktadır. Bununla birlikte, termitlerin ekolojik önemini koruyabilmek adına, insanların arazi kullanımı ile ilgili tehditleri incelenerek, termitlerin koruma biyolojisi hakkında ilave bilgilerde sunulmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Tarımsal Üretimin Tarihi ve Evrimi

Baker ve Goucher (2015), MÖ 12.000'den önce, dünyada tarıma dair neredeyse hiç işaret olmadığını, ancak insanların evcilleştirilmiş bitkilerini yetiştirmeye ve hayvan yetiştirmeye Neolitik çağda başladıklarını, daha sonra bu bitki ve hayvanları her türlü ortama dahil etmişler ve yeniden üretmeye çalışmışlar, bu şekilde, doğal ekosistemler, insanlar tarafından üretilen ve tahrip edilen ekili ekosistemlere dönüştürülmüş, daha sonra, tarımın dünyaya yayıldığını; ekosferin dönüşümünde ana faktör haline geldiğini, üretimdeki (tarımsal) kazanımları ve verimlilikteki kazanımları sırasıyla insan sayısındaki artışı ve kendi gıdasını üretmeyen sosyal grupların gelişimini etkilediğini ve büyük ölçekte üretim yapan çiftliklerin ortaya çıkmasına yol açtığını, küçük ölçekli çiftliklerin büyük ölçekli çiftliklerle rekabet etmesinin kolay olmadığını belirtmektedir.

Hannan ve Kranzberg (2021), insanlığın evrimi sırasında sosyal sınıfların doğduğunu, yazılı tarih başladığında, her sınıfın üyelerinin iş organizasyonunda belirli bir yeri işgal ettiğini farklı ekonomik ve sosyal sınıflar olduğunu, sosyal piramidin tepesinde hükümdar (genellikle Mezopotamya ve Mısır'da bir tanrı olarak tapılır) ve soyluların (muhtemelen komşularına boyun eğdirmiş bir savaşçı grubundan ortaya çıkmış) bulunduğunu, rahiplerin ise onlarla yakından bağlantılı olduğunu, yazı ve matematik bilgisine sahip olan rahiplerin, devlet memurları olarak hizmet ettiklerini, ekonomiyi örgütleyip yönlendirdiklerini, katipleri ve yazıcıları denetlediklerini, başkaları tarafından üretilen malları dağıtan ve değiş tokuş eden tüccarların sosyal piramidin soylu rahip sınıfının altında bulunduğunu, özel mallar üreten büyük zanaatkar ve zanaatkar grubunun alt ekonomik sınıflara ait olduğunu, toplumsal hiyerarşide daha da alt sıralarda köylülerin, toplumsal ölçeğin en altında büyük olasılıkla savaş tutsakları veya borçlular olarak ortaya çıkan kölelerin olduğunu, Klasik Yunanistan ve Roma'daki sosyal yapının bu çizgileri takip ettiğini, nispeten kısa bir süre için, bazı demokrasiler egemen grubu ortadan kaldırarak, özgür toprak sahipleri sınıfını oluşturduğunu ve bir yurttaş savaşçı ordusu sağladığını, ancak temel ekonomik örgütlenmenin değişmeden kaldığını belirtmektedir.

Barton (2018), sanayi devrimi ile birlikte en çok tarımsal mekanizasyon, kimyasal gübre üretimi, kimyasal ilaç üretimi ve gıda ürünlerinin uzun mesafelere dağıtımının ortaya çıktığını, aynı çabaların tohum üretiminde de olduğunu, bütün bu gelişmelerin büyük çiftçilerin lehine olduğunu, özellikle Afrika'daki küçük ölçekli çiftçilerin, gelişmiş ülkelerdeki emsallerinin çok gerisinde kaldığını, küçük ölçekli çiftçilerin, gıda pazarında büyük çiftlik şirketleri ile tam olarak rekabet edemediklerini, ayrıca, onlara bağımlı olduklarını, küçük ölçekli çiftçilerin, endüstrilere ve büyük çiftlik şirketlerine bağımlı hale geldiklerini, özellikle tohum, gübre ve tarım ilaçlarına bağımlı hale geldiklerini, her ürünün patentli olduğunu, her bir pestisit için büyük farmasötik ve pestisit endüstrilerinden izin gerektiğinden, orijinal bitki koruma yöntemlerini terk etmek zorunda kaldıklarını bildirmektedirler.

Sinclair & Sinclair (2010), sanayi devrimi sürecinde tarımsal mekanizasyon, kimyasal gübre ve ilaç üretimi, gıda ürünlerinin uzun mesafelere dağıtımını gibi önemli gelişmeler yaşandığını, bu dönemde tohum üretiminde de benzer ilerlemeler kaydedildiğini, bu gelişmelerin, büyük çiftçilerin lehine işlerken, özellikle Afrika'daki küçük ölçekli çiftçilerin, gelişmiş ülkelerdeki emsallerine göre daha dezavantajlı bir durumda kaldıklarını, küçük ölçekli çiftçilerin, gıda pazarında büyük çiftlik şirketleri ile tam anlamıyla rekabet edemediğini ve bu şirketlere bağımlı hale geldiklerini, özellikle tohum, gübre ve tarım ilaçları konusunda endüstrilere ve büyük çiftlik şirketlerine bağımlı yaşadıklarını, her ürünün patentli olması ve büyük farmasötik ve pestisit endüstrilerinden izin alınması gerekliliği sebebiyle, küçük ölçekli çiftçilerin, orijinal bitki koruma yöntemlerini terk etmek zorunda kaldıklarını belirtmiştir.

2.2. Organik Tarıma Karşı Konvansiyonel Tarım

Shennan ve diğerleri (2017), tarih boyunca tarımın, çoğunlukla organik ve konvansiyonel tarım olarak farklılaştığını, organik ve konvansiyonel tarım arasındaki iki büyük farkın, kimyasal gübre ve pestisit kullanımı olduğunu, konvansiyonel tarımda, sentetik gübreye ek olarak gübre, kompost ve diğer toprak düzenleyicilerinin kullanımına izin verildiğini, sertifikalı organik tarımda ise yalnız gübre, kompost, kemik veya kan unu gibi diğer toprak katkı maddelerinin kullanımına izin verildiğini, organik tarımda yasaklanmış olan sentetik N, P, K normalde bitkiler için hazır olan besinleri

sağlarken, gübrelerdeki bazı besinlerin kullanılmadan önce kimyasal dönüşümlere uğraması gerektiğini, bu nedenle, hem organik hem de konvansiyonel tarım sistemlerinin, kaynakları ve bulunabilirlikleri bakımından farklılık gösteren temel makro besinleri ürünlere sağlayabildiklerini bildirmektedir.

Barton (2018), iki sistem arasındaki gıda kalitesindeki ikinci büyük farkın, pestisit ve herbisit kullanımı olduğunu, konvansiyonel tarımda piyasada bulunan herhangi bir ürünün (kanunla yasaklanmayan) kullanımına izin verirken, organik tarımda sadece birkaç pestisite izin verildiğini ve bu nedenle toprak işleme ve ürün rotasyonu gibi uygulamaların kullanımına büyük ölçüde güvenilmesi gerektiğini, organik tarımda izin verilen pestisitlerin, ürünlerde kalıntı bırakmayan ürünlerden seçildiğini, organik tarımın, avcı-toplayıcıların doğal ekosistemlerde bitki ürünleri ve hayvanları topladığı tarih öncesi çağlardan beri uygulanan bir tarım şekli olduğunu, neolitik devrimden sonra insanlar, geleneksel tarımın doğduğu 1900'lerin başına kadar doğal olarak çiftçilik yaptıklarını bildirmektedirler.

Carson (1962), organik tarım kavramının 1900'lerin başında geliştirilmeye başladığını, 1930'larda ve 40'larda organik tarım hareketleri ve yayınları, özellikle sentetik azotlu gübrelerin kullanımına alternatifler aramak için başlıca sanayi ülkelerinde yoğunlaştığını, sentetik azotun, I. Dünya Savaşı'ndan sonra, azot fiksasyonu için Haber-Bosch prosesine dayalı patlayıcı üretim altyapısının azotlu gübre üretimine dönüştürülmesiyle kullanılabilir hale gelmeye başladığını, konvansiyonel tarımın temel özellikleri arasında, ekipman ve teknolojiye büyük sermaye yatırımlarının olduğu, büyük ölçekli çiftliklerin monokültürel tarım yaptığı, tek tip yüksek verimli hibrit mahsuller aldığı, tarım ticaretine bağımlı hale geldiği, çiftlik işlerinin mekanizasyonu ve robotizasyonu ve pestisit, gübre ve pestisitlerin yaygın olarak kullanımının olduğu, Hayvancılık söz konusu olduğunda, çoğu üretim, hayvanların oldukça yoğun ve sınırlı olduğu sistemlerden gelmektedir. Organik gıda talebi, 1960'larda, pestisitlerin neden olduğu çevresel zararın boyutunu belgeleyen Rachel Carson tarafından Silent Spring'in yayınlanmasıyla teşvik edilmiştir

2.3. Pestisitlerin Tarihçesi

Ordish (1952) tarafından belirtildiği üzere, pestisitlerin tarihi üç ana döneme ayrılabilir: Neolitik dönemden 1900'lere kadar olan pestisitlerden önceki dönem, 1900-1960'lar arasındaki pestisitlerin ilk zamanları ve 1960'lardan sonraki dönem. Zararlı böcekler, hastalıklar ve yabancı otlar, tarih boyunca insanlara ve tarımsal üretime önemli ölçüde zarar vermiştir. Bu zararların önlenmesi veya azaltılması için bilimsel gelişmeler ve pestisitlerin etkili kullanımı büyük öneme sahiptir. Özellikle, Cezayir'de 1866 yılında yaşanan büyük kıtlıkta nüfusun %5'inin öldüğünü ve bu kıtlığın nedeninin çekirge istilası olduğunu belirtmektedir. Küresel ölçekte, çekirgelerin neden olduğu tarım kayıpları, ikinci Dünya Savaşı'ndan önce yıllık tahmini 15 milyon dolarlık bir maliyete yol açmaktadır. Bu örnekler, pestisitlerin etkin kullanımının, tarımsal üretimi ve insan yaşamını korumak için önemli bir araç olduğunu göstermektedir. Günümüzde, pestisitlerin doğru kullanımı ve etkili kontrol yöntemleri, tarımsal üretimdeki verimliliği artırma ve insanların karşı karşıya olduğu zararlıların etkisini azaltma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, tarım politikalarının ve uygulamalarının, pestisitlerin etkilerini ve kullanımını dikkate alarak, sürdürülebilirlik ve gıda güvenliği açısından dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Cantor (2001) belirttiğine göre, dünyada en yıkıcı hastalıklardan biri, 1346-1353 yılları arasında Avrupa'da yaklaşık 50 milyon insanın ölümüne yol açan ve bazı bölgelerde 1654'e kadar süren, *Yersinia pestis* adlı bakterinin neden olduğu hıyarcıklı vebadır. Bu hastalık, insanlara yakın yaşayan enfekte sıçanlardan beslenen pireler aracılığıyla yayılmaktadır. Enfekte pireler tarafından ısırıldığında, bakteri gelişir ve genellikle kasık, uyluk, koltuk altı veya boyun gibi bölgelerde ağrılı bir şişliğe neden olur. Enfekte olanların yaklaşık %80'i, özellikle Temmuz ile Eylül sonu arasındaki sıcak yaz aylarında üç hafta içerisinde hayatını kaybeder. Birleşik Krallık'ta, hıyarcıklı veba nedeniyle nüfusun üçte biri ölmüş ve bu durum, özellikle kırsal alanlarda ticaret ve ekonomi üzerinde olumsuz bir etki yaratmıştır. Kış aylarında düşük sıcaklıklar, pire aktivitesini azaltarak veba salgınlarını durdurur. O dönemde pireleri kontrol etmek için bir böcek ilacı veya sıçanları öldürmek için kemirgen ilacı bulunmamaktaydı. Günümüzde, veba hastalığı hala mevcuttur ve Madagaskar başta olmak üzere birçok

ülkede rapor edilmektedir. Ancak artık hastalığın antibiyotiklerle kontrol edilebildiği bilinmektedir.

Ordish (1952)'in aktardıklarına göre, 19. yüzyılın sonunda Sri Lanka'daki (o dönem Seylan) kahve endüstrisinin çöküşüne yol açan önemli bir faktör, etkili bir mantar ilacının bulunmamış olmasıydı. Sri Lanka'da kahve yetiştiriciliği, 1740 yılında Hollandalılar tarafından başlatılmış ve İngilizlerin ülkeyi ele geçirmesinin ardından Avrupa'daki kahve talebinin artışıyla genişlemiştir. Ormanların tahribatı pahasına kahve üretim alanları genişletilmiş ve 1870'te ülke, 100.000 hektardan fazla kahve bitkisiyle dünyanın en büyük kahve üreticilerinden biri haline gelmiştir. Mantar hastalığı "Kahve yaprağı pası" (*Hemileia vastatrix*) ise, iddia edildiği üzere hem *Coffea Arabica*'nın hem de yaprak pasının atalarının anavatanı olan Habeşistan'dan (şimdiki Etiyopya) geçen Sudan üzerinden Sri Lanka'ya taşınmıştır. Bu hastalık nedeniyle Sri Lanka'daki kahve üretimi önemli ölçüde azalmıştır.

Matthews (2018) aktardığına göre, İrlanda'da 1845-1852 yılları arasında yaşanan Büyük Kıtık, patates yanıklığı (*Phytophthora infestans*) nedeniyle meydana gelmiştir. Bu mantar hastalığı Meksika'dan yayılarak deniz yoluyla ABD'den İrlanda'ya ulaşmıştır. Döneminde etkili bir mantar ilacının bulunmamış olması da hastalığın yayılmasında etkili olmuştur. Patates, daha önce de hastalık veya 1840'tan önceki don olayları nedeniyle periyodik olarak zarar görmekteydi; ancak patates yanıklığının yıkıcı etkisi, kitlesel açlığa ve nüfusun %20-25 oranında azalmasına yol açmıştır. İrlanda'daki patates yanıklığı, Avrupa'nın diğer bölgelerine kıyasla daha şiddetli olmuş ve bu durum, patatesin İrlanda diyetinin önemli bir parçası olmasından ve patates bitkileri arasında genetik değişkenliğin eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, 19. yüzyılda pestisit geliştirme çalışmalarının ardından, 20. yüzyılın ilk on yılında bu çabaların bitki özlerinin (özellikle piretrum ve tütün) ve inorganik kimyasalların (çoğunlukla arsenik, kükürt ve bakır içeren) kullanımına yoğunlaştığını belirtmektedir. 1940'lardan itibaren kimyagerler, organoklorlu ve organofosfatlı insektisitlerin yanı sıra yeni herbisitler ve fungusitler geliştirmeye başlamışlardır. 1960'tan önce en yaygın olarak geliştirilen pestisitler bitkisel insektisitler (piretrinler, rotenon, nikotin, ryania), inorganik kimyasallar (arsenikler, sülfür) ve organik kimyasallar (DDT, karbamatlar, akarisitler,

fümigantlar) ve bazı fungusitlerdir. 1960'dan sonra ise önemli organofosfatlı ve karbamatlı insektisitler geliştirilmiş ve ticarileştirilmiştir.

2.4. Gübrelerin Tarihçesi, Kullanımı ve Pazarı

Hignett (1985) doğanın, Dünya'daki yaşam ve ölüm döngüsünün bir parçası olarak milyonlarca yıldır kompost ürettiğini belirtir. İlk insanlar tarafından kullanılan hayvan gübresi, MÖ 3000 yıllarında Mısır'da doğrudan tarlalara yayılarak gübre olarak kullanılmıştır. Daha sonra gübre, saman ve diğer atıklarla karıştırılarak yığınlarda bekletilmiş ve yağmurun nemli tuttuğu gübre yığınları ayrışma sürecine yardımcı olup zengin kompost üretmiştir. Yunanlılar ve Romalılar kompostun değerini bilmiş ve üretimi artırmak için kullanmışlardır. Hatta çürüyen kompostun sıcaklığı, kışın yaz sebzeleri üretmek için kullanılmıştır. Hıristiyan manastırları, Roma İmparatorluğu'nun çöküşünden sonra Avrupa'da kompost üretimine devam etmişlerdir ve yaklaşık 1200'e kadar kompost birçok çiftçi tarafından tekrar kullanılmaya başlanmıştır. Yüzyıllar boyunca antik ve orta çağda, verimi arttırmak için çeşitli mineral veya organik maddelerin eklenmesine ilgi duyulmuştur. Ancak, son 200-300 yıla kadar bu konuya yaklaşım oldukça ilginç olmuştur. Bitki büyümesini önemli ölçüde iyileştiren çeşitli organik atıkların veya mineral maddelerin toprağa uygulanması, tesadüfen veya deneme yanılma yoluyla bulunmuştur. Gübre, öğütülmüş kemikler, odun külleri, güherçile ve alçıtaşı gibi maddeler kullanılmıştır. Bununla birlikte, sonuçlar farklılık göstermiştir; bir alana fayda sağlayan bir uygulamanın başka bir alanda hiçbir etkisi olmamış veya hatta olumsuz bir etkiye sahip olmuştur.

Rasmussen (2010) belirttiğine göre, zamanla daha fazla kimyasal madde tanımlandıkça, bilim insanları bitkilerdeki çeşitli mineral maddelerin sayısını ve önemini belirlemek açısından ilgi duymaya başlamışlardır. İlk başta, bir maddenin önemi bitkide bulunan miktarla orantılı olduğu düşünülse de bu teori kısa süre sonra çürütülmüştür. Modern gübre endüstrisinin temeli, 1840 yılında Liebig tarafından atılmıştır. Liebig, topraktan elde edilen mineral maddelerin bitki beslenmesindeki önemini ve toprak verimliliğini korumak için bu maddelerin değiştirilmesi gerekliliğini vurgulamıştır. Liebig, azotun değerini anlamış ancak bitkilerin azotu havadan alabileceğine inanmıştır. Fosfat, kireç, magnezyum ve potasyum gibi besinlerle kimya fabrikalarında bir gübre endüstrisi

oluşturmayı düşünmüştür. Kemiklerin fosfatını daha kolay erişilebilir kılmak için sülfürik asitle muamele etmeyi önermiştir. 1913'te bir Alman şirketi, gübreler de dahil olmak üzere sentetik azot bileşiklerini üretmeye başlamıştır. Bu yeni kimyasal gübreler, hayvan gübresi kompostundan daha ucuza üretilmiş ve çiftlik kompost yığını hızla geçmişte kalmıştır. 1950'de Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılan gübrenin sadece %1'i komposttan elde edilmiştir. Jerome Irving Rodale, 1942'de organik tarım yönteminin geliştirilmesinde tanınmış bir öncü olarak, sentetik gübrelere güvenmenin tehlikelerini ve doğal kaynaklardan elde edilen kompost kullanmanın faydalarını ilk görenlerden biri olmuştur. 1960'larda çevreye duyarlı bir dönemde kompost kullanımı kısa bir süre ivme kazanmıştır. Ancak, bu artış kompostun olumlu yönlerine dair yenilenmiş bir farkındalığın sonucu değil, çöplerin olumsuz yönlerine dair artan endişenin sonucudur. 2000 yılında dünya talebinin, 1974'teki 83,6 milyon tona kıyasla 3,2 kat artışla 264 milyon ton azot (N), fosfat (P₂O₅) ve potasyum (K₂O) olduğu gözlemlenmiştir. Ortalama besin içeriğinin %42 (N+P₂O₅+ K₂O) olduğu varsayıldığında, 2000 yılında yıllık gübre kullanımının brüt ağırlığının 629 milyon ton olacağı öngörülmüştür. Gelişmekte olan ülkelerdeki gübre kullanımının 1974'te 19,3 milyon tondan 92 milyona çıkması beklenmektedir. Tahminler, gıda gereksinimlerine değil, olası talebe dayanmaktadır. Artan nüfusun yeterli beslenmesi için gıda gereksinimlerine dayalı bir tahminin çoğunun gelişmekte olan ülkeler için daha yüksek ve birçok gelişmiş ülke için ise daha düşük olması beklenmektedir. Bu durum, gübre endüstrisinin ve özellikle kimyasal gübrelerin kullanımının gelecekteki gıda üretimi ve verimlilik üzerinde önemli bir etkisi olacağını göstermektedir. Dolayısıyla, gübrelerin doğru ve sürdürülebilir kullanımı, dünya nüfusunun artan gıda ihtiyaçlarını karşılamak için büyük öneme sahiptir.

2.5. Kırsal Afrika'daki Yoksulluk: Tarımın Etkileri ve Çiftçilerin Karşılaştığı İkilem

Kates ve Dasgupta (2007) yoksulların dünyasında, insanların gıda güvencesine sahip olmadıklarını, sınırlı mal varlıkları bulunduğunu, daha kısa ömürlü olduklarını ve eğitim imkanlarından mahrum kaldıklarını belirtmişlerdir. Ayrıca, bu bireylerin kredi ve tasarruf imkanlarından yoksun oldukları, ürün alamadıklarında veya evde yaşadıkları olumsuz koşullara karşı kendilerini koruyamadıkları ve kendi yaşamlarını kontrol

edemedikleri ifade edilmektedir. Yoksul insanlar ayrıca dünya ticaretinde yer alamamakta, sağlıksız çevrelerde yaşamakta ve kötü yönetilmektedirler.

Addae-Korankye (2014) Afrika'daki yoksulluğun nedenlerini, yolsuzluk ve kötü yönetim, sınırlı istihdam fırsatları, zayıf altyapı, yetersiz kaynak kullanımı, savaşlar ve süregelen çatışmalar, zayıf Dünya Bankası ve IMF politikaları gibi faktörlerle açıklamaktadır. Yoksulluğun aynı zamanda kültürel ve yapısal faktörlerden kaynaklandığı da belirtilmektedir. Yoksul insanlar, sosyal süreçleri, kamu politikalarını ve kaynak tahsisini etkileme kapasitesinden yoksun olup, geçimlerini iyileştirecek bilgi ve becerilere, eğitime ve kişisel gelişime erişimden mahrumdurlar. Yoksullukla mücadele, güçlü kurumların varlığında ve kaynakların adil dağılımıyla gerçekleştirilebilir ve yolsuzluğa bulaşmamış bir hükümet gerektirir. Ancak, Afrika'da yoksullukla mücadele için tasarlanan programlar tam olarak uygulanamamaktadır, çünkü fonlar yozlaşmış bireyler tarafından çoğunlukla ele geçirilmektedir.

Kabuya (2015) ise Yoksulluğu Azaltma Strateji Belgesi (PRSP) bağlamında, 2008 küresel krizin ardından Sahra Altı Afrika'daki ülkelerin güçlü büyüme direnci belirtileri gösterdiğini ifade etmiştir. Bununla birlikte, PRSP uygulamasının, Sahra Altı Afrika'daki en yoksul beşte birlik kesimin gelir payını artırmadığı gibi, yoksul insan sayısını da azaltmadığı tespit edilmiştir. Diğer bölgelerdeki ülkeler yoksulluğu azaltmada ve yoksulların gelir payını artırmada daha başarılı olurken, PRSP uygulamasının bu sonuçların şekillenmesinde kesin bir kanıt olmadığı belirtilmiştir. Dolayısıyla, yoksulluğun azaltılması ve daha adil bir gelir dağılımı sağlanması için, politika yapıcılarının ve uygulayıcılarının bölgesel ve küresel düzeyde daha etkin ve kapsayıcı stratejiler geliştirmeleri gerekmektedir. Bu stratejilerin, yoksul bireylerin yaşam koşullarını iyileştirmeye yönelik bilgi ve becerilere, eğitime ve kişisel gelişim fırsatlarına erişimlerini sağlaması, aynı zamanda yolsuzluğa ve kötü yönetişime karşı mücadelede etkin olması önem arz etmektedir.

Cramer ve diğerleri (2020), Afrika'yı istikrarsızlaştıran birçok tarihi olay arasında Arap ülkelerine (7. yüzyıldan 19. yüzyıla kadar) ve Amerika'ya (16. yüzyıldan 19. yüzyıla kadar) olan köleliğin olduğunu bunu 1960'ların ortalarına kadar sömürgeciliğin izlediğini, sömürgeciliğin, gelişme için bir fırsat olabilecek olan modern eğitimi

getirdiğini, sadece bazı seçkinlerin eğitimi beyaz Avrupalı'lardan miras aldığını, bağımsızlıktan bu yana, Afrikalı kırsal çiftçilerin yoksulluk içinde kaldığını, kırsal yoksulluğun, kalkınmanın önünde büyük bir engel olduğunu, çiftçiler ve çocuklarının daha az eğitilmiş olduğunu ve modern eğitime daha az erişebildiğini, kırsal alanların, kasaba ve şehirler için daha ucuz tarım ürünleri ve en ucuz el emeği sağladıklarını, köylerde kalan az sayıda çiftçinin çiftçiliğe alternatif başka bir işinin olmadığını bildirmektedirler.

2.6. Tarım ve Böcek Ekolojisi

Palumbi (2001), DDT'nin icadının tüm böcek sorunlarına karşı çözüm olarak kabul edildiğini ve 1948'de Nobel Ödülü kazanan Paul Müller'in keşfine hayranlıkla bakıldığını belirtmektedir. Ancak, ev sineklerinde direnç geliştiği haberleri, Nobel töreninden önce yayılmıştır ve 1960'larda sivrisineklerde direnç gelişmiştir. Carson (1962), kimyasalların zararlı ve yararlı tüm böcekleri öldürdüğünü, kuşların ötüşlerini ve nehirlerdeki balıkların hareketlerini durdurduğunu, yaprakları ölümcül bir filmle kapladığını ve toprağa kalıcı bir etki yarattığını bildirmiştir. Cerejeira ve diğerleri (2003), sentetik pestisitlerin çevrede biriktiğini ve yeraltı suyu sistemlerine sızdığını belirtmişlerdir. Minh ve diğerleri (2004), sürüngenlerin, kuşların ve insanların pestisit kalıntılara maruz kaldıklarını, bu kalıntıların balıkların vücut yağında biriktiğini bildirmişlerdir. Mathur ve diğerleri (2002), pestisit kalıntılarının fizyolojik vücut fonksiyonlarını bozarak meme kanseri gibi hastalıklara neden olduğunu belirtmişlerdir. Gong ve diğerleri (2010), pestisitlerin havadaki birikimlerinin asit yağmuruna sebep olabileceğini bildirmişlerdir. Thomas ve diğerleri (2004), metilbromin ve organokloridlerin ozon tabakasının delinmesine ve küresel ısınmaya katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir.

Rhodes (2018), pestisit kullanımının yol açtığı zararlar arasında en dikkat çekicisinin böcek popülasyonları ve biyolojik çeşitliliğin kaybı olduğunu belirtmiştir. Özellikle tozlayıcıların kaybının besin ağı üzerinde ciddi sonuçlar doğurduğunu ve bazı doğal düşmanların kaybolmasıyla birlikte, dünyada bitkilere ve insanlara zararlı olan böceklerde popülasyon patlaması yaşandığını ifade etmiştir.

2.7. Termitlerin Ekolojisi (Zararlı ve Doğa Dostu)

Engel ve diğerkleri (2009), termitlerin (Insecta: Isoptera) sosyal böcek gruplarından biri olduğunu, Isoptera takımının diğerk birçok böcek takımına göre nispeten daha az tür çeşitliliğine sahip olduğunu, Nisan 2012 itibariyle 12 familya ve 330 canlı ve fosil cins içeren 3105 birey ve fosil türünden oluştuğunu belirtmektedir. Termitlerin kraliçe (esas olarak yumurtalamak için), askerler (özellikle saldırı durumunda koloninin güvenliği için) ve işçilerden (termit askerlerini beslemek, kraliçeye hareket ettirmek ve bir seviyeye kadar koloni saldırı altındayken güvenlik grubuna katılmak) oluştuğunu ve bu kategorilerden kraliçeler ve kralların yuvada kaldığını vurgulamaktadırlar. Termitlerin alışkanlıklarına göre iki ana kategoriye ayrıldığını, bunların ahşap/odun ve yeraltı termitleri olduğunu, zararlı olanların her iki kategoriden de olabileceğini ve hepsinin Kalotermitidae, Stolotermitidae ve Archotermopsidae familyalarına ait olan odun termitleri olduğunu belirtmektedirler. Yeraltı termitlerinin genellikle karada yaşadıklarını, bazılarının yeraltında yuvalar inşa ettiklerini, bazılarının toprakta dağınık yuvalarda yaşadıklarını, diğerklerinin höyükler inşa ettiğini ve birkaçının da toprakla bağlantılı ağaç yuvaları inşa ettiğini, tüm yeraltı termitlerinin tüneller veya barınak tüpleri inşa ederek gıda kaynaklarına erişim sağladıklarını ve bunların Hodotermitidae, Mastotermitidae, Rhinotermitidae, Stylotermitidae ve Termitidae familyalarına ait olduklarını bildirmektedirler. van Huis (2017), tropikal bölgelerde termitlerin hayvan aleminin biyokütlesinin 1:9'unu oluşturduğunu, Antarktika hariç her kıtada termitlerin bulunduğunu belirtirken, türlerin doğru bir şekilde tanımlanması için çeşitli yaşam tarzlarına sahip termitlerin uygun şekilde sınıflandırılmasının gerekliliğine dikkat çekmektedirler. Krishna ve diğerkleri (2013), termitlerin insanlara (tarlalarda, ormanlarda ve ahşap evlerinde) zararlı olmasına rağmen, doğaya karşı dost olduğunu belirtmişlerdir.

Rouland-Lefèvre (2010), termit kelimesinin insanların zihninde tahribat ve yıkım çağrışımı yaptığını, ancak tüm termit türlerinin zararlı olmadığını ve yıkıcı olarak rapor edilen termit türlerinin sadece küçük bir kısmının sorumlu olduğunu açıklamıştır. 3015 termit türünden sadece 371'inin (%12,4) literatürde yıkıcı olarak rapor edildiği ve sadece 104'ünün (%3,5) ciddi tehdit olarak kabul edildiği belirtilmiştir. Bununla birlikte, bu zararlı türlerin yol açtığı hasarın geniş kapsamlı olduğu, termitlerin selüloz içeren birçok malzemeye saldırdığı ve bu yıkımdan kaynaklanan mali kayıpların yılda

milyarlarca dolara denk geldiği ifade edilmiştir. Govorushko (2018), termitlerin yol ağtığı mali kayıplara örnek olarak; Avustralya'da \$1.5 milyar, in'de \$217 milyar, Endonezya'da \$200–300 milyon, Japonya'da \$0.8–1.0 milyar, Malezya'da \$4–5 milyon, Tayland'da \$500 milyon ve ABD'de \$1.5 milyar olduğunu bildirmektedir.

Bishwajeet ve diğerleri (2018), Hindistan'da termitlerin ekimden hasada kadar ekinlere zarar verdiğini ve yılda milyonlarca avro kayba neden olduğunu ifade etmişlerdir. Termit zararlarının yağmurla ıslanan tarlalarda (% 20-25) sulama yapılan tarlalara (% 10) göre daha fazla görüldüğü ve Hindistan'ın kurak bölgelerinde termit istilalarının meyve, şeker kamışı, pamuk, eltik, mısır, inci darı, bakliyat, narenciye, sebze, baharat, yerfıstığı ve patates dahil birçok üründe tespit edildiği belirtilmiştir.

Holt ve Lapage (2000) alışmalarına göre, termitlerin zararlı olmasının yanı sıra, toprak ekolojisindeki en önemli rolü olan omurgasız canlılar olduğu belirtilmektedir. Termitler, kurak ve yarı kurak ortamlarda ana makro omurgasız ayrıştırıcılar arasında yer almaktadır. Ayrıca, farklı toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerine sahip biyolojik yapıları (hykler, galeriler, örtüler, vb.) oluşturarak da etkiler oluştururlar. Ancak tropik bölgelerde tarımı tehdit eden zararlılar olarak statüleri nedeniyle, termitlerin olumlu rolleri genellikle gölgede kalmaktadır.

Wood (1996) alışmasında, termitlerin toprak yapısını geliştirdiği, tünelleri kazarken bir tabakadan başka tabakaya geçerek toprak verimliliğini artırdığı, dışkılarını ve toprağın, tükürüğü ve kestiği toprağın ince parçalarını karıştırarak yeni toprak parçacıkları meydana getirdikleri, toprağın biyolojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerini geliştirdikleri ve bu sayede bitkilerin gelişmesine katkı sağladıkları belirtilmektedir.

2.8. Termitler ve Kimyasal İnkisitler

Bishwajeet ve diğerleri (2018), termitlerle m¼cadelede kullanılan y¼ntemlerin uzun zamandır var olduğunu ve organoklorlu pestisitlerin bulunmasından sonra kimyasal m¼cadelenin arttığını belirtmektedir. Organoklorlu pestisitlerin sağlık tehlikeleri nedeniyle çoğu ¼lkede yasaklandığını, ancak organofosfatlar ve piretroidlerin termit m¼cadelesinde hala kullanıldığını bildirmektedirler.

Su ve diğerleri (1999), termit y¼netimi i¼in ¼nerilen yeni inkisitlerin iki tip olduğunu belirtmektedir: hızlı etkili kovucular ve yavaş etkili kovucu olmayanlar. Termit m¼cadelesinde kullanılan organofosfatların nispeten kısa toprak kalıntı s¼resi ile hızlı etki g¼sterdiđi, piretroidlerin ise termitlerin yiyecek arama alanlarını değiştirdiği ve toprakta daha uzun s¼re kalmasına neden olduğu bildirilmektedir.

Ibrahim ve diğerleri (2003), İmidaklopid, fıpronil, klorfenapir, indoksakarb ve klorantraniliprole'nin ¼nerilen konsantrasyonlarda kullanıldığında termit kovucu g¼revi g¼rd¼đ¼n¼ bildirmişlerdir.

Hu ve Hickman (2006), bu inkisitlerin termitler arasında zararlı davranış bozukluklarına neden olduğunu ve toksik etkilerinin zehirlenmiş termitlerden kolonideki zehirlenmemiş bireylere bulaşarak ¼nemli ¼l¼mlere yol a¼tıđını bildirmişlerdir.

Bagnères ve diğerleri (2009), inkisitlerle bulaşma i¼in termit mekanizmalarını, işlenmiş y¼zeylerde y¼r¼me, g¼ndelik temaslar, karşılıklı tımarlama ve antenleme, troflaksi (stomodeal veya proktodeal), gıda ve kimyasal alışverişi, koprofaj, nekroforez, nekrofaj, yamyamlık ve ikincil kontamine y¼zeylerle temas olarak belirtmektedir.

Su ve Scheffrahn (1990), sentetik piretroidlerin (permethrin, cypermethrin, deltamethrin, fenvalerate, cyfluthrin, tralomethrin, lambda-cyhalothrin, tefluthrin, bifenthrin ve flucythrinate) b¼ceklerin sinir sisteminde bulunan sodyum kanallarına etki ettiğini, ¼nerilen dozlarda uygulandığında termitleri hızla ¼ld¼rd¼đ¼n¼ veya pestisit

uygulanan alandan uzakta tünel açmada yer değişikliğine neden olduğunu bildirmektedirler.

Bishwajeet ve diğerleri (2018) tarafından yapılan bir çalışma, sodyum arsenat, DDT, triklorobenzen, kreozot, etilen dibromür ve pentaklorofenol gibi yavaş etkili, kovucu olmayan toksik maddelerin, 20. yüzyılın başlarında yeraltındaki termit kontrolü için kullanıldığını ortaya koymuştur. Bu toksik maddelerin kullanım nedeni, koloni popülasyonlarını baskılama veya yok etme yoluyla etkilemektir.

French (1991) tarafından Avustralya'da kullanılan bir yöntem olan yemleme tekniği, 1990'lı yıllarda yeraltı termitlerinin aktif galerilerine dekloran içeren yem blokları yerleştirilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem, organoklorların kullanımının durdurulmasına kadar en yaygın kullanılan yöntemdir. Yemler, organoklor / organofosfor / karbamat insektisitlerinden yapılmıştır ve çok az miktarda insektisit gerektiğinden, daha sonra toksik maddenin diğer koloni üyelerine aktarılmasıyla etkiliydi. Yeraltı termitleri yönetiminde kullanılan diğer bir yöntem, arsenik tozu gibi yavaş etkili toksik maddelerin doğrudan yiyecek arama galerilerine uygulanmasıdır.

Ripa ve diğerleri (2007) tarafından yapılan bir çalışmada Şili'de yürütülen bir denemede, fipronil ve cypermetrin ile ilaçlanmış toprakların termitlerin evlere olan erişimini %75 engellediği belirlenmiştir.

Sekamate ve diğerleri (2003), Uganda'da, protein bazlı yemlerin kullanımının mısır veriminin artması için etkili bir entegre termit yönetimi stratejisi olabileceğini önermiştir. Bu çalışmada, ölü hayvanlardan, et kemiklerinden ve şeker kamışı kabuklarından yapılmış yemler kullanılmış ve karıncaların protein bazlı yemlere daha fazla ilgi gösterdiği tespit edilmiştir. Bu da mısır bitkilerinin yakınında daha fazla sayıda karınca yuvası bulunmasına neden olmuş ve termitlerin verdiği zararın azalmasına yardımcı olmuştur.

Ibrahim ve diğerleri (2003), fipronil toksisitesini *Coptotermes formosanus*'ye karşı test etmişlerdir. Topikal uygulama denemeleri, fipronilin işçilere ve askerlere karşı çok düşük dozlarda etkili olduğunu göstermiştir. 24 saat sonra akut toksisitenin işçilerde

askerlere göre önemli ölçüde daha yüksek olduğu ve LD50 değerlerinin işçilere kıyasla askerlerde daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Uygulama yapıldıktan 72 saat sonra, fipronilin LD50 değerinin uygulama yapılmamış işçilerle birlikte uygulama yapılan askerlerde işçilere göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Fipronilin kovuculuk etkisi, işçilerin %0,063'ünden daha az oranda ve hiçbir askerde gözlenmemiştir. İşçiler için ise %0,125'lik fipronil dozları toprak uygulamasında kovuculuk etkisi göstermiştir.

2.9. Termit Kontrolü: Etkili Yöntemler ve Öneriler

Oi (2022) termitlerin yönetiminin maliyeti ve prosedürüne bağlı olarak büyük ölçüde değiştiğini belirtmektedir. Piyasada çok sayıda termitisit mevcuttur ve bunlar arasında organofosfatlar ve piretroidler gibi ekonomik olan ve uzaklaştırıcı olmayan pahalı termitisitler de bulunmaktadır. Termitler son derece organize ve zeki sosyal böceklerdir ve hızla çoğalırlar. İşçi veya asker sayısındaki herhangi bir eksiklik hızla kapatılabilir. Termit yönetimi araştırmaları son yirmi yılda hızlı bir ilerleme kaydetmiştir. Bitki koruması açısından toprağa uygulanan termit öldürücüler için yapılan ilk referans, 1928'de Kaliforniya'daki elektrik direklerinin korunması için yapılan bir testtir. Termit öldürücüler, yapı uygulamalarında ahşap işlemleri ve hassas alanlar gibi tercih edilmediği toprak uygulamalarında daha hızlı benimsendi. 1950'lerin başında, klorlu hidrokarbonlar (aldrin, dieldrin, klordan ve heptaklor) toprak termitisitleri olarak kullanılmış ve toprakta uzun süre kalıcılıklarından dolayı piyasadan çekilmiştir, ancak termit kontrollerinde 1980'lerin ortalarına kadar kullanılmıştır.

Agarwala (1955), insektisitlerin (benzen heksaklorür, aldrin, klordan, dieldrin vb.) şeker kamışı tarlalarında toz veya sıvı olarak uygulanmasının termit kontrolünde etkili olduğunu bildirmiştir.

Parihar (1985) yaptığı araştırmada, aldrin 30 EC'in hint tohumlarında 10 ml/kg uygulamasının ürünü termitlere karşı koruyucu etkisi olduğunu belirtmiştir. %5 aldrin tozunun ise 37,5 kg/ha dozda ekim öncesi toprağa uygulanmasının etkili sonuçlar verdiğini ve yaygın olarak kullanılan %10 BHC'nin en az etkili olduğunu söylemektedir.

Scheffrahn ve diğeri (1997), yerel kimyasal işlemlerin performansını kimyasal toksisite, formülasyon, uygulama yöntemi, kuru odun termit davranışı ve galeri sistemi mimarisinin etkilediğini öne sürmüşlerdir.

Singh ve Singh (2001), forat 10 G 2,50 kg ai/ha, klorpirifos 15 G 2,50 kg ai/ha ve klorpirifos 20 EC @ 1,00 kg ai/ha gibi uygulamaların yanı sıra Gaucho 70 WS'nin %0,20'lik çözeltisi ile çökeltme işleminin şeker kamışı verimine katkı sağlamada en iyi sonuçları verdiğini belirtmiştir.

Delgarde ve Rouland (2002), *Trinervitermes trinervius* Rambur, *Odontotermes smeathmani* Fuller ve *Amitermes evuncifer* Silvestri için thiamethoxam'ın etkili dozunu 0,3 ppm olarak bulmuş ve türe bağlı olarak 2-8 gün içinde %100 ölümlerle sonuçlandığını, ayrıca, *O. smeathmani*'nin ürünü tükettiğini ve thiamethoxam'ın kolonide kontamine bireylerden sağlıklı bireylere bulaşabileceğini belirtmiştir. Thiamethoxam'ın *T. trinervius* ve *A. evuncifer* için kovucu olmayıp, beslenmeyi önleyici etki gösterdiği de bildirilmiştir.

Sekamatte ve diğeri (2003), soya fasulyesi ve yerfıstığının mısır-baklagil yetiştirme sisteminde adi fasulyeye göre termit saldırısını bastırmada daha etkili olduğunu gözlemlemişler ve Doğu Afrika'daki küçük çiftçi yetiştirme sistemleri için entegre bir termit yönetim stratejisi önermişlerdir.

Rust ve Saran (2008) ise, asetamipridin *R. hesperus*'a karşı topikal uygulamalarda çok etkili olduğunu ve 1 ppm kadar düşük dozlarda bile termitlerin tünel açmadıkları ve uzaklaştıklarını bildirmişlerdir.

Ahmed ve diğeri (2007) yaptıkları araştırmada, Pakistan'da şeker kamışı ürünlerinde klorpirifos ve bifentrin yerine, thiamethoxam ve imidacloprid'in direk ilaçlama veya sulama ile bağlantılı olarak toprak uygulamasının iyi bir alternatif olabileceğini savunmuşlardır.

Iqbal ve Saeed (2013) Multan'da ağaç ekimi, işlenmemiş bina, işlenmiş bina ve tarım alanından toplanan *Microtermes mycophagus* Desneux örneklerinde insektisitlerin toksisitelerini değerlendirdiklerinde, tarım alanından toplanan popülasyonun diğer üç lokasyona kıyasla insektisitlere daha toleranslı olduğunu bildirmişlerdir.

Bhagawati ve diğerleri (2014) ise tarla koşullarında yapılan çalışmalarında, 1 ml/litre konsantrasyonda klotianidin 50 WDG ile muamele edilmiş şeker kamışı setlerinin en düşük termit istilasını kaydettiğini ve aynı konsantrasyonda %50 aseptat ve %1.8 imidakloprid uygulamasının da istatistiksel parite gösterdiğini belirtmişlerdir.

Tüm bu çalışmalar dikkate alındığında, termitlerin son derece organize ve zeki sosyal böcekler olduğu ve hızlı bir şekilde çoğalabildikleri görülmektedir. Bu nedenle, termit kontrolü için zamanında ve etkili bir strateji uygulamak büyük önem taşımaktadır. Termitisitlerin kullanımı, termit kontrolünde etkili bir yöntem olarak kabul edilmekle birlikte, kullanılan termitisit formülasyonu, uygulama yöntemi ve kimyasal toksisite gibi faktörler, performansı etkileyebilmektedir. Entegre termit yönetimi stratejileri, termit saldırısının kontrol altına alınması için etkili bir yaklaşım olarak öne sürülmektedir. Ancak, termit kontrolünde kullanılan insektisitlerin, diğer canlılar ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olabileceği göz önüne alınmalıdır. Bu nedenle, çevre dostu ve insana zarar vermeyen yöntemlerin tercih edilmesi önerilmektedir. Tarımsal ürünlerde termit kontrolünde kullanılan insektisitlerin, ürün verimini ve kalitesini artırabileceği ancak, bu uygulamaların ürün kalitesi ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olabileceği dikkate alınmalıdır.

2.10. Termitler ve Bitkisel İsektisitler

Lengai ve diğerleri (2019) tarafından belirtilenlere göre, sürekli artan nüfusun beslenme ihtiyacı ile gıda talebinin artması, bitki zararlıları ve hastalıklarıyla mücadelede sentetik kimyasalların geliştirilmesi ve benimsenmesine sebep olmuştur. Ancak, sentetik pestisitlerin insan sağlığı ve çevre üzerindeki zararlı etkileri, dirençli böcekler ve patojenlerin gelişimi sebebiyle önerilmemektedir. Organik olarak üretilen gıdalara olan talebin arttığı görülmüş, bu durum alternatif yaklaşımlar ve bitkisel pestisitlerdeki arayışların öne çıkmasına yol açmıştır. Bitkisel pestisitlerin etkinliği, farklı bitki

zararlılarına karşı mücadele kapasitesi, ucuzluğu, biyolojik olarak kolay parçalanabilmesi, çeşitli etki biçimleri, kolay erişilebilir kaynakları ve hedef dışı organizmalara karşı düşük toksisitesi ile, entegre zararlı yönetim sistemlerine dahil edilebilme potansiyeli ve sürdürülebilirlik katkısı vurgulanmıştır. Ancak, bitkisel pestisitlerin tamamen benimsenmesi, kimyasal verilerin ve pozitif kontrollerin eksikliği, formülasyon ve ticarileştirme süreçlerindeki zorluklar nedeniyle gerçekleşmemiştir. Ayrıca, bitkisel pestisitlerin kimyasal verileri, biyolojik bozunmaları, entegre zararlı yönetimindeki rolleri ve sürdürülebilir zararlı yönetimi için benimsenme ve kullanımlarında karşılaşılan zorluklar da bildirilmiştir.

Rouland-Lefèvre (2010), insektisit kullanımının termitlere karşı olumsuz ve yan etkilerinin olduğunu, biyopestisit kullanımı ile ilgili araştırmaların umut verici olduğunu, kimyasal mücadelenin en yaygın kullanılan yöntem olduğunu ve termitlerin kontrolünde organoklorlu ve organofosfatlı insektisitlerin en yaygın kullanılan kimyasallar olduğunu ancak çeşitli toksisiteleri nedeniyle artık yasaklandığını veya sınırlandırıldığını bildirmiştir.

Kamran ve diğerleri (2018), önceden kullanılan organik sentetik insektisitlerin böceklerde dayanıklılığı arttırdığını, insan ve çevre sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin dünyada doğal insektisitlere olan ilgiyi arttırdığını, bu nedenle araştırmaların çevre dostu mücadele yöntemlerine odaklandığını ve bitkisel pestisitlerin zararlı böcek kontrolü için oldukça tehlikeli sentetik pestisitlere potansiyel bir alternatif sunduğunu bildirmişlerdir. Bitkisel pestisitlerin piretrin, rotenon, sabadilla, nikotin, ryanodin vb. gibi iyi bilinen bitkisel bileşenlerden elde edildiği, ancak termitlere karşı bitkisel ilaçların kullanımı konusundaki araştırmalara çok az ilgi gösterildiği, termitlerin biyotahlillerinin eksik olduğu ve aktif bileşiğin izolasyonu ve sentezinin çok nadir olduğu bildirilmiştir.

Elango ve diğerleri (2012), zararlı böceklerin kontrolü için sentetik kimyasalların yaygın olarak kullanıldığını ancak takvime dayalı ve akılcı olmayan kullanımının ciddi çevresel tehlikeler yarattığını, aşırı kullanımının ise fitotoksiste, memeli toksisitesi, pestisit kalıntıları, hedef böceklerde pestisit direnci, böcek salgınları ve artan üretim maliyetleri gibi olumsuz sonuçlara yol açtığını belirtmektedir.

Nakayama ve Osbrink (2010), bitkilerin böcek istilasıyla mücadele için kendi savunma mekanizmalarını kullanarak ikincil metabolitler ürettiklerini vurgulamaktadırlar.

Birkinshaw ve Colquhoun (1998), bitkisel ilaçların insanlık tarihi boyunca eklembacaklılara karşı kullanılan tek seçenek olduğunu ancak bugüne kadar bitkisel pestisitlerin geliştirilmesine daha az çaba gösterildiğini belirtmektedirler.

Kamran ve diğerleri (2018), rotenonun en eski bitkisel insektisit olduğunu ve Fransız botanikçi Emmanuel Geoffroy tarafından 1895 yılında *Lonchocarpus nicou*'dan izole edildiğini, Japon kimyager Nagai Nagayoshi'nin ise 1902 yılında *Derris elliptica*'dan saf kristal bir bileşik izole ettiğini, rotenonun insektisit ve balık öldürücü özellikleri olduğunu, patates böcekleri, salatalık böcekleri, pire böcekleri, lahana kurtları gibi çeşitli böceklerle etkili bir şekilde mücadele edebildiğini, bildirmekte ayrıca Rotenonun ATP'nin (adenozin trifosfat) oluşumu sırasında nikotinamid adenin dinükleotidi (NAD) ile etkileşime girerek hücre içi enerji ve metabolizmanın merkezi birimi olduğunu, Rotenon molekülünün biyolojik olarak hızlı parçalanma özelliği gösterdiğini ve bu nedenle kalıntı riskinin düşük olduğunu, *Tephrosia virginiana*, *Pachyrhizus erosus*, *Deguelia utilis*, *Lonchocarpus urucu*, *Derris elliptica*, *Derris involuta*, *Mundulea sericea*, *Piscidia piscipula*, *Milletia*, ve *Tephrosia* spp. gibi çeşitli tropikal ve subtropikal bitki türlerinden elde edilebildiğini ifade etmektedirler.

Weinzierl ve Henn (1994), Solanaceae bitkilerinde bulunan ve geçmişte insektisit olarak yaygın olarak kullanılan bir diğer önemli uyarıcı alkaloidin nikotin olduğunu, nikotinin, *Nicotiana tabacum*, *N. rustica*, *Duboisia hopwoodii* ve *Asclepias syriaca*'nın yapraklarında %2-14 oranında bulunduğunu bildirmektedir. Matsumura (1975) nikotin bileşiğinin Posselt ve Reimann (1828 yılında) tarafından izole edildiğini, yaprak bitleri türleri de dahil olmak üzere çeşitli yumuşak vücutlu böceklerle karşı etkili olduğunu ve anti-otobur olarak hareket ederek beslenmeyi bozarak böcekleri öldürdüğünü, ayrıca, nikotinin, hem böceklerde hem de memelilerde kontrolsüz sinir davranışlarına neden olan aşırı derecede sinirsel toksik bir alkaloid olduğunu ifade etmektedir.

Metcalf (2000), pirethrinin, *Chrysanthemum cinerariifolium*'un toz haline getirilmiş kurutulmuş çiçeklerinden elde edildiğini ve böceklerin sinir sistemleri üzerinde etkili olduğunu belirtmektedir. Çin kültürünün, ezilmiş Krizantem bitkilerini insektisit olarak kullanan ilk kültür olduğu ve MÖ 1000 gibi erken bir tarihte belgelendiği ifade edilir. Piretrin çıkarmak için kurutulmuş çiçeklerin ince bir toz haline getirilerek öğütüldüğü ve organik çözücüler içeren ekstraktın altı tip piretrin içerdiği (piretrin I, piretrin II, sinerin I, sinerin II, jasmolin I ve jasmolin II) belirtilmektedir.

Stenersen (2004), piretrinin böceklerin sinir hücrelerinde voltaj kaplı sodyum iyon kanallarının kapanmasını etkilediğini, hipereksitasyonlara neden olan tekrarlayan ve uzun süreli sinir ateşlemelerine neden olduğunu, bu durumun motor koordinasyon kaybına ve ardından böcek ölümüne yol açtığını ifade etmektedir. Ayrıca, piretrinin düşük dozlarda uygulandığında güçlü bir böcek kovucu etki gösterdiği ve aktif bileşenin güneş ışığı altında kolayca fotodegradasyona uğradığı ve bununla bağlantılı olarak tehlikeli kalıntı riskinin düşük olduğu belirtilmektedir.

Gemmill-Herren (2016), sentetik piretrin formülasyonlarının keşfinden sonra, doğal piretrin kullanımının hızlı bir şekilde azaldığını, piretroid kullanımındaki artışın çeşitli çevresel tehlikelerle sonuçlandığını, sentetik piretroidlerin, yüksek etkinlikleri ve düşük toksisiteleri nedeniyle, geleneksel kimyasal pestisitlerin yerini aldığını, ancak, sentetik piretroidlerin kullanımı da ciddi çevresel tehlikeler yaratabildiğini, Örneğin, piretroidlerin su kaynaklarına sızması, su canlıları ve diğer hayvanlarda toksik etkiler oluşturabildiğini, ayrıca, piretroidlerin toprakta kalma süreleri uzun olduğundan, toprakta birikerek bitki yetiştirme ortamlarını kirlilik riskiyle karşı karşıya bırakabildiğini vurgulamaktadır.

Gaetano ve Andrew (2015), ryanodinin, başka bir doğal bitki bileşiği ve yavaş etkili bir mide zehiri olduğunu, Salicaceae bitkilerinin odunundan elde edildiğini, bu doğal olarak oluşan böcek öldürücünün, *Ryania speciosa*'nın gövdesinden izole edildiğini, alkaloid ryanodinin, toplam kuru odun ağırlığının yaklaşık %0,2'sine denk gelen ana toksik bileşen olduğunu, etki şekli hakkında çok fazla ayrıntı bulunmadığını, bununla birlikte, yedikten sonra böceklerin beslenmeyi bıraktığını ve ardından yavaşça bir felç meydana

geldiğini, bileşiğın, vücudun kas sisteminde bulunan bir grup kalsiyum kanalı olan açık biçimli ryanodin reseptörleri ile etkileşime girdiğini, saflaştırılmış ryanodin formunun, ham odun tozu formuna kıyasla 700 kat zehirli olduğunu bildirmektedir.

Sonuç olarak, zararlı böceklerin kontrolünde kullanılan pestisitler, çevresel riskler ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri nedeniyle önemli bir tartışma konusu haline gelmiştir. Doğal kaynaklardan elde edilen insektisitler, özellikle de bitkisel kaynaklı olanlar, sentetik pestisitlerin yerini alabilecek umut verici bir seçenek olarak değerlendirilmektedir. Ancak, doğal insektisitlerin kullanımını da kapsamlı bir araştırma ve düzenleme gerektirir.

2.11. Termitlerin Ekosistemdeki Rolü ve İnsan Kaynaklı Tehditler

Wagner ve diğerleri (2021), son 10.000 yılda insan nüfusu 1 milyondan 7,8 milyara çıkmıştır. Dünya'nın tarım arazilerinin büyük bir kısmı zaten tarım alanı olarak kullanılmaktadır ve her yıl milyonlarca dönüm tropikal orman, özellikle tarım ve yerleşim alanları oluşturmak amacıyla temizlenmektedir. Doğal ekosistemlerin yok edilmesi böcek ekolojisi üzerinde etkili olmaktadır.

Montgomery ve diğerleri (2020), son yıllarda entomologlar dünya çapında böceklerin görülme sıklığı, taksonomik zenginlik ve coğrafi yayılımındaki kaygı verici düşüşleri belgelemiştir. Ayrıca, bazı son çalışmalar, genellikle yaygın türlerin böcek bolluğu ve biyokütlesinin hızla azaldığını bildirmiş ve bu durum bazıları tarafından "Böcek Kıyameti" olarak adlandırılmıştır. Son raporlar, dünya çapında böcek biyolojik çeşitliliğini korumak için acil önlemler alınmasını haklı çıkarmaktadır. Düşüşlere neden olan faktörler oldukça fazladır; habitat kaybı, tarımsal yoğunlaşma, iklim değişikliği, istilacı türler, pestisitler ve ışık kirliliği gibi. Ancak, böcek düşüşlerinin kapsamı ve şiddeti hakkında hala bilinmeyenler bulunmaktadır. Araştırmacıların böcek çeşitliliği ve demografi trendlerini inceleme sürecinde yaşadığı zorluklara rağmen, bu önemli veri eksikliklerini doldurmak ve bunu yaparken titiz bilimi kullanmak acil bir gerekliliktir.

Kanyi ve diğerleri (2021), insanların eylemleriyle tehlike altında olan böceklerin bir grubunu termitler oluşturmaktadır. Toprak ekosistemlerindeki rollerine rağmen, tarımsal

planlamalar termitlerin esenliğini dikkate almamaktadır. Her yıl hektarlarca tropikal orman tarıma dönüştürülmektedir. Termit toplulukları da bu durumdan dolayı yok olmaktadır. Termitlerin gerçekleştirdiği toprak döngüsü yerine getirilememekte ve termitlerin gübreleme görevi, endüstriyel kimyasal tarım ilaçları ile değiştirilmektedir.

2.12. Bitkisel İsektisitler ve Ekstraktlar

Isman (2007) ise kırsal alandaki çiftçilerin kendi yerel pestisitlerini geliştirmek için mücadele ettiklerini ve çoğunun atalarından kalma yöntemleri olduğunu ifade eder. Bitkisel pestisitlerin düşük insan toksisitesine ve düşük yarı ömre sahip olduğunu ve çevreden kısa sürede yok olabildiğini belirten Isman, geleneksel şifacıların şifalı ve zehirli bitkiler hakkında önemli bir bilgi birikimine sahip olduğunu ve kanser araştırmaları için de bu bilginin faydalı olabileceğini ifade eder.

Duke ve diğerleri (2010), doğal toksinlerin, yeni kimyasal pestisit sınıflarının yanı sıra halihazırda kullanılan pestisitlerin çoğundan çevresel ve toksikolojik olarak daha güvenli moleküllerin kaynağı olduğunu belirtmektedir. Ayrıca, genellikle şu anda pazarlanan pestisitler tarafından kullanılmayan moleküler hedeflere sahip olduklarını ve başlıca pestisit sınıflarında doğal bileşiklere dayalı oldukça başarılı ürünlerin mevcut olduğunu ifade ederler. Bu ürünlere, herbisit glufosinat (sentetik fosfinotrisin), spinosad insektisitleri ve strobilurin fungusitler dahildir. Duke ve diğerleri ayrıca "daha yeşil termitisit" teriminin, termit yönetiminde bitkisel ilaçların önemini vurguladığını belirtmektedirler. Tüm dünyada bitki tohumlarının ve meyve kabuklarının termit öldürücü olarak potansiyelini araştırıldığını ve *Azadirachta indica* ağacı tohumlarının, önemli bir bitkisel insektisit kaynağı olduğunu ifade ederler. Çoğu azadiraktin analogunun içerildiğini belirten Duke ve diğerleri ayrıca, "azadiraktin A" adı verilen bileşiğin çoğunlukla etkili olduğunu belirtirler. Bitki tohumlarının ve meyve kabuklarının termitisit olarak potansiyelinin tüm dünyada araştırıldığını ve *A. indica* tohumlarının, önemli bir bitkisel insektisit kaynağı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, çoğu azadiraktin analogu içeren neem ağacının ağırlıklı olarak "azadiraktin A" içerdiğini ve diğer analogların az bir etkinlik gösterdiği belirtilmiştir.

Boué ve Raina (2003), bitkilerde doğal olarak terpenoidler, flavonoidler, saponinler vb. gibi belirli kimyasalların veya termitleri iten ve öldüren veya bağırsak florasına müdahale eden karışımların bulunduğunu açıklar.

Meepagala ve diğerleri (2006), laboratuvarında yeraltı termitlerinde önemli ölçüde ölüme neden olan "Vulgarone B" (*Artemisia douglasiana*, Asteraceae'den), "cnicin" (*Centaurea maculosa*, Asteraceae'den) ve "apiol" (*Ligusticum hultenii*, Apiaceae'den) aktif bileşiklerini izole ettiklerini ve ayrıca fitotoksik ve antifungal özellikler gibi başka biyolojik aktivitelere de sahip olduklarını belirtirler. Bu bitkilerdeki ikincil metabolitlerin ekolojik önemini vurgularlar.

Verma ve diğerleri (2013), *Jatropha*'nın kök, gövde ve ağaç kabuğu çözücü özlerinin potansiyel termitisit etkileri gösterdiğini belirtirler.

Alshehry ve diğerleri (2014), *Rhazya stricta* Decne, *Lantana camara* L., *Ruta chalepensis* L. ve *Heliotropium bacciferum* Forssk. gibi bitkilerin yapraklarından elde edilen özün (heksan) yeraltı termiti *Psammotermes hybostoma* (Desneux) için umut verici olduğunu bildirmiştir.

Yuan ve Hu (2012) *Lantana camara* yaprağı ekstraktının *Reticulitermes flavipelerine* karşı itici, beslenmeyi önleyici ve toksik aktiviteğini bildirmiştir.

Addisu ve diğerleri (2014) ise, *Macrotermes* spp.'ye karşı *Azadirachta indica* ve *Jatropha curcas* yapraklarının su özlerini kullanarak tatmin edici sonuçlar elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Sharma ve diğerleri (1999) altı bitkinin (*Acorus calamus*, *Lantana camara*, *Parthenium hausteneum*, *Pongamia glabra*, *Jatropha curcas* ve *Tagetes erecta*) *Odontotermes obesus*'a karşı toksik etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, *Acorus calamus* rizomlarının ve *Tagetes erecta*'nın toprak üstü kısımlarının en zehirli olduğu tespit edilmiştir.

Ateyyat ve diğeri (2009) tıbbi aktiviteye sahip olduğu bilinen dokuz bitkinin sulu özlerinin, Tütün beyaz sineği *Bemisia tabaci* Genn (Homoptera: Aleurodidae)'e karşı toksik etkilerini incelemişlerdir. *Lepidium sativum* L.'e ait bitkisel özler, Imidacloprid'in neden olduğu toksik etkiye benzer olarak erken dönem nimflerin %71'ini öldürmüştür. Pupaların ise, *L. sativum*, *Achillea biebersteinii* L. veya *Retama raetam* ile muamele edilmesi ergin çıkışını engellemiştir. *R. raetam* özütü ile uygulama yapılanların Imidacloprid'den önemli ölçüde farklı olmayan seviyelerde erginleri öldürdüğu bulunmuştur. Ayrıca, *Pimpinella anisum* L., *Galium longifolium* Sibth., *R. raetam* ve *Ballota undulata* Bentham bitkilerinin uzaklaştırıcı etkiye sahip olduğu belirtilmiştir.

Rando ve diğeri (2011) *Brevicoryne brassicae* ve *Myzus persicae*'ye karşı püskürtülen *Coriandrum sativum*, *Equisetum hyemale* L., *Nicotiana tabacum* ve *Ocimum gratissimum* L.'nin sulu ekstraktlarının (%10 w/v'de) insektisit özelliklerini değerlendirmişlerdir. Sonuçlara göre, her iki zararlıya karşı uygulamadan 72 saat sonra sadece *Coriandrum sativum* ve *Nicotiana tabacum* özütünün etkili olduğu ve kontrol olarak kullanılan organofosfatlı insektisit aseptada benzer ölüm oranları elde edildiği görülmüştür. *Equisetum hyemale* ve *Ocimum gratissimum* da sadece *Brevicoryne brassicae*'ye karşı insektisit özellikleri sergilemiştir.

Pavela (2017), *Saponaria officinalis* L. köklerinin sulu ekstraktlarını (% 0,2 ila 1,9 w/v) *Tetranychus urticae*'ye karşı akarisit etkileri açısından değerlendirmiştir. Bulgulara göre, zararlının gelişim aşamalarını doza bağlı bir şekilde etkilediği görülmektedir. Araştırmacı, *Saponaria officinalis* L. köklerinden elde edilen sulu ekstraktların farklı konsantrasyonlarının *Tetranychus urticae* üzerindeki etkilerini belirlemek için farklı konsantrasyonlarda (%0,2 ila 1,9 w/v) uygulamıştır. Bulgulara göre, zararlı böceklerin gelişim aşamalarının uygulanan konsantrasyonlara bağlı olarak farklı şekillerde etkilendiği tespit edilmiştir. Ekstraktın düşük konsantrasyonları daha çok yumurta aşamasında etkiliyken, yüksek konsantrasyonlarda ergin böcekler üzerinde daha güçlü bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Araştırmacı ayrıca, yumurtlama oranının da farklı ekstrakt konsantrasyonlarından etkilendiğini belirtmiştir.

Kumar ve diğeri (2017), yaptıkları arazi çalışmasında, *Mythemna separata* zararlısına karşı *Zingiber officinale*, *Roscoe rizomlarının*, *Anthemis cotula* L., *Artemisia annua* L., *Datura stramonium* L. ve *Juglans regia* L. bitkileri ile yulaf (*Avena sativa* L.) yapraklarından %5 (her litre suya 50 mg bitki) oranında hazırlanan sulu ekstraktların insektisit etkilerini yedi günlük bir uygulama sonrasında değerlendirdiklerini belirtmektedirler. Uygulamadan sonra, incelenen tüm bitkilerin zararlıya karşı %65'in üzerinde toksik etki gösterdiği ve *Artemisia annua*'nın en etkili bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, *Artemisia annua* %84,59'luk bir toksik etki ile neredeyse referans Dichlorvos 76 EC'nin insektisit etkisi kadar (89,34) iyi bir sonuç elde edildiği ifade edilmektedir.

Agbidye ve diğeri (2020) *Euphorbia tirucalli* ekstraktlarının *Daniellia oliveri* ve *Ficus capensis* ağaçları üzerinde termitleri uzaklaştırma etkisini araştırdıklarını, bitki örneklerini önce fırında kuruttuklarını ve *E. tirucalli* formülasyonlarını %0,5, %1 ve %2'lik konsantrasyonda hazırladıklarını belirtmektedirler. Soligum, metanol ve işlenmemiş ağaç örneklerini kontrol olarak kullandıklarını ve işlem görmüş ahşap numunelerinin 6 x 12 metrelik alana 1 x 3 metre aralıklarla bir sıra halinde serildiğini bildirmektedirler. Bir termitariumda Tamamen Randomize Tasarım (CRD) uygulandığını ve verilerin 8 hafta içerisinde alındığını ifade eden yazarlar, fitokimyasal sonuçlarda alkaloidler, fenoller, tanenler, kardiyak glikozitler, flavonoidler ve saponinlerin bulunduğunu belirtmişlerdir. *D. oliveri* ve *F. capensis*'te ekstraktların absorpsiyon yüzdesinin %47 - 86 ve %94,00 – 50,67 arasında değiştiğini, soligum uygulanmış ağaç örneklerinin çalışma süresi boyunca saldırıya uğramadığını, *E. tirucalli* (%0,5) ve metanol ekstraktı uygulanmış olan *D. oliveri* ve *F. capensis* ağaçlarının 6-8 hafta saldırıya uğramadığını ve *E.tirucalli* özlerinin, ahşap ve ahşap ürünleri korumak için ve yeni ahşap koruyucular geliştirmek için kullanılabileceğini belirten Agbidye ve diğeri (2020), *Euphorbia tirucalli* ekstraktlarının *Daniellia oliveri* ve *Ficus capensis* ağaçları üzerinde termitleri uzaklaştırma etkisini araştırdıklarını ve bitki örneklerini fırında kuruttuktan sonra %0,5, %1 ve %2 konsantrasyonlarda *E. tirucalli* formülasyonları hazırladıklarını ifade etmektedirler. Ekstraktların fitokimyasal analizlerinde alkaloidler, fenoller, tanenler, kardiyak glikozitler, flavonoidler ve saponinler tespit edilmiştir. Soligum uygulanmış ağaç örnekleri saldırıya uğramazken,

E. tirucalli (%0,5) ve metanol ekstraktı uygulanmış olan *D. oliveri* ve *F. capensis* ağaçları 6-8 hafta boyunca saldırıya uğramamıştır. Bu nedenle, *E. tirucalli* özleri ahşap ve ahşap ürünlerinin korunması için kullanılabilceği gibi, yeni ahşap koruyucuların geliştirilmesinde de potansiyel bir kaynak olarak değerlendirilebilir.

Asiry ve diğeri (2022), *Lantana camara*, *Moringa oleifera*, *Rhazya stricta* ve *Ruta chalepensis*'in etanolik ekstraktlarının yeraltı termi, *Psammotermes hybostoma* üzerinde toksisitesini ve itici etkilerini değerlendirmek için bu çalışmayı yaptıklarını belirtmektedirler. Yapılan testler sonucunda, tüm ekstraktların gözle görülür toksisiteye sahip olduğu ancak *L. camara* ve *R. stricta*'nın 24 saatte nispeten daha fazla toksik etki gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, toksik etkinin doza ve maruz kalma süresine bağlı olduğu belirlenmiştir. *L. camara*, *R. stricta* ve pozitif kontrol fipronil 2.5EC arasında önemli bir fark görülmediği sonucuna varılmıştır. Buna ek olarak, 500 mg/kg'da *L. camara* (%88,3) ve *R. stricta* (%81,67) özlerinin potansiyel itici etkiler gösterdiği bildirilmiştir.

dos Santos ve diğeri (2021), bitkisel yağlar ve özlerin böcek öldürücüler için etkili alternatif yöntemler olabileceğini belirtmektedirler. *Tephrosia vogelii* (Hook.f.) tarımda yeşil gübre olarak ve zararlılarla hastalıkların kontrolünde kullanılmaktadır. Ancak, bu bitkinin ikincil metabolizmasından elde edilen bileşiklerle ilgili çalışmalar sınırlıdır. *T. vogelii* çiçeklerinden elde edilen uçucu yağdaki kimyasal bileşikler, çilek yaprak biti *Cerosipha forbesi*'yi kontrol etmek amacıyla tanımlanmıştır. Biyoanalizler, laboratuvar ve yarı arazi koşullarında farklı uçucu yağ konsantrasyonları ile gerçekleştirilmiştir. İki grup *T. vogelii*'nin uçucu yağında terpenik bileşikler bulunmuştur; bunlar monoterpenik hidrokarbonlar (alfa-pinen; limonen ve ocimene) ve oksijenli seskiterpenler (nerolidol, spathulenol ve farnesol) şeklindedir. Uçucu yağ, *C. forbesi*'ye karşı toksik etki göstermiştir ve böcek popülasyonunun LC50 ve LC90 değerleri sırasıyla 0,106 ve 0,380 ml/l olarak bulunmuştur. Yarı tarla koşullarında ölüm oranı yüksek konsantrasyonlarda artmıştır ve LC50 ve LC90 değerleri sırasıyla 0,114 ml/l ve 0,465 ml/l olarak tahmin edilmiştir. Uçucu yağ uygulamasından 24 saat sonra %90'ın üzerinde ölüm oranı gözlemlenmiştir ve yaprak biti *C. forbesi*'ye karşı insektisidal etki göstermiştir.

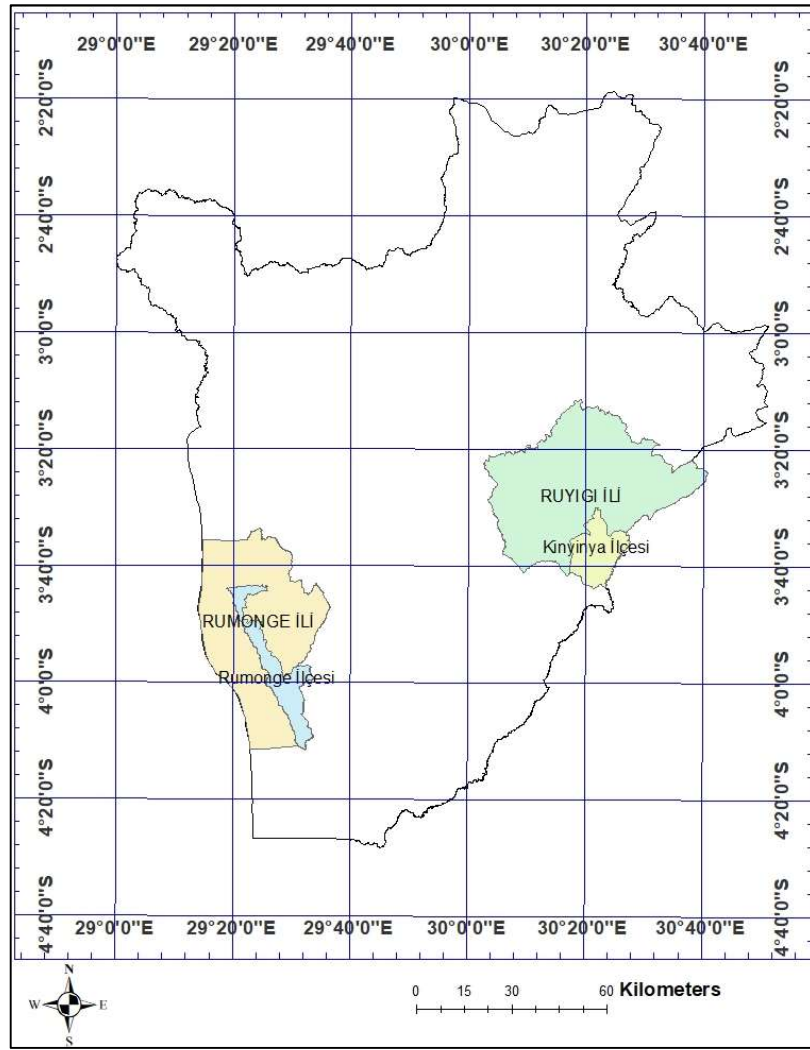
Zhang ve diğeri (2022), ise bitkisel pestisitlerin böceklerin sürdürülebilir kontrolünde artan ilgi çektiğini belirtmektedir. Tephrosia cinsinden bitkilerin rotenone ve deguelin ürettiği bilinmektedir ve rotenonun çok çeşitli zararlılara karşı böcek öldürücü etkisi olduğu bilinmektedir. Ancak, Tephrosia türlerinde rotenon ve deguelin biyosentezi değişebilmektedir. Çalışmada, 4 Tephrosia türünde ve 13 ırkta rotenone ve deguelin içerikleri 4 büyüme mevsiminde HPLC kullanarak analiz edilmiştir. Bulgular, türler ve hatta aynı tür içindeki ırkların, rotenone ve deguelin biyosentezinde önemli ölçüde farklılık gösterdiğini ve içeriklerin büyüme mevsiminden etkilenebildiğini göstermektedir. Kimyasalın LC50 değerleri tanımlandıktan sonra, *Aphis gossypii* (Glover) ve *Bemisia tabaci* (Gennadius) zararlılarına karşı rotenone ve deguelin içeren yaprak özleri 13 türden elde edilerek böcek öldürücü aktiviteleri test edilmiştir. Sonuçlara göre, *T. vogelii*'nin 2 ırktan elde edilen ekstraktlar en yüksek böcek öldürücü aktiviteye sahiptir. *A. gossypii* için %100 ölüm oranı ve *B. tabaci* için %90'dan fazla ölüm oranı gözlemlenmiştir. Zararlı böceklerle mücadelede rotenone ve deguelin içeren yaprak ekstraktlarının kullanılması sırasında uygun türlere ve mevsimlere dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmalar, bitkisel pestisitlerin ve özellikle Tephrosia türlerinden elde edilen bileşiklerin böceklerin sürdürülebilir kontrolünde etkili ve alternatif yöntemler olduğunu göstermektedir.

Termitler, yapısal hasara yol açabilen ve tarımsal üretimi olumsuz etkileyen önemli bir zararlı grubudur. Geleneksel kimyasal ilaçlar, termitlerle mücadelede etkili olsa da, çevreye ve insan sağlığına zararlı yan etkileri nedeniyle doğa dostu alternatiflere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla, bitkisel özler ve yağlar, son yıllarda böcek öldürücü olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yapılacak olan çalışma, bu doğal ürünlerin termitlerle mücadelede etkinliğini araştırmayı hedeflemektedir. Bu çalışma hem çevre dostu hem de etkili bir termit kontrol yöntemi geliştirilmesine katkı sağlayarak, tarımsal üretimde ve yapısal hasarların önlenmesinde önemli bir adım olabilir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Araştırma Yeri: Burundi'nin Kinyinya İlçesi

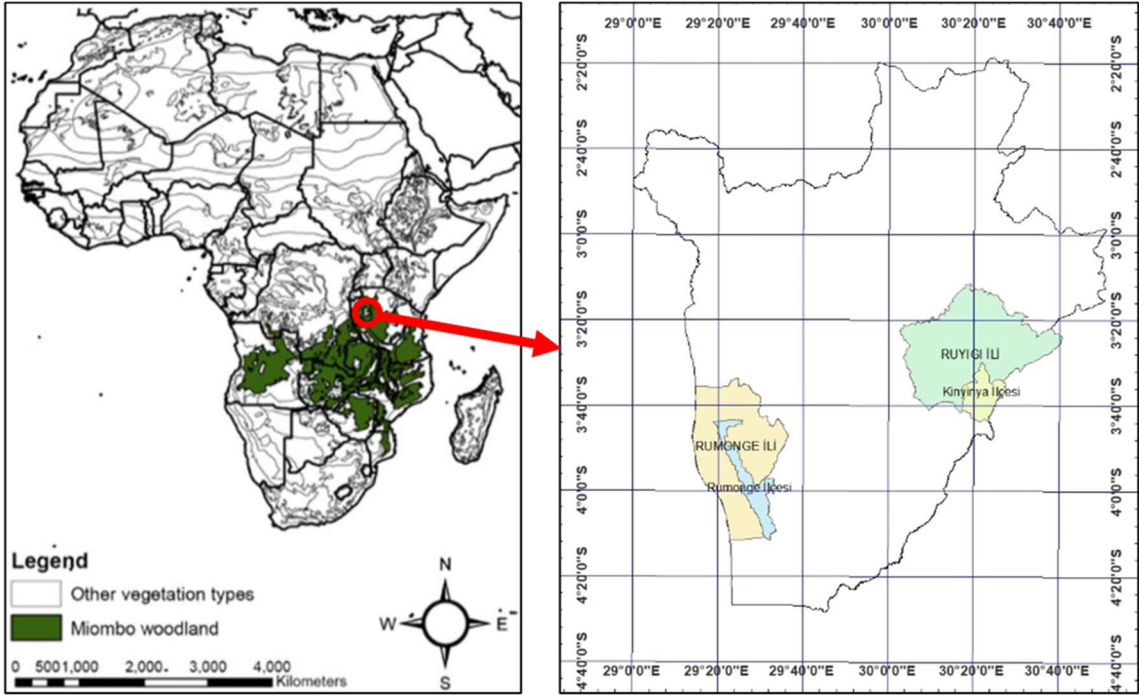
Bu çalışma, Afrika'nın ortadoğusunda yer alan Burundi'nin Ruyigi iline bağlı Kinyinya ilçesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1). Afrika ekosistemi açısından tarihsel ve genel olarak bu bölge, Miombo ormanlarıyla özdeşleşmektedir. İnsan aktivitelerinin etkisiyle Miombo ormanlarının da yok olma tehlikesiyle karşı karşıya olduğu belirlenmiştir. Bu ormanlar, içerisinde barındırdığı biyoçeşitlilik açısından termitlerin önemli bir paya sahip olduğu ekosistemlerdir.



Şekil 3. 1. Burundi haritasında Kinyinya ilçesi

3.2. Miombo Ormanlarında Termitler

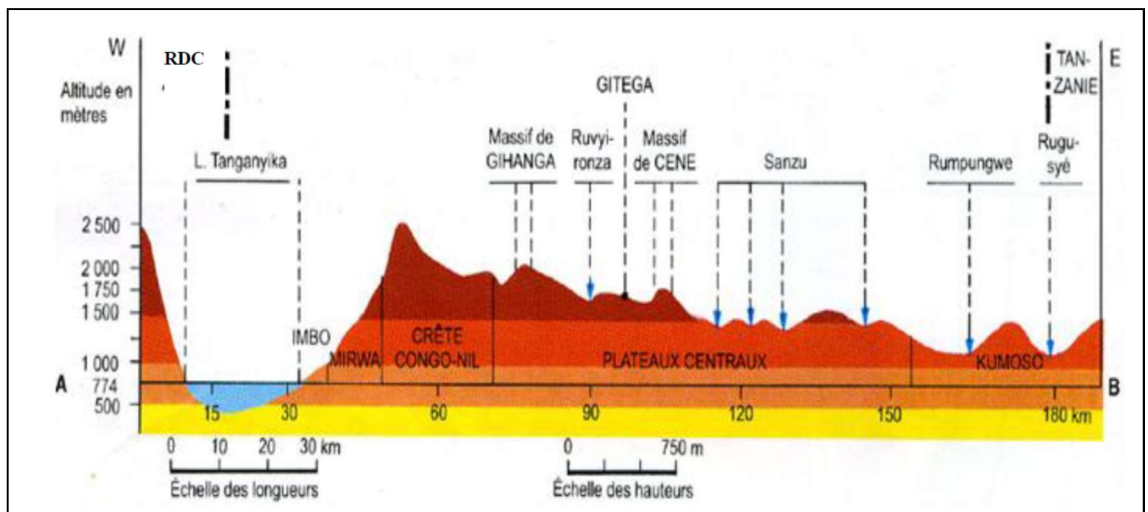
Miombo ormanları (Şekil 3.2), termitler açısından dünyanın en zengin ekosistemlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Chirwa ve diğerleri, 2008). Termitler, Burundi'nin genelinde bulunsa da, özellikle Miombo bölgesinde yoğunlaşmıştır. Miombo terimi, orta, güney ve doğu Afrika'daki ormanlık alanları tanımlamak için kullanılır ve bu alanlarda baklagil ailesine (Fabaceae, Caesalpinioideae alt familyası) mensup *Brachystegia*, *Julbernardia* ve/veya *Isoberlinia* cinslerinin hâkim olduğu görülür. Miombo ormanlarında, *Brachystegia* cinsi ve her bir ilgili cinsin üç türü bulunmaktadır (White, 1983). Burundi'nin Ruyigi iline bağlı Kinyinya ilçesi, Miombo bölgesinde yer almakta olup, bu çalışma söz konusu ilçede gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 2. Miombo ormanları, Burundi'nin konumu (Chirwa ve diğerleri, 2008)

3.3. Burundi'nin Coğrafyası ve İklimi: Topografik Yapısı ve Bölgesel Özellikleri

Burundi, Afrika'nın kalbinde ve doğusunda 2°20' ve 4°27' güney enlemleri ile 28°50 ve 30°57' doğu boylamları arasında yer alır. Denize kıyısı olmayan küçük bir ülkedir ve 27834 km² yüzölçümüne sahiptir. Batısında Demokratik Kongo Cumhuriyeti, kuzeyinde Ruanda ve doğusunda Tanzanya bulunur. Ülkenin topografik yapısı, batıda Tanganika Gölü'nün oluşumunun tabanında bulunan bir yarık hendek ve keskin girintili kabartmalı bir dizi platodan oluşmaktadır. Bu kompleks, oldukça çeşitlendirilmiş beş jeomorfolojik bölgeden oluşur. Bunlar; 1) Rusizi ovası ve batıda 775 ila 1000 m yükseklikte Imbo bölgesini oluşturan Tanganika Gölü'ndeki kıyı ovaları; 2) Kongo ve Nil'in su havzası sırtı, yüksekliği 1000 ila 2600 m'den fazladır; 3) 1500 ila 2000 m yükseklikte ülkenin çoğunu kaplayan merkezi platolar; 4) Kumoso'nun doğusunda 1200 ila 1400 m yükseklikteki çöküntüler ve 5) Kuzeyde Bugesera'nın 1200 ile 1500 m rakım arasındaki çöküntüleri bulunmaktadır (Şekil 3.3). Bu topografik yapının yanı sıra Burundi'nin iklimi de önemlidir. Lewalle (1972) tarafından belirtildiği gibi, ülkenin iklimi nemli tropik bir iklime sahiptir ve yıllık ortalama sıcaklık, yüksekliklerin ve mevsimlerin değişimi ile 15°C ile 20°C arasında değişmektedir. Ministère de l'Aménagement du Territoire, du Tourisme et de l'Environnement (2007) tarafından yapılan çalışmalara göre, Imbo ovası, Kumoso çöküntüleri ve Bugesera gibi 1400 m'nin altındaki bölgelerde yıllık ortalama yağış 1000 mm'nin altında olabilmektedir.



Şekil 3. 3. Burundi'nin batısından doğusuna topografik profil diyagramı (Bidou ve diğerleri, 1991)

Burundi'nin coğrafik yapısı yanında iklim değişikliğinin de etkisi vardır (Lewalle, 1972). 2000 metre rakımın üzerindeki Kongo-Nil sırtında yer alan bölgeler yıllık ortalama 1400 ila 1600 mm yağış alırken, yıllık ortalama sıcaklık 15°C civarındadır. Rakımı 1500 ila 2000 m arasında değişen merkezi platolar yıllık ortalama 1200 mm yağış alırken, ortalama sıcaklık 18 ila 20°C arasındadır. Imbo ovası, Kumoso çöküntüleri ve Bugesera gibi 1400 m'nin altındaki bölgelerde yıllık ortalama yağış 1200 mm'den daha azdır, hatta 1000 mm'ye kadar düşebilir ve ortalama yıllık sıcaklık 20°C'den daha yüksektir (Minatte, 2007). Genel olarak, ülkenin nemli tropik iklimi, rakımın etkisine bağlıdır ve yağışlı ve kuru mevsimlerin değişimi ile karakterize edilir (Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme, 2010).

3.4. Kinyinya İlçesindeki Demografi, Tarımsal Ekoloji ve Faaliyetler

Büyük doğurganlık oranına sahip olan Burundi, Afrika kıtasının yüksek nüfus yoğunluğu ve hızlı büyüyen ülkelerinden biridir. Bu artış, 1971'de 5,9 (bir anneden doğan çocuk) olarak tahmin edilen özellikle yüksek doğurganlık oranından kaynaklanmaktadır. Burundi kültüründe hayatta kalmak için çok sayıda çocuğa sahip olmak gerektiği düşüncesi yaygındır. Kinyinya ilçesi Ruyigi ilinin güneyinde bulunmaktadır ve ilçe 267,30 km² alan ile ilin (Ruyigi: 2338,88 km²) %11,4'ünü ve ülkenin (Burundi: 27834 km²) %0,9'unu kaplamaktadır. Bu ilçe, ortalama 1300 m rakıma sahip olup, yıllık ortalama 1200 mm yağış ve 14°C ile 28°C arasındaki ortalama sıcaklık ile karakterize edilen Moso'nun doğal bölgesinde yer almaktadır. Bitki örtüsü savan tipidir ve yabani makrofaunası zengin değildir. Kinyinya ilçesi, geleneksel bir tarım yöntemi kullanmaktadır ve küçük çiftlikler, ilkel aletler ve hane üyelerinden oluşan bir işgücü ile karakterize edilmektedir. Üretim genellikle iç tüketim için yapılırken, bir kısmı da bazı mallar ve hizmetler için piyasada satılmaktadır. Muz, pirinç, mısır, manyok, tatlı patates ve fasulye Kinyinya ilçesinde yetiştirilen ana bitkilerdir. İlçede sorgum, yerfıstığı, güvercin bezelye (*Cajanus cajan*) ve parmak darı (*Eleusine coracana*) gibi diğer gıda ürünleri de üretilmektedir. Meyve (avokado, turunçgiller, papaya, palmiye ağaçları, ananas) ağaçlarının yetiştirilmesi ise yapılandırılmamıştır ve genellikle ilkeldir (République du Burundi, 2006).

3.5. Tarımsal Girdiler

Burundi'de tarımsal bitki tohumları ve çeliklerinin bir kısmı yerel olarak temin edilmektedir. Açık tozlanmış (OPV) ve hibrit tohumların kk bir kısmı ulusal tarımsal araştırma enstitüsünden gelirken, hibrit tohumların büyük bir kısmı yabancı firmalardan ithal edilmektedir. Gübre retimi açısından, ülkede tek bir gübre üreticisi vardır ve tüm gübre ihtiyacını karşılamak için mineral gübre ithal etmek zorundadır. Pestisitler açısından, yerel pestisit fabrikası yoktur ve çiftçilerin %100 yabancı şirketlerden gelen pestisitlere bağımlı olmaları gerekmektedir.

3.6. Çalışmada Kullanılan Termitler ve Bitkiler

3.6.1. Termitler

Burundi'nin güneyi, Miombo ormanının bir parçasıdır ve ülkede termitler genellikle nadir bulunur ve kk gruplar halinde yer alırlar. Ancak, Miombo ormanındaki termitlerin biyokütlesi oldukça büyüktür. Burundi'nin Miombo kısmında termitlerin sistematiği üzerine yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Nduwarugira (2016) tarafından yapılan çalışmalarda, Rumonge'deki termitler üzerinde çalışılmış ve *Pseudacanthotermes spiniger* (Sjostedt), *Odontotermes* sp. (Isoptera: Termitidae: Macrotermitinae) ve *Cubitermes pallidiceps* (Sjostedt) (Isoptera: Termitidae: Cubitermitinae) türlerinin tespit edildiği belirtilmiştir. Ayrıca, yürütülen morfolojik karşılaştırmalar, aynı türlerin Ruyigi'de de bulunduğunu göstermiştir. Bu alışmada *Cubitermes pallidiceps* (Sjostedt) termitlerin höyükleri etrafında araştırmalar gerçekleştirildi (şekil 3.4, şekil 3.5 ve şekil 3.6).



Şekil 3. 4. Termitlerin inşa ettikleri höyükler büyüklük açısından insanla karşılaştırması

3.6.2. Kullanılan Bitkiler

Euphorbia tirucalli L. (Euphorbiaceae), sulu dalları olan bir çalı veya küçük ağaçtır ve 7 metreye kadar büyüyebilir (Şekil 3.7). Dallar silindirik, etli ve ince çizgili kırılğan sulu yapılardır. Oval yaprakları 1 ila 2,5 cm uzunluğunda ve yaklaşık 3 ila 4 mm genişliğindedir. Afrika'nın kuzeydoğu, orta ve güney bölgelerinde, bazı çevre adalarda ve Arap yarımadası gibi diğer tropik bölgelerde yaygın olarak bulunur. Bu bitki, binaların etrafında yeşil çit oluşturmak veya geleneksel kadastralarda sınır olarak kullanılmak için tercih edilir. Binh Thuan eyaletinde (Vietnam) toplanan *Euphorbia tirucalli*'den, arjunolik asit, eriodictyol, quercitrin, afzelin, skopoletin, 3,3',4-trimetilellagic asit ve gallik asit dahil olmak üzere yedi bileşik izole edildi ve aydınlatıldı (Kim Dung ve diğerleri, 2018). *E. tirucalli*'nin sütlü lateksi, insan sağlığına zararlıdır ve ciltte kızarıklık, tahriş ve yanma hissi gibi rahatsızlıklara neden olabilir. Ayrıca gözlerle teması körlüğe sebep olabilir. Bu nedenle, kullanırken göz koruyucu ekipman ve eldiven giyilmesi önerilir. *E. tirucalli* lateksi, birçok zararlıya karşı pestisit özellikleri taşır. Afrika'da balık avlamak ve mermi zehrinde kullanmak gibi diğer

amaçlar için de kullanılır (Mwine, 2011; Mali ve Panchal, 2017; “Euphorbia tirucalli,” 2023).



Şekil 3. 5. *Euphorbia tirucalli*

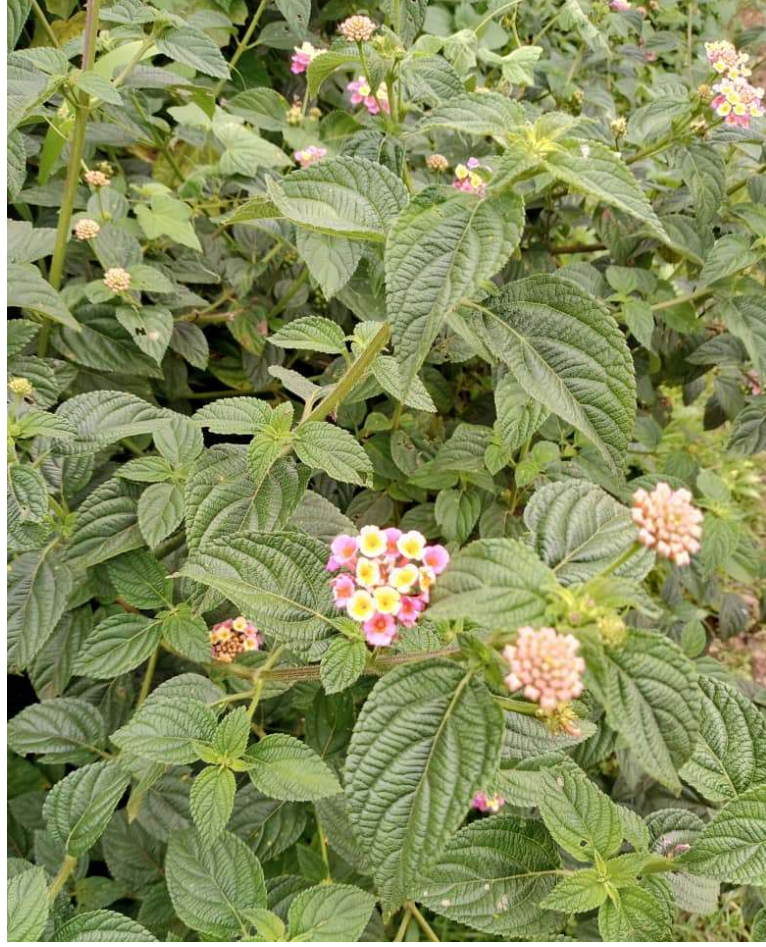
Tephrosia vogelii (Hook. f.) (Fabaceae), tropikal Afrika'ya özgüdür ancak Güney ve Güneydoğu Asya'nın yanı sıra tropikal Amerika'da da bir örtü bitkisi olarak bulunmaktadır. Sahra Altı Afrika'da *T. vogelii*, yabani olarak yetişmektedir (“*Tephrosia vogelii*,” 2023). *T. vogelii*, 0,5-4 m boyunda, yumuşak ve odunsu, kısa ve uzun beyaz veya kahverengi tüylere sahip gövde ve dallara sahip, yoğun yaprakları olan bir bitkidir (Şekil 3.8). Uzun, dar yaprakları, bitkinin tohumlarının üremesi için çuval benzeri şekillerin yanı sıra gövdelerden ayrılır. *Tephrosia* cinsinden bitkilerin en bulunan mlekülleri falvanoidler, terpenler, steroller, rotenoidler ve esterlerdir. Onun farmakolojik profili: larvisidal, böcek öldürücü ve beslenmeyi önleyici aktivite, antioksidan aktivite, antibakteriyel aktivite, antifungal aktivite, antiprotozoal ve anti plazmodial aktivite, anti piretik ve anti inflamatuvar aktivite, antikanser ve sitotoksik

aktivite, hepatoprotektif aktivite, hayvan yemi, antidiyabetik aktivite ve antihiperlipidemik etkidir (Touqeer ve diğeri, 2013). Yaprakları, nitrojen dahil olmak üzere, iyi bitki gelişimi için önemli olan besin maddelerini yüksek miktarda içermektedir. *Tephrosia* bitkileri kesildiğinde yapraklar toprağa karışır ve besinler daha sonra tarlada yetişen bitkiler tarafından kullanılabilir. *T. vogelii*, topraktaki diğeri besin maddelerini de artırabilir ve genellikle ara mahsullerde kullanılır. *T. vogelii* uygulamaları, organik karbon ve azotu artırdığını göstermektedir. İyi tasarlanmış bir ara ürün sistemi, mahsul üretimini önemli ölçüde artırabilir. *Tephrosia*, kahve ve mısır dahil olmak üzere birçok ürünle sinerjik bir etkiye sahiptir (Bucagu ve diğeri, 2013). *T. vogelii*, çiftçiler tarafından doğal ve organik bir pestisit olarak da kullanılabilir. *T. vogelii*'nin yaprak özleri, kimyasal pestisit olarak kullanılmaktadır. Bu ekstraktın uygulandığı ürünlerde, böcek ve diğeri zararlı aktivitelerinde önemli düşüşler görülmektedir. Bir çalışmada, bitki özütünün, 21 günlük bir sürenin ardından saldıran böceklerin %40'ını öldürdüğü bulunmuştur (Chebet ve diğeri, 2013).



Şekil 3. 6. *Tephrosia vogelii*

Lantana camara L. (*Verbenaceae*) bitkisi, Amerikan tropiklerine özgü bir çiçekli bitki türüdür (Şekil 3.9). Bu bitki türü, çok çeşitli ekosistemlerde yaşayabilen ve habitatlara hızla yayılabildiği için çok uyumlu bir türdür. Dünya çapında yaklaşık 60 tropikal ve subtropikal ülkede doğal olarak yayılmıştır ve 2000 m'nin altındaki irtifalarda Doğu ve Güney Afrika'da sıklıkla bulunur. Yaprakları oval veya oval-dikdörtgen şeklinde, tırtıklı ve üstte buruşuktur. Çiçekleri küçük ve genellikle turuncu, bazen beyazdan kırmızıya değişen tonlarda olabilir. Meyveleri küçük, yeşilimsi-mavi siyah veya siyahımsı, sert kabuklu, parlak ve iki cevizlidir. Kuşlar tarafından neredeyse tüm yıl boyunca dağıtılır. Yabani bitkiler arasında biyolojik çeşitliliği azaltarak yerli türleri geride bırakabilir. Ayrıca, çiftlik hayvanları için toksik olan *L. camara*, yoğun çalılıklar oluşturma kabiliyeti nedeniyle tarım arazilerinin verimliliğini azaltabilir. Bitki, allelopatik kimyasallar salgılayarak diğer bitkilerin çimlenmesini ve kök uzamasını engelleyebilir. *L. camara*, kalın, kıvrımlı dikenleri ve 1,2-2,4 metre boyunda güçlü bir çalıdır. Bu bitki, sığır, koyun, at, köpek ve keçiler gibi hayvanlar için toksiktir. Otlayan hayvanlarda toksisiteye neden olan aktif maddeler, pentasiklik triterpenoidlerdir ve bu maddeler karaciğer hasarına ve ışığa duyarlılığa neden olabilir. Kobayların *L. camara* ile zehirlenmesi, karaciğer ve böbreklerdeki ana doku bileşenlerinde belirgin değişikliklere yol açar. Lantana yaprakları antimikrobiyal, mantar öldürücü ve böcek öldürücü özellikler gösterir. Ayrıca, kanser, cilt kaşıntıları, cüzzam, suçiçeği, kızamık, astım ve ülser gibi çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde geleneksel bitkisel ilaçlarda kullanılmıştır (Sharma ve diğerleri, 2007); Barreto ve diğerleri, 2010; Kalita ve diğerleri, 2012; “*Lantana camara*,” 2023). Kinyinya ve çevresindeki bölgelerde *L. camara*, *T. vogelii* ve *T. tirucalli* bitkileri termitler tarafından saldırıya uğramaz. Bu bitkiler yerel halk tarafından geleneksel olarak termitleri küçük ölçekte kontrol etmek için kullanılır.



Şekil 3. 7. *Lantana camara*

3.7. Çalışmada Kullanılan Diğer Materyaller

3.7.1. El Aletleri

Höyüklerden termit toplamak için (ön denemelerde kullanılacak termitler) ağırlıklı olarak çapa ve kürek kullanılmıştır. Termitler, kesilmiş bambu ağacı kısımlarından elde edilen bir kabın içerisine toplanmıştır. Bambu kısımları, termitlerin doğal yaşam alanlarına benzer koşullar sağlamaktadır. Bitkilerin taze yaprakları yıkandıktan sonra havanda ezilmiş ve dibek tokmağı kullanılmıştır (Şekil 3.10). Kinyinya'nın merkezindeki yerel pazardan iki havan ve iki dibek tokmağı satın alınmıştır.



Şekil 3. 8. Havan (dibek) ve dibek tokmağı (bitkileri ezme için)

3.7.2. GPS ve CBS Programları

Coğrafi verilerin toplanması, kaydedilmesi ve işlenmesi, coğrafi bilgi yazılımı (GIS) kullanılarak yapılır. Bu çalışmada, Oukitel WP8 Pro akıllı telefonunda yüklü olan GPS programı kullanılarak coğrafi koordinatlar toplanmıştır. Kullanılan GPS programı, "My GPS Coordinates" programıdır ve <https://hotandroidappsandtools.com/> adresindeki 8 The Green, Suite B Dover, 19901 Delaware, ABD tarafından geliştirilmiştir. Oukitel WP8 Pro, çift SIM'li, 4 GB RAM ve 64 GB depolama alanına sahip, 16+2+2 MP flaşlı üçlü ana kamera ve 8 MP ikincil kamera ile birlikte 720 x 1560 nokta çözünürlüklü çentikli 6.49 inç ekrana sahip bir Android 10 işletim sistemine sahip akıllı telefondur. Bu telefon ayrıca MediaTek Helio A25 yongasına, 5000 mAh pile ve NFC ve yan parmak izi okuyucu gibi özelliklere sahiptir.

Toplanan veriler, 64-bit ASUS bilgisayarında ArcGIS 10.8 yazılımı ile işlenmiştir. ArcGIS, Amerikan şirketi Esri (Environmental Systems Research Institute, Inc.) tarafından geliştirilen bir coğrafi bilgi yazılımı (GIS) paketidir. Veri işlemede, ArcGIS Desktop 10.8 sürümü kullanılmıştır. ArcGIS, farklı platformlarda çalışan masaüstü, web

veya mobil CBS kullanıcılarının iş birliği yapmasına ve coğrafi bilgileri paylaşmasına olanak tanıyan bir sistemdir. Sistem, Esri tarafından geliştirilir ve 2010'un sonundan beri mevcuttur. Şu anda mevcut olan sürüm, 10.9 numarasını taşımakta ve Mayıs 2021'den bu yana kullanıma sunulmaktadır.

3.8. Yöntem

3.8.1. Bitkisel ekstrakt formülasyonunun hazırlanması

Bitkisel ekstraktlar, benzer araştırmalarda kullanılan yöntemlere dayanarak hazırlanmıştır (Rando ve diğerleri, 2011; Kumar ve diğerleri, 2017; Pavela, 2017). İlk olarak, taze yapraklar 30 dakika boyunca ahşap havanda dövülmüştür. Elde edilen macun kıvamındaki bitki özü, kullanımdan önce 24, 48 ve 72 saat soğuk suda bekletilmiştir. Bu yöntemin tercih edilmesindeki temel neden, yerel çiftçilerin mevcut ekonomik ve teknolojik koşullarıdır. Her bitki materyali ayrı ayrı hazırlanmıştır. Her bitki için üç doz uygulanmıştır ve dozlar, taze yaprakların 1:9, 2:8 ve 2:8 aşağıda belirtildiği şekilde oluşturulmuştur.

Aşağıda dozların açıklamaları yer almaktadır:

1:9 = 10-gram bitki materyali, 90-gram su.

2:8 = 20-gram bitki materyali, 80-gram su.

3:7 = 30-gram bitki materyali, 70-gram su.

Hazırlanan bitkisel sulu ekstraktlar, deneme alanlarına sıvı formda uygulanmıştır. İnsektisit etkisi gösteren bazı bitkiler tarih boyunca çeşitli şekillerde kullanılmıştır; bu araştırmada ise üç bitkiden sulu ekstraksiyon yöntemiyle elde edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca, taze bitki parçalarından yapılan sulu ekstraksiyonlar üzerinde durulmuştur (Şekil 3.11). Miktar olarak her parselde 150 ml uygulandı. Geleneksel olarak çiftçilerin kullandıkları miktarları değişiyorlar (100-250 ml/m²). Bu araştırmada çiftçilerin kullandıklarının ortalamasını kullandık.



Şekil 3. 9. Preparatların hazırlanması

3.8.2. Arazi Çalışmaları

Tarımsal zararlılarla mücadelede çoğu zaman insektisitlerin kullanılması tercih edilirken, Burundi'de de böcekleri öldürmek için insektisitler kullanılmaktadır. Bununla birlikte, çalışmalarımızda, termitleri öldürmek için insektisit etkisi gösteren bitkiler araştırılmıştır. Termitlerin sosyal yaşantısında çoğu zaman höyüklerinden çıkmadıkları bilinmektedir. Bu nedenle, bir kerpiç ev tarlanın ortasında inşa edilmiş ve höyüklerin mikro-iklim koşullarına yakın koşullar yaratmak amaçlanmıştır. Bir höyük açılarak buradaki termitlerden örnekler alınmış ve denemede kullanılmıştır. Bambu ağaçlarının kısımları içine toprak doldurulduktan sonra termitler yerleştirilmiştir ve üzerlerine bitki özütü uygulanmıştır. Öldürücü etkiye sahip insektisitlerin çoğunun sadece öldürücü olduğu göz önüne alındığında, bitkisel su ekstraktları kullanımı bu alanda alternatif bir yöntem olarak düşünülebilir.

3.8.2.1. Denemenin Yapılacağı Parsellerin Hazırlanması

Öncelikle, çevreyi kolonize etme eğilimi gösteren termitlerin bulunduğu aktif höyükler belirlenmiştir. Ardından, höyüklerin etrafında (10 ve 20 metre arası) parseller oluşturulmuştur (Şekil 3.12). Her parselin alanı bir metrekare (1 m²) olarak belirlenmiştir. Parseller, çapa kullanılarak kazılarak tarla hazırlığı yapılmıştır. Yem

olarak (bölgedeki termitlerin en çok tercih ettiği tarla bitkisi olan soya fasulyesi (*Glycine max*) soya fasulyesinin hasat atıkları ile kuru *Imperata cylindrica* (L.) (Poaceae) otlarının karışımı ve her parselde 3 kg kullanılmıştır (Şekil 3.13, Şekil 3.14).

				P			
		P				P	
	P						P
				H			
	P						P
	P						P
		P			P		
H: Höyük							
P: Parsel							
				Vital Kwizera			

Şekil 3. 0. Parsellerin höyüklere göre belirlenmesi



Şekil 3. 11. *Imperata cylindrica*

3.8.2.2. Termitlerin Deneme Alanındaki Ekstraktlara Karşı Yöneliminin Değerlendirilmesi

Termitler, höyüklerinden birkaç metre ya da yüzlerce metre uzakta beslenebilirler. Geçtikleri alanlarda toprakta tüneller açarak bitki materyallerine erişirler. Kitleler halinde hareket ederken, feromonlar aracılığıyla kendi aralarında iletişim kurarlar. Termitler, güneşte veya açık havada beslenmezler. Bir bitkiye veya ahşap malzemeye saldırmadan önce, toprak kullanarak üzerine bir tünel inşa ederler. Araştırmamız sırasında, termitlerin bu tür davranışlarını göz önünde bulundurarak kontroller gerçekleştirildi. Bitkisel insektisitler ve kimyasal insektisit (Chlorpyrifos) uygulamasının ardından iki gösterge kontrol edildi: tünellerin varlığı ve saldırıya uğrayan bitki materyalleri (Şekil 3.15, Şekil 3.16, Şekil 3.17).



Şekil 3. 12. Uygulama parsellerinin hazırlanması



Şekil 3. 13. Uygulama parselleri



Şekil 3. 14. Preparatların uygulanması



Şekil 3. 15. Preparatları uyguladıktan sonra termitler gelip gelmediğinin kontrol edilmesi

3.9. Deneme Deseni

Denemelerde bloklar etkili olmadı için, tesadüfi parseller deneme desenine göre düzenlenmiştir. Üç bitki dozu (1:9, 2:8 ve 3:7) ($3^3= 27$), 3 kontrol ve 3 Chlorpyrifos olmak üzere ($27+3+3=33$) toplam 33 uygulamada 99 tekerrür gerçekleştirilmiştir. Suda bekletilen karışım süzgeçten geçirilerek süzölmüştür. Bu preparatların termit uzaklaştırma etkisine bakılmıştır. Her uygulama sonrasında (bitkisel sulu ekstraktın uygulanmasının ardından) termitlerin parsele ilk tünel açtığı gün kaydedilmiş ve uzaklaştırma etkisi değerlendirilmiştir.

Mortalite denemesi için preparatlar, *Euphorbia tirucalli*, *Tephrosia vogelii* ve *Lantana camara*'nın 48 saat süreyle suda bekletilmiş ekstraktları kullanılarak hazırlanmıştır. Her preparatta 3:7 dozudur.

3.10. İstatistiksel Analizler

Çalışma sonucunda elde edilen verilerin analizi için tek yönlü ve faktöriyel ANOVA (Varyans Analizi) testi kullanılmıştır. İşlem ortalamalarının karşılaştırılmasında $\alpha = 0.05$ düzeyinde LSD (En Küçük Anlamli Farklar) testi uygulanmıştır. Tüm analizler JMP Pro 13 yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Termitlerin Farklı Bitki Ekstraktları ve Chlorpyrifos Uygulamalarına Tepkileri: Mortalite ve Davranışsal Etkiler

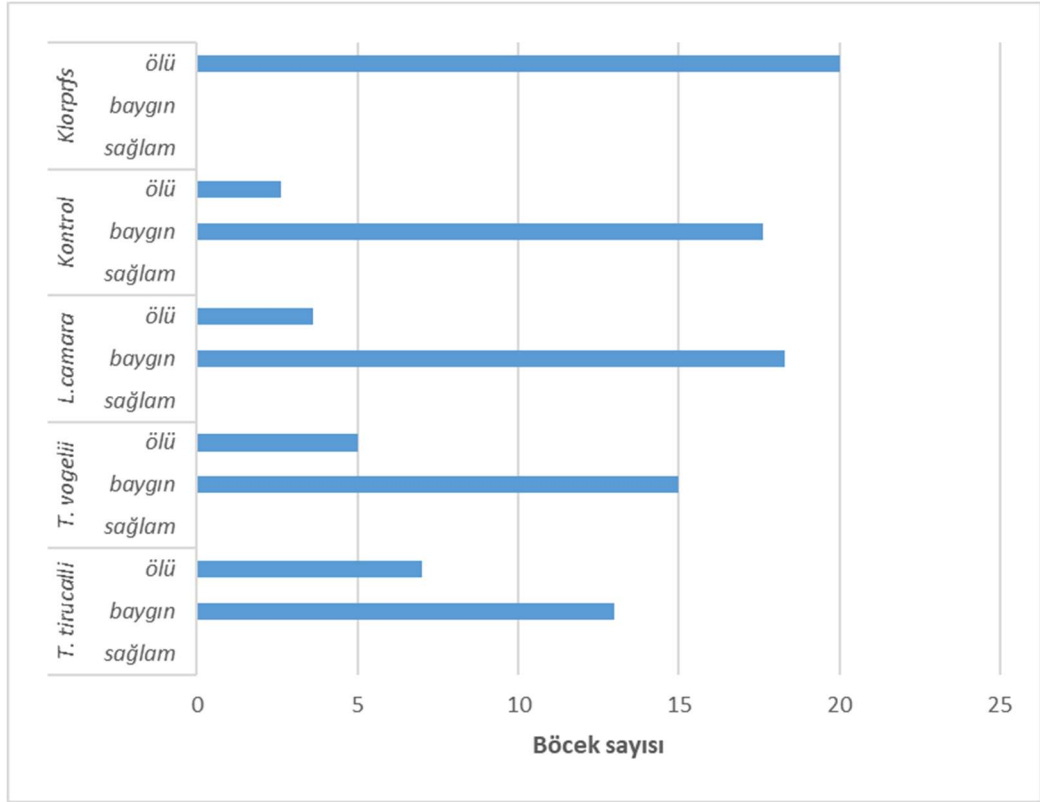
Preparatlar, *Euphorbia tirucalli*, *Tephrosia vogelii* ve *Lantana camara*'nın 48 saat süreyle suda bekletilmiş ekstraktları kullanılarak hazırlanmıştır. Her preparatta bitki oranı %30 ve su oranı %70'tir (3:7 dozudur). Termitler sosyal böcekler olduklarından, laboratuvar çalışmaları için özel koşullar gerekmektedir. Burundi'de uygun bir laboratuvar bulunmadığından, tarlada yeraltında bambu ağaçları kullanarak kontrollü tüneller oluşturulmuş ve tünellerin içerisine bir miktar toprak ve termitler yerleştirilmiştir. Termitler üzerine bitkisel preparatlar, Chlorpyrifos ve sade su uygulandıktan sonra termitlerin durumu kontrol edilmiştir. Üç değişken (canlı, baygın ve ölü) kontrol edilmiştir.

Sonuçlara göre, *L. camara* ($F = 617,5$; $df = 17$; $p < 0,0001$), *T. vogelii* ($F = 247,875$; $df = 17$; $p < 0,0001$) ve *E. tirucalli* ($F = 78,679$; $df = 17$; $p < 0,0001$) uygulamasında termitlerin durumlarında önemli farklılıklar görülmüştür. Ayrıca, Chlorpyrifos ($F = 78,679$; $df = 17$; $p < 0,0001$) uygulamasında da termitlerin durumlarında önemli farklılıklar görülmüştür (Çizelge 4.1., Şekil 4.1.).

Termitlerin ilk kontrolleri 12. saatte, ikincisi 24. saatte, üçüncüsü ise 48. saatte yapılmış ve durumlarında bir değişiklik olmadığı anlaşılmıştır. Yaklaşık 3 gün sonra "kontrol" ve "bitkisel ekstraktlar" gruplarında düzensiz ölümler gözlenmiştir. Termitlerin gruplar halinde hareket ettiği ve hormonlarla iletişim kurduğu bilinmektedir; kohezyonun bozulması stres yaratmaktadır. Termitlerin tek başlarına beslenemediği de bilinen bir durumdur.

Bu çalışmada, üç bitki türünün (*E. tirucalli*, *T. vogelii* ve *L. camara*) farklı uygulamalarının termitler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Her uygulama ve bitki türü için ANOVA analizi sonuçları aşağıda verilmiş ve karşılaştırılmıştır.

E. tirucalli için, hiçbir uygulama grubunda sağlıklı birey (0a) bulunmamaktadır. Baygın grup içerisinde 13 birey (13c) ve ölü grup içinde ise 7 birey (7b) vardır. Baygın bireylerin sayısı, ölü bireylerin sayısından anlamlı olarak daha yüksektir.



Şekil 4. 1. Termitlerin durumu (baygın, ölü, Canlı)

T. vogelii için ise uygulama gruplarında sağlıklı birey (0a) gözlemlenmemiştir. 15 baygın birey (15c) ve 5 ölü birey (5b) bulunmaktadır. Baygın bireylerin sayısı, ölü bireylerin sayısından önemli ölçüde daha fazladır ve bu türde daha belirgin bir etki olduğunu göstermektedir.

L. camara denemesinde yine uygulama gruplarında sağlıklı birey (0a) bulunmamıştır. Baygın bireylerin sayısı 18,3 (18,3c) iken, ölü bireylerin sayısı 1,7 (1,7b)'dir. *T. vogelii*'ye benzer şekilde, *L. camara* baygın bireylerin sayısı ölü bireylerin sayısına göre daha yüksek olduğunu göstererek, uygulamalara daha güçlü bir tepki sergilemektedir. Kontrol grubunda ise, sağlıklı birey (0a) gözlemlenmemiştir. 17,6 baygın birey (17,6c) ve 2,4 ölü birey (2,4b) bulunmaktadır. Kontrol grubu, tüm gruplar arasında en yüksek baygın birey sayısına sahipken, en düşük ölü birey sayısına sahiptir. Chlorpyrifos ile muamele edilen grupta ise sağlıklı (0a) veya baygın (0a) birey bulunmazken, 20 bireyin tamamı ölmüştür (20c). Bu grup, diğer uygulama gruplarına göre en yüksek ölüm oranına sahiptir ve bitki sağlığı üzerinde en şiddetli etkiye işaret etmektedir.

Özetle, çeşitli uygulamalar, termitler üzerinde önemli etkilere sahiptir. Chlorpyrifos uygulaması, en şiddetli etkiyi göstererek en yüksek ölüm oranına (tüm bireyler ölmüştür) sahip olmuştur. İnsektisidal bitkilerin uygulamaları ve kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Bu durum, bu insektisidal bitkilerin daha az veya yavaş öldürücü etkiye sahip olduğunu doğrulamaktadır. Bu nedenle, bir sonraki deneyde bu insektisidal bitkilerin termitlere karşı ne ölçüde uzaklaştırıcı etkiye sahip olduğunu test etmeye yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Sonuç olarak, Chlorpyrifos uygulaması termitlerin sağlık durumu üzerinde en şiddetli etkiye sahipken, insektisidal bitkilerin uygulamaları ve kontrol grubu arasında önemli bir fark bulunmamaktadır. Bu, insektisidal bitkilerin daha az veya yavaş öldürücü etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, bitki bazlı insektisitlerin termit kontrolünde alternatif yöntemler olarak kullanılabilmesi için daha fazla araştırma yapılmasına yönelik talebi desteklemektedir. Ayrıca, bu tür bitkilerin termitler üzerinde uzaklaştırıcı etkilerinin daha fazla incelenmesi, termit kontrolünde daha etkili ve çevre dostu yöntemler geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

4.2. Tarla denemeleri

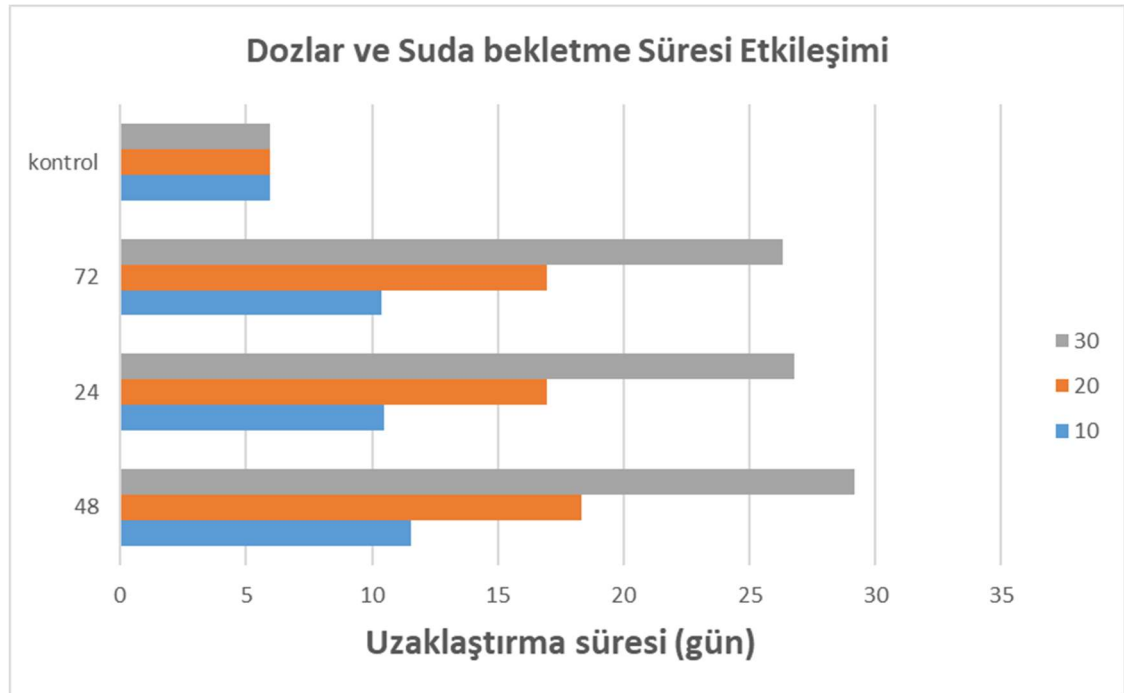
Tarla denemeleri, aktif höyüklerin etrafında oluşturulan küçük parsellerde (her parsel 1 metrekare) gerçekleştirilmiştir. Farklı preparatlar uygulandıktan sonra termitlerin parselleri ziyaret etmeye başlamalarının kaç gün süreceği kontrol edilmiştir. Bu tarla denemelerinde; kullanılan dozlar, kontrol zamanları ve bitki preparatları analizlerde dikkate alınmıştır. Termitler sosyal böcekler oldukları için izole edilmiş bireylerle yapılan denemeler başarısız olmuştur. Agarwala (1955), izole olan termitlerin beslenmediğini belirtmiştir. Bu sorunu aşmak amacıyla, termitler izole edilmeden preparatlar parsellere uygulanmıştır.

4.3. Termitleri Uzaklaştırma Üzerine Farklı Doz ve Suda Bekletme Süresinin Etkisi

Bu araştırmada, soğuk suda bekletme yöntemi tercih edilen ekstraksiyon yöntemi olarak kullanılmıştır. Yöntemin seçilme nedeni, Burundi'deki çiftçilerin karşılaştığı ekonomik ve teknolojik zorluklardır. Burundi'de yapılan tarım genellikle günlük ihtiyaçları karşılamaya yöneliktir ve gıda ve tarım teknolojilerine sınırlı yatırım yapılmaktadır. Bu bağlamda, çiftçilere destek sağlamak için yerel bitkisel pestisitlerin ve basit ekstraksiyon yöntemlerinin geliştirilmesi önem taşımaktadır. Bu çalışmada, bitkisel özütlerin suda bekletme sürelerinin (24, 48 ve 72 saat) termit uzaklaştırma etkinliği üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, farklı dozların 1:9, 2:8 ve 3:7), dört grup (24 saat, 48 saat, 72 saat ve kontrol) üzerindeki etkileri ANOVA analizi kullanılarak incelenmiştir. 48 saatlik grup için, ortalama değerler, doz arttıkça önemli ölçüde artmıştır: 1:9 'luk grup için 11,57a, 2:8 'lik grup için 18,33c ve 3:7 'luk grup için 29,20e. Bu grupta açık bir doza bağlı etki olduğunu göstermektedir. 24 saatlik grup için benzer bir eğilim gözlenmiştir ve doz arttıkça ortalama değerlerde hafif bir artış meydana gelmiştir: 1:9 'luk grup için 10,47ab, 2:8 'lik grup için 16,97c ve 3:7 'luk grup için 26,77e. Doza bağlı etki belirgin çıkmış, ancak 48 saatlik gruptan daha az olmuştur. 72 saatlik grupta da doza bağlı bir etki ortaya çıkmıştır; sırasıyla 1:9, 2:8 ve 3:7 dozluk gruplar için ortalama değerler 10,37ab, 16,97c ve 26,30e olarak elde edilmiştir. Etki, yine 48 saatlik gruptan daha az belirgin ancak 24 saatlik gruba benzerdir.

Kontrol grubunda, tüm doz seviyelerinde ortalama değer 5,97b bulunmuş, bu da bu grupta önemli farklılıkların olmadığını göstermektedir. Kontrol grubu, diğer gruplara kıyasla sürekli olarak daha düşük ortalama değerler göstermiştir; bu da uygulamaların deneysel gruplar üzerinde önemli bir etkisi olduğunu düşündürmektedir.

Özetle, ANOVA analizi, dört grup üzerinde doza bağlı bir etki ortaya koymuştur; dozların artmasıyla 48 saatlik grup daha belirgin bir yanıt gösterirken, istatistiksel olarak 24 ve 72 saatlik gruplar arasında fark bulunmamıştır. Kontrol grubu sürekli olarak daha düşük ortalama değerlere sahip olup, uygulamaların önemli bir etkisi olmadığını göstermektedir. Bu sonuçlar, farklı dozların gruplar üzerinde değişken etkileri olduğunu ortaya çıkarmıştır. Denemeden elde edilen veriler ışığında değerlendirdiğimizde bu bulguların temel mekanizmalarını ve potansiyel uygulamalarını belirlemek için daha fazla araştırma gerekebilir.



Şekil 4. 2. Dozlar ve suda bekletme süresinin, termitleri uzaklaştırma süresi üzerine etkisi

4.4. Bitkisel Ekstraktların Farklı Dozlarının Termitleri Uzaklaştırma Etkisi

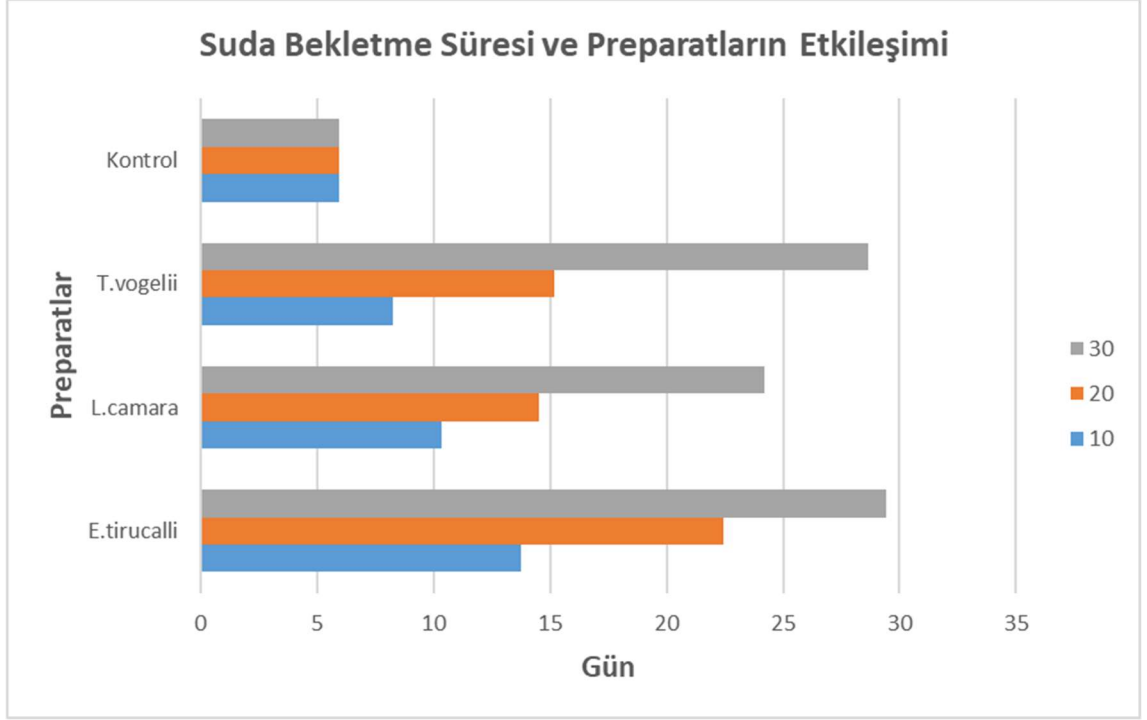
Bu çalışmada, bitkisel ekstraktların hem ekonomik hem de etkili olabilmesi amacıyla üç farklı dozda yapılan denemeler sonucunda elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Üç bitkisel ekstrakt (*E. tirucalli*, *T. vogelii* ve *L. camara*) ve bu ekstraktların üç farklı suda bekleme süresi (24, 48 ve 72 saat) uygulanmıştır. Ayrıca, deneyde bir kontrol grubu da bulunmaktadır. Sonuçlar şu şekildedir:

1:9'luk dozda (F=30,1166, df=11, p=0,0001) önemli farklılık tespit edilmiştir.

2:8 'lik dozda (F=172,4585, df=11, p<0,0001) önemli farklılık tespit edilmiştir.

3:7 'luk dozda (F=128,5230, df=11, p<0,0001) önemli farklılık tespit edilmiştir.

E. tirucalli için, ortalama değerler doz arttıkça önemli ölçüde artmıştır: 1:9 'luk grup için 13,77m, 2:8 'lik grup için 22,43r ve 3:7 'luk grup için 29,43s. Bu sonuçlar bu bitki türünde doza bağlı bir etki olduğunu göstermektedir. *L. camara* uygulamasında, dozlar arttıkça ortalama değerlerde istikrarlı bir artışla benzer bir eğilim gözlenmiştir: 1:9 'luk grup için 10,37n, 2:8 'lik grup için 14,53m ve 3:7 'luk grup için 24,20r. Doza bağlı etki belirgin çıkmış, ancak *E. tirucalli* uygulamasına göre daha düşüktür. *T. vogelii* türü ile yapılan denemede doza bağlı bir etki göstermiştir; sırasıyla 1:9, 2:8 ve 3:7 'lik gruplar için ortalama değerler 8,27p, 15,20m ve 28,63s bulunmuştur. Etki, yine *E. tirucalli*'dekinden daha az belirgin ancak *L. camara*'ya benzer bulunmuştur. Kontrol grubunda, tüm doz seviyelerinde ortalama değer sürekli olarak 5,97q çıkmış, bu da bu grupta önemli farklılıkların olmadığını göstermektedir. Kontrol grubu, diğer gruplara kıyasla sürekli olarak daha düşük ortalama değerler göstermiştir; bu da uygulamaların deneysel gruplar üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir. Özetle, analiz sonucu test edilen bitki türlerinde doza bağlı bir etki ortaya koymuştur, *E. tirucalli* artan dozlara en belirgin tepkiyi göstermiştir. *L. camara* ve *T. vogelii* benzer doza bağlı etkiler sergilerken, kontrol grubu sürekli olarak daha düşük ortalama değerlere sahip olup, uygulamaların önemli bir etkisi olmadığını göstermektedir. Bu sonuçlar, dozların bitki türlerinin uzaklaştırıcı etkisi üzerinde farklılıklar gösterdiğini vurgulamaktadır.



Şekil 4. 3. Bitkisel ekstraktlar ve dozların termitleri uzaklaştırma etkisi

4.5. Farklı Doz ve Suda Bekletme Sürelerine Göre Bitkisel Ekstraktların Termitler Üzerindeki Uzaklaştırma Etkisi

Farklı suda bekletme süreleri ve dozlarda bitkisel ekstraktın termitler üzerindeki uzaklaştırma etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

1:9 x 24 saat: $F=19,1538$, $df=11$, $p=0,0005$

1:9 x 48 saat: $F=3,4327$, $df=11$, $p=0,0724$

1:9 x 72 saat: $F=15,7037$, $df=11$, $p=0,0010$

2:8 x 24 saat: $F=192,1667$, $df=11$, $p<0,0001$

2:8 x 48 saat: $F=231,4583$, $df=11$, $p<0,0001$

2:8 x 72 saat: $F=59,2179$, $df=11$, $p<0,0001$

3:7 x 24 saat: $F=241,8039$, $df=11$, $p<0,0001$

3:7 x 48 saat: $F=219,4444$, $df=11$, $p<0,0001$

3:7 x 72 saat: $F=229,7037$, $df=11$, $p<0,0001$

L. camara için, ortalama değerler daha yüksek dozda artmış ve suda bekletme süreleri boyunca benzerlik göstermiştir. 1:9 'luk grup, sırasıyla 24, 48 ve 72 saatlik suda

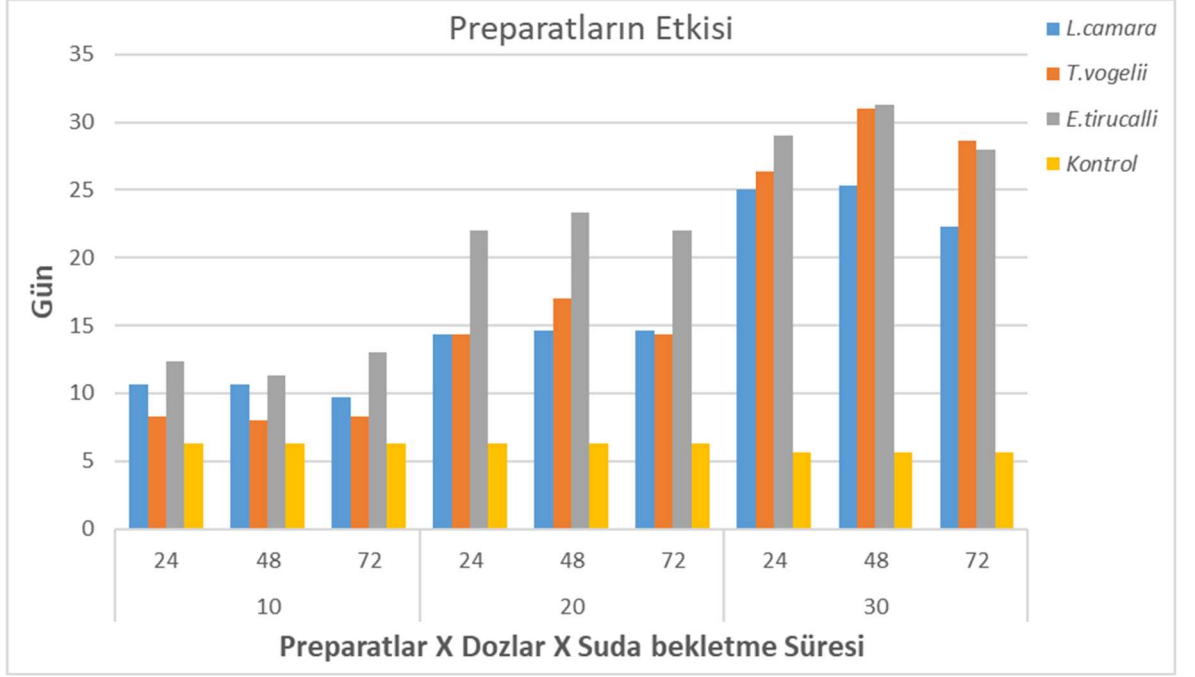
bekletme süreleri için ortalama değerler 10,67b, 10,67b ve 9,67a, 20 dozluk grupta, aynı suda bekletme süreleri için 14,33d, 14,67d ve 14,67d, 30 dozluk grup için ise sırasıyla 25,00g, 25,33g ve 22,33f çıkmıştır.

T. vogelii için, ortalama değerler daha yüksek dozlarda artmış ve suda bekletme süreleri boyunca bir miktar değişkenlik göstermiştir. 1:9 'luk grupta, sırasıyla 24, 48 ve 72 saatlik suda bekletme süreleri için ortalama değerler 8,33a, 8,00ab ve 8,33a, 20 dozluk grupta, aynı suda bekletme süreleri için 14,33d, 17,00e ve 14,33d, 30 dozluk grup için ise 26,33g, 31,00h ve 28,67h çıkmıştır.

E. tirucalli için, ortalama değerler daha yüksek dozlarda artmış ve suda bekletme süreleri boyunca hafif dalgalanmalar göstermiştir. 1:9 'luk grupta, sırasıyla 24, 48 ve 72 saatlik suda bekletme süreleri için ortalama değerler 12,33c, 11,33b ve 13,00c, 20 dozluk grupta aynı suda bekletme süreleri için 22,00f, 23,33f ve 22,00f, 30 dozluk grupta sırasıyla 29,00h, 31,33h ve 28,00h çıkmıştır. Kontrol grubunda, ortalama değerler tüm dozlarda ve suda bekletme süreleri boyunca nispeten sabit kalmış ve 5,67a ile 6,33a arasında değişmiştir.

Özet olarak analize göre, dozun ve suda bekletme süresinin termitler üzerinde koruyucu etkisi olduğunu ortaya koymuş ve daha yüksek dozların genellikle ortalama değerlerin artmasına yol açtığı anlaşılmaktadır. Suda bekletme süresinin etkisi bitki çeşitleri arasında daha az etkili olmuş, ancak bazı dalgalanmalar gözlenmiştir. Kontrol grubu, suda bekletme süreleri veya dozlar açısından önemli değişiklikler göstermemiştir. Bu bulguların altında yatan mekanizmaları ve çalışma bağlamında bu bulguların potansiyel uygulamalarını anlamak için daha fazla araştırma yapılması gerekebilir.

Sonuçlara göre, bazı kombinasyonlar önemli ölçüde etkili bulunmuştur. Özellikle 3:7 'luk dozda *E. tirucalli* ve *T. vogelii* preparatlarının termitleri uzaklaştırma etkisinin yüksek olduğu görülmüştür. En düşük uzaklaştırma etkisi ise 1:9 'luk dozlarda gözlemlenmiştir. Termitleri 22 günden fazla uzaklaştırmak için *E. tirucalli* preparatının 2:8 'lik dozu ve *L. camara*, *E. tirucalli* ve *T. vogelii* 'nin 3:7 'luk dozlarının uygun olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.4).



Şekil 4. 4. Bitkisel ekstraktlar, dozlar ve suda bekletme süresinin etkisi

Ekonomik açıdan termitler, tarımsal ürünler ve yerel malzemeler üzerinde önemli zararlara yol açan kritik zararlılar arasında yer almaktadır. Termitlerle mücadelede sürekli kimyasal kullanımı, çevrenin korunması açısından bitkisel kökenli, daha güvenli ürünlere olan ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Bu çalışma, Burundi'nin Kinyinya ilçesinde üç farklı bitkinin taze yapraklarından elde edilen su ekstraktlarının termitler üzerinde uzaklaştırıcı etki potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Kullanılan bitkisel kökenli uzaklaştırıcıların çevreye çok az olumsuz etkisinin olması beklenmektedir. Bunun nedeni, bazı araştırmacıların zararlıların saldırıdan önce duyu organlarını harekete geçirerek onları uzaklaştırdığını bildirmesidir (Addisu ve diğerleri, 2014). Bu çalışmada test edilen sulu ekstraktlara sahip bitkiler, *E. tirucalli*, *T. vogelii* ve *L. camara*'nın hedef olmayan tüm organizmaları insektisit etkilerinden koruyabileceği için çevre üzerinde koruyucu olması düşünülmektedir. Literatürde, ikincil bileşiklerin karmaşık karışımlarının bitki savunma düzenleyicisi olduğunu ve bunların birden fazla etki mekanizması sayesinde böceklerde dayanıklılık gelişimini azalttığını belirtmektedir (Kortbeek ve diğerleri, 2019; Erb ve Kliebenstein, 2020). Tarımsal alanlarda ve evlerde bitki özlerinin kullanıldığı çeşitli araştırmalarda, insan ve hayvan sağlığı güvenliğine yönelik elde edilen sonuçların zararlı yönetimi için umut verici olduğu bildirilmektedir (Pascual-Villalobos ve Robledo, 1999; Scott ve diğerleri, 2004). Böylece sentetik insektisitlerin biyopestisitlerle değiştirilmesi dünyada kabul görmüş ve uygun bir mücadele şekli haline gelmiş ve teşvik edici olmuştur. 72 saat suda bekletilen *L. camara*'nın 3:7 'luk dozunun 29 gün uzaklaştırıcı etkisi olduğu yine *L. camara*'nın 24 saat suda bekletilen 3:7 'luk dozunun ise 25 gün uzaklaştırıcı etkisi olduğu belirlenmiştir. Bazı çalışmalarda *L. camara*'nın toksik etkisi, bazı çalışmalarda ise bizimkine benzer olarak uzaklaştırıcı etkisi olduğu belirtilmiştir. *L. camara*'nın toksik etkisi daha önceki çalışmalarda tütün tırtılı *Spodoptera litura* (Deshmukhe ve diğerleri, 2011), depolanmış tahıl zararlıları (Rajashekar ve diğerleri, 2014), lahana kelebeği *Pieris brassicae* (Sharma ve Gupta, 2009) ve pirinç güvesi *Corcyra cephalonica*'da rapor edilmiştir. Ayalew (2020), depolanmış mısırın *Sitophilus zeamais* zararlısından *L. camara* yaprağı ekstraktları ve yağları kullanılarak korunabileceğini bildirmiş ve araştırmacı bunun böceklerde uzaklaştırıcı ve toksik etkisinin 1-Eicosano, Paromomisin Fitol, Pirolin ve Pirolizin gibi biyoaktif bileşiklerin varlığı nedeniyle olabileceğini belirtmiştir. Yine bizim sonuçlarımıza benzer olarak Yuan ve Hu (2012), *L. camara*'nın

yaprağının kloroform ekstraktının güçlü itici ve orta düzeyde toksik ve beslenmeyi önleyici etkilerini *Reticulitermes flavipes* üzerinde göstermiştir. Termitler üzerinde itici etkisi olan başka bitkilerle de bazı çalışmalar yapılmıştır. Bizim çalışmamıza benzer olarak Asiry ve diğerleri (2022), Suudi Arabistan'da ekinlerin termitler tarafından zarar görmesi nedeniyle önemli ürün kayıpları meydana geldiğini, *L. camara* ve *Ruta chalepensis* L. bitkilerinin 500 mg/kg konsantrasyonda, etanolik ekstraktının yer altı termiti *Psammotermes hybostoma* (Desneux) üzerinde sırasıyla %88 ve %70 uzaklaştırıcı etki gösterdiğini belirtmektedir. Araştırmacılar, test edilen tüm bitki özlerinin termit *P. hybostoma*'ya karşı etkili olduğunu göstermiş ve termisidal potansiyele sahip olduğunu, *P. hybostoma* zararlısının yönetiminde kullanılabileceğini belirtmiştir.

Bitki özlerinin sulu ekstraktlarının test edilmesi, termitler üzerindeki uzaklaştırıcı etkiler açısından önemli farklılıklar göstermiştir. En yüksek uzaklaştırıcı etki, 72 saat suda bekletilen *E. tirucalli*'nin ve 48 saat suda bekletilen *T. vogelii*'nin 3:7 'luk dozlarında sırasıyla 31,3 ve 31 gün olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, 72 saat suda bekletilen *E. tirucalli*'nin 1:9 'luk dozu daha düşük (13 gün) uzaklaştırıcı etkiye sahiptir. Ayrıca, 48 saat suda bekletilen *E. tirucalli*'nin 2:8 'lik dozunun yaklaşık 14,3 gün uzaklaştırıcı etkisi bulunmaktadır.

Agbidye ve diğerleri (2020) çalışmasında, *D. oliveri* ve *F. capensis* ağaçlarına %0,5 *E. tirucalli* metanol ekstraktı uygulamış ve termit saldırısına sırasıyla 6. ve 8. haftaya kadar maruz kalmadığını tespit etmiştir. *E. tirucalli*'nin farklı etkileri üzerine yapılan başka çalışmalar da bulunmaktadır. Örneğin, *E. tirucalli*'nin antifungal etkisi (Mohamed ve diğerleri, 1996), balık öldürme özelliği (Neuwinger, 2004), antiviral karakterleri (Betancur-Galvis ve diğerleri, 2002) ve antibakteriyel özellikleri (Mwine ve VanDamme, 2010; Rahuman ve diğerleri, 2008) bazı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir.

E. tirucalli'nin insanlar ve hayvanlar için zararlı olduğu bilinmesine rağmen, larvisidal, fungisidal, antiviral ve antibakteriyel özelliklere sahip olduğu da bildirilmiştir. Bununla birlikte, termitlere karşı termisidal özellikleri hakkında çok az şey rapor edilmiştir (Agbidye ve diğerleri, 2020). *E. tirucalli*'nin latex, tropikal Afrika'da yerel balıkçılık ve

avcılıkta kullanılan oklara uygulanan zehirli bir madde olarak rapor edilmiştir (Neuwinger, 2004).

Lina ve diğeri (2020) yaptıkları çalışmada, *T. vogelii*'nin nanoemülsiyon konsantrasyonlarının lahana zararlısı *Crocidolomia pavonana* F. (Lepidoptera: Pyralidae) üzerinde kontrol etkisi sağladığı belirtmiştir. dos Santos ve diğeri (2020) ise *T. vogelii*'nin uçucu yağın, çilek yaprak biti *Aphis forbesi* Weed, 1889 (Hemiptera: Aphididae) üzerinde 24 saat sonrasında insektisidal etkiye sahip olduğunu rapor etmiştir. Zhang ve diğeri (2022) yaptıkları bir çalışmada, *T. vogelii*'nin iki ırkından elde edilen ekstraktın *Aphis gossypii*'de %100 ve *Bemisia tabaci*'de %90 insektisit etkisi olduğunu belirtmişlerdir.

Stevenson ve diğeri (2013), *T. vogelii* bitkisinin bilinen bir nitrojen bağlayıcı çeşit olduğunu ve Endonezya ile Afrika'nın birçok ülkesinde yeşil gübre olarak yetiştirildiğini ifade etmiştir. Aynı zamanda bitki, rüzgâr siperi olarak da kullanılmaktadır. *T. vogelii* yapraklarından elde edilen ham ekstrakt, Uganda'da hayvanlarda kene ve larva kontrolü için kullanılırken, sivrisinek larvalarına, yumuşak vücutlu böcekler (yaprakbiti) ve akarlar (kırmızı örümcek) karşı da etkilidir. Güney Afrika'daki çiftçiler, depolanmış baklagil tohumlarını bruchid zararlarından korumak için kurutulmuş *T. vogelii* yapraklarını kullanmaktadırlar. Fasulye ve börülcede zararlı böceklerin depolarda kontrolü için, kurutulmuş yapraklar toz haline getirilerek ürünle karıştırılır. Eskiden balıkçılıkta da kullanılan *T. vogelii*, günümüzde yasaklanmıştır. Ayrıca, bu bitki yararlı böcekler karşı düşük etki göstermektedir.

4.6. Chlorpyrifos'un Termitler Üzerine Uzaklaştırma Etkisi

Chlorpyrifos'un bitkisel ekstraktların 2:8 ve 3:7 'lik dozları ile benzer etki gösterdiği, ancak etkili maddenin topraktaki yan etkileri nedeniyle kullanımının önerilmemesinin daha uygun olduğu düşünülmektedir. Topraktaki termitlerin önemi ve chlorpyrifos'un toprak mikrobiyolojisi üzerindeki yan etkileri göz önüne alındığında bu etkili madde önerilebilir bir uzaklaştırma yöntemi olmadığı anlaşılmaktadır. Termitler toprak için oldukça önemlidir, ancak kırsal tarım alanlarında yaşanan büyük sorun, çiftçilerin termitlerin önemi hakkında yeterince bilgi sahibi olmamalarıdır. Bu çalışmada

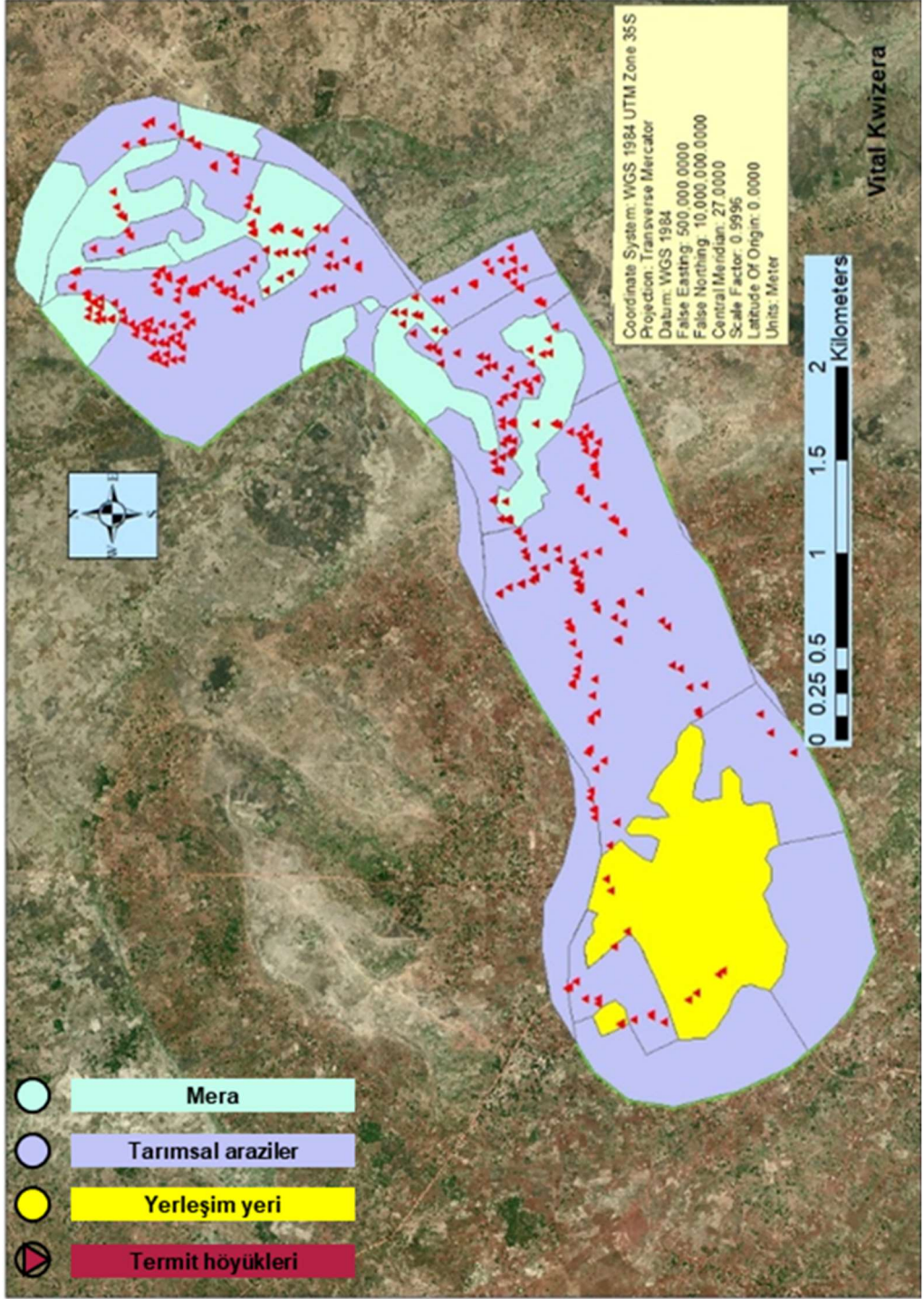
chlorpyrifos'un uzaklaştırma etkisi ortalama 21,5 gün olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4. 1. Chlorpyrifos'un termitler üzerine uzaklaştırma etkisi

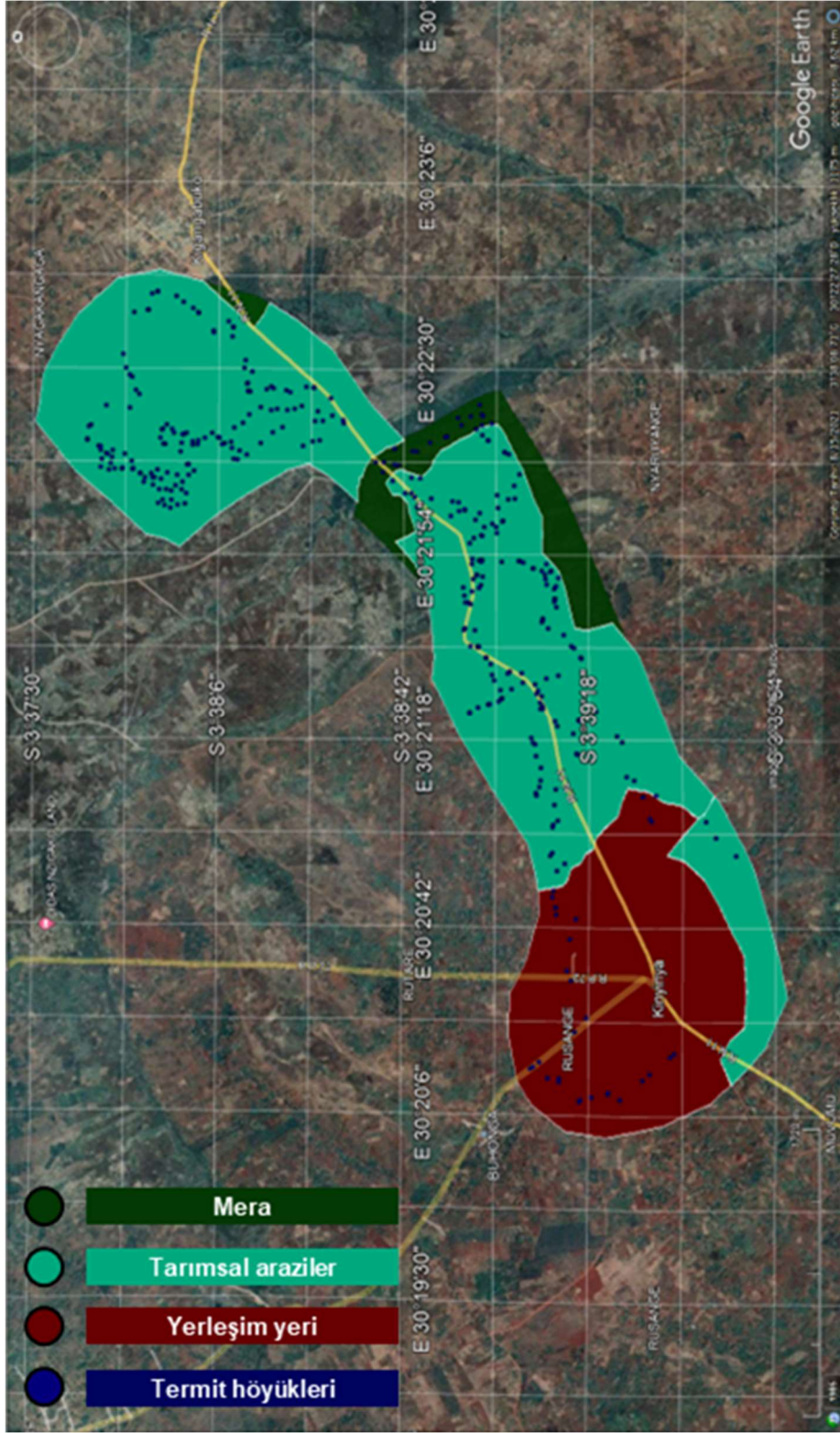
Etkili madde (insektisit)	Uzaklaştırma etkisi ortalama (± 1 gün)	Genel ortalama ± 1 (gün)
Chlorpyrifos	21	21,56 \pm 1
Chlorpyrifos	23	
Chlorpyrifos	21	
Chlorpyrifos	22	
Chlorpyrifos	21	
Chlorpyrifos	21	
Chlorpyrifos	20	
Chlorpyrifos	23	
Chlorpyrifos	22	
Kontrol	4	
Kontrol	6	5,67 \pm 1
Kontrol	7	

4.7. Termit Höyükleri ve Arazi Kullanım Analizleri

İki köyün alanı (847 ha) örnek olarak seçilerek coğrafi bilgi sistemleriyle sayısallaştırılmıştır (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6). Elde edilen verilere göre, höyüklerin tarım ve yerleşim alanlarıyla iç içe olduğu gözlemlenmiştir. Evler ve tarım alanları, termitlerin yaşam alanları içerisinde bulunmaktadır.



Şekil 4. 5. Chlorpyrifos'un termitler üzerine uzaklaştırma etkisi



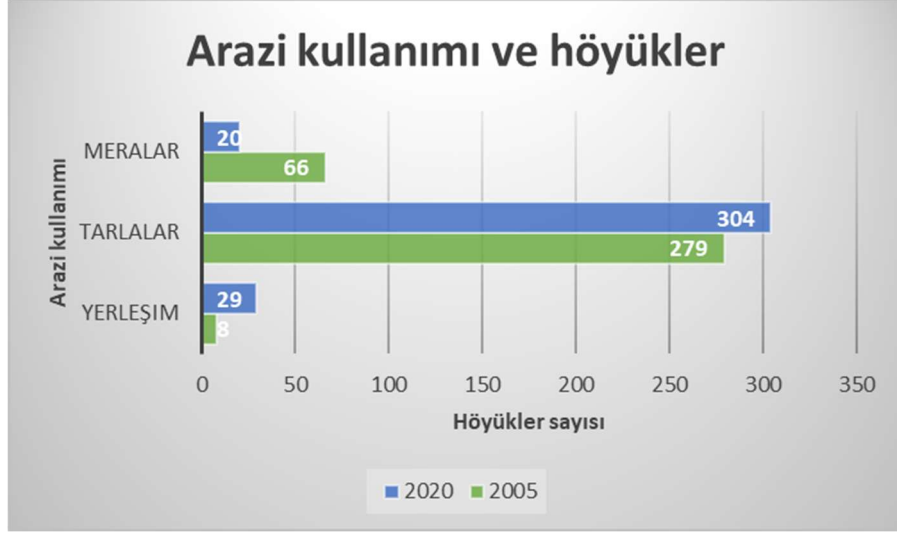
Şekil 4. 6. 2020 yılındaki arazi kullanımı ve termit höyükleri

2005 yılından kalan coğrafi bilgi sistemleri ve 2020 yılındaki sayısallaştırılmış Google Earth verileri karşılaştırıldığında (Şekil 4.7) bu dönem arasında arazi kullanımında önemli değişiklikler olduğu görülmektedir. Arazi kullanımındaki bu değişimler, termit ekolojisi üzerinde büyük etkiler yapabilecektir. Meraların büyük bir kısmı tarım alanına dönüşmüş ve yerleşim alanları iki katına çıkmıştır. Termitler için meralar iyi bir yaşam alanı kabul edilse de, insan faaliyetlerinden büyük ölçüde rahatsız olmaktadır. Bu durum, sadece termitler için değil, diğer böcekler, fauna ve yerel flora için de bir göstergedir.



Şekil 4. 7. 2005-2020 yılları arasındaki arazi kullanımı karşılaştırması

Bu verilere göre, 2005 ve 2020'de aynı höyüklerin olduğunu düşünürsek, zamanla termit höyüklerinin olumsuz olarak etkilendiğini ve yaşam alanlarında olduğunu göstermektedir (Şekil 4.8). Termit höyükleri, insanların kullandığı alanlarda bulunduğu sürece termitler onlar açısından zararlı olarak algılanacaktır. Bu durumda da insanlar, termitleri yok etmek için insektisitlere başvuracaktır.



Şekil 4. 8. Termit höyüklerinin yaşam alanlarındaki değişimi (2005-2020)

Sonuç olarak, termitler ve insanlar arasındaki etkileşimin azaltılması ve termit kontrolünde daha sürdürülebilir yöntemlerin kullanılması önem taşımaktadır. Bu bağlamda, biyolojik mücadele yöntemleri ve bitki ekstraktları kimyasal insektisitlere alternatif olarak termit kontrolünde kullanılabilir. Bu yöntemler, termitlerin doğal düşmanlarını veya termitlere olumsuz etkide bulunan bitki özlerini kullanarak termit popülasyonunu kontrol altında tutmayı amaçlamaktadır. İncelenen alanlarda termitlerin yaşam alanlarının insan yerleşimi ve tarım alanlarıyla iç içe olduğu gözlemlendiğinden, bu tür etkileşimlerin azaltılması için çeşitli stratejilerin benimsenmesi gerekmektedir. Öncelikle, termitlerin yaşam alanlarının ve insan aktivitelerinin birbirinden daha fazla ayrılması sağlanmalıdır. Bu sayede, termitlerin insan yerleşim alanlarındaki zararlarını önlemek için kimyasal insektisit kullanımına daha az ihtiyaç duyulacaktır. Ayrıca, termitlerin yaşam alanlarına zarar vermemek ve biyolojik çeşitliliği korumak amacıyla, arazi kullanımının dikkatli bir şekilde planlanması ve yönetilmesi önemlidir. Bu süreçte, tarım alanlarının ve yerleşim alanlarının termitlerin yaşam alanlarından mümkün olduğunca uzak tutulması ve aynı zamanda termitlerin doğal düşmanlarına ve biyolojik mücadele yöntemlerine uygun alanlar sağlanması hedeflenmelidir.

Termitlerle ilgili gelecekte yapılacak araştırmalar, biyolojik mücadele yöntemlerinin etkinliğini artırmak ve termitlerin yaşam alanlarındaki değişikliklerin etkilerini anlamak için önemli bilgiler sunacaktır. Bu bilgiler, termit kontrolünde sürdürülebilir ve çevre dostu yöntemlerin geliştirilmesine katkı sağlayarak, termitler ve insanlar arasındaki

etkileşimin azaltılmasında önemli rol oynayabilir. Ormanlar ve savanlar, termitlerin doğal yaşam alanları olarak bilinirken, Miombo ormanları da termitlerin yaşamlarını sürdürdüğü önemli bir bölgedir. Ancak, tarımsal faaliyetler ve insan yerleşimi için arazilerin açılması, Miombo ormanlarının ekolojik yapısında önemli değişikliklere yol açmıştır. İnsanların orman alanlarını kullanarak yerleşim ve çiftçilik faaliyetlerini sürdürmeleri, termitlerin ve diğer yabani faunanın yaşam alanlarının daralmasına neden olmuştur.

Miombo ormanlarında insanların kolonileşmeye başlamasıyla birlikte, termitler için yaşam alanı ayırma konusu göz ardı edilmiştir. Bu durum, Kinyinya ilçesinde korunan alanların bulunmamasıyla da kendini göstermektedir. Bu nedenle, termitlerin ve diğer doğal yaşamın korunması adına, arazi kullanımı ve yerleşim planlaması süreçlerinde daha dikkatli ve sürdürülebilir yöntemlerin benimsenmesi önem taşımaktadır. Böceklerin insanlar için zararlı olup olmadığını değerlendirmek adına, ekolojik özelliklerini incelemek gereklidir. İnsanların mı böceklere saldırdığı yoksa böceklerin mi insanlara zarar verdiği önemli bir sorundur. Örneğin, bazı böcekler insanların veya diğer omurgalı hayvanların kanıyla beslenerek ciddi sağlık sorunlarına yol açabilecek hastalıkların bulaşmasına sebep olabilir ve bu durumda zararlı olarak kabul edilirler.

Doğada hemen hemen her bitki türü, birçok böceğin besin kaynağıdır. Böcekler, insanların istemediği bitkilerle beslendiklerinde zararlı hale gelirler. Tarım ürünleri ve bahçe bitkileri, çeşitli böcekler tarafından tüketilir ve bu, tohumun ekildiği andan hasat edilene, depolanana veya tüketilene kadar risk oluşturur. Böcekler insanlarla aynı yiyecekler için rekabet ettiğinde, onları zararlı olarak kabul ederiz. Böceklerin, insanları sokması, ısırması, rahatsız etmesi, kirletmesi veya hayatı olumsuz yönde etkilemesi durumunda, insanlar tarafından zararlı olarak kabul edilirler. Ayrıca, böcekler evlere, giysilere veya insanların ürettiği, sakladığı veya kullandığı diğer ürünlere zarar verebilir. İnsanlara, hayvanlara zarar veren, gıdaları yok eden, yapıları ve çevreye zarar veren böcekler, insanlarla rekabet eden zararlılar olarak adlandırılır.

García-Lara ve Serna Saldivar (2016) ile Schowalter (2020) çalışmalarında belirttikleri gibi, bazı böcekler insan sağlığını tehdit ettiğinden, yiyecekleri yok ettiğinden, yapılarımıza veya çevreye zarar verdiğinden veya genel rahatsızlık veya endişeye neden

olduğundan dolayı zararlı olarak kabul edilmektedir. Termit höyüklerinin ve çalışma alanının birbiriyle iç içe geçmiş olması iki önemli noktayı gündeme getirir. İlk olarak, termit höyüklerine zarar vermeden kimyasal kontrol yöntemlerini uygulamak tamamen mümkün olmayabilir. Höyüklerin yok edilmesi ekolojik açıdan tehlikelidir. İkincisi, termitler ve tarımın sürdürülebilir bir şekilde bir arada bulunması hem çiftçilerin hem de genel ekolojinin yararına kullanılabilir.

Termitler, tropikal ekosistemlerde toprak humusunun ayrışmasına büyük katkı sağlar. Metabolik açıdan bakıldığında, bitki materyalinin ayrışması esas olarak serbest yaşayan mantarlar ve bakteriler tarafından gerçekleştirilir. Ancak, pek çok tropikal yaşam alanında termitler de büyük miktarda bitki materyalini tüketerek humusun önemli bir kısmının mineralizasyonuna katkıda bulunur. Bu etki, yağış mevsiminin kısa olduğu, sinekler, böcekler, bakteri ve mantar popülasyonlarının atıkların ve sığır gübresinin bozunmasını engellediği, çöller ve kuru savanlar gibi daha kurak bölgelerde özellikle önemlidir.

Bu ekolojik niş, nemli bir atmosfer sağlayabilen ve ortam ikliminden bağımsız olarak büyük miktarda atığı toplayıp işleyebilen termitler tarafından doldurulmaktadır. Termit aktivitesinin bu türü, aksi takdirde kuru savanlar ve çalılıkların karakteristik periyodik yangınlarında kaybolabilecek olan organik maddenin, dışkı yoluyla, termit gövdelerinin biyokütlesi ve biyojenik yapıları içinde toprağa geri dönüşünü sağlamaktadır (Bignell ve Eggleton, 2000; Yamada ve diğerleri, 2005; Freymann ve diğerleri, 2010).

Biyotürbasyon ve toprak oluşumu açısından termitlerin ekosistemdeki en önemli etkilerinden biri, toprak gevşemesi (yığın yoğunluğunun azalması) ve biyotürbasyon aracılığıyla hem dikey hem de yatay taşıma ile höyük yapılarının erozyon süreçlerindeki rolleridir. Termitler, höyüklerini inşa ederken, galeri açma ve kaplama süreçlerinde toprak yüzeyine çeşitli derinliklerden büyük miktarlarda toprak taşımaktadırlar. Bu durum, özellikle Macrotermitinae alt familyasına ait termitler için geçerli olup, Trinervitermes cinsi termitlerde de gözlemlenmiştir (Holt ve Lepage, 2000).

Toprak organik maddesi ve besin döngüsü açısından termitlerin organik madde tüketimi, termit biyokütlesi üretiminde ve yuva yapılarının inşasında kullanılmaktadır.

Organik madde ve mineral besinlerin toprak ortamına geri dönüşü, dışkılar, tükürük salgıları, ölü termitler ve yırtıcı hayvanlar aracılığıyla gerçekleşir. Özellikle, karıncaların termitleri avlaması sonucu meydana gelen ölümler ve höyük erozyonu, ekosistemdeki organik madde ve mineral besin maddelerinin dönüşümüne ve yeniden dağılımına önemli katkılar sağlamaktadır (Whitford ve diğerleri, 1992).

Hidrolik özellikler ve toprak erozyonu açısından termitlerin su sızması ve akışındaki rolü, odalı koloni merkezleri, yiyecek arama ve depolama galerileri, besleme odaları ve iletişim kanallarını kapsayan yeraltı biyojenik yapılarının önemi, yapısı ve düzeni ile yakından ilgilidir. Termitlerin toprağa su sızması üzerindeki etkileri hakkındaki bilgiler kısıtlıdır. Birçok gözlem ve dışlama deneyi, termitlerin hasat faaliyetlerinin, suyun nüfuz edebileceği ve tercihli akış yollarını oluşturan yiyecek arama delikleriyle toprak yüzeyine bağlanan yoğun bir yeraltı galeri ağı oluşturduğunu göstermektedir (Elkins ve diğerleri, 1986).

Toprak hayvanı ve mikrobiyal biyoçeşitlilik açıdan termitlerin işlevsel alanının sınırlandırılmasıyla toprakta meydana gelen heterojenlik, toprak biyoçeşitliliğinin ana üreticisi ve düzenleyicisi durumunu sağlamakta ve ekolojik dengeyi desteklemektedir. Ekosistemin mühendisleri olarak termitler, toprak makro ve mikrofaunası ile mikroorganizmalar gibi diğer türler için kaynakların mevcudiyetini düzenler ve yaşam döngülerinde yuvalanma, tüneme veya barınma aşamaları için önemli sayıda organizma tarafından kullanılacak habitatlar yaratmaktadır (Jouquet ve diğerleri, 2006; Villenave ve diğerleri, 2009).

Termit höyüğü yuvaları, çok çeşitli hayvanlar için bir besin kaynağı oluşturmanın yanı sıra, diğer termit türlerinden ve toprak makrofaunasından kuşlar, sürüngenler ve memeliler gibi küçük hayvanlara elverişsiz dönemlerde sığınak sağlamaktadır. Aksi takdirde uygun olmayan ortamlarda bazı türler yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalabileceklerdir. Termit tepelikleri üzerinde ve çevresinde daha fazla bitki örtüsü üretimi ve kalitesi, bu nedenle av ve yırtıcı toplulukların dağılımı için bir şablon sağlamakta ve ayrıca toynaklı memeliler ve megaherbivorlar tarafından artan otlatma baskısına katkıda bulunmaktadır (Mobaek ve diğerleri, 2005). Ekosistemleri korumak ve aynı zamanda tarımsal üretimin sağlıklı bir şekilde elde edilebilmesi için termit

höyükleri ve tarlaların birlikte nasıl tasarlanabileceği konusunda kapsamlı araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Sonuç olarak, termitler tropik bölgelerde büyük bir biyokütleye sahip önemli hayvan gruplarından biridir. Tarlalar ve evlerde ciddi zararlara neden olmalarına rağmen, ekosistemdeki rolleri çoğu zaman göz ardı edilmektedir. Termitlerle mücadelede en iyi yaklaşım, onların etolojisini ve biyotopunu dikkate alarak müdahalelerde bulunmaktır. Ancak insanlar termitleri çoğunlukla zararlı olarak görmekte ve böcek ilaçları gibi yöntemlerle kontrol etmeye çalışmaktadır. Bununla birlikte, pestisitler termitlerin kontrolünde yeterli başarıyı sağlayamamaktadır.

Bu araştırmada, termitlerin ekolojisi ve etolojisi değerlendirilmiş ve hem termitlerin ekolojisini hem de çiftçilerin ihtiyaçlarını dikkate alan bir yaklaşım geliştirilmeye çalışılmıştır. Özellikle Burundi'nin kırsal çiftçilerinin sosyo-ekonomik koşullarında pestisit kullanımının uygun bir çözüm olmadığı görülmektedir. Ayrıca, Burundi'de pestisit endüstrisi bulunmamakta ve tarımsal ilaçların tamamı ithal edilmektedir. Gayri Safi Yurt İçi Hasıla'nın (GSYİH) 370 Amerikan Doları'nın altında olduğu dünyanın en fakir ülkelerinden birinde, çiftçilerin pestisit kullanımına yatırım yapması pek mümkün görünmemektedir.

Böcek kontrolünde bitki özlerinin kullanılması, çiftçiler için en uygun maliyetli ve kolay uygulanabilir yöntemdir. Bu araştırma, Burundi'nin Ruyigi ilinin Kinyinya ilçesinde gerçekleştirilmiştir. Bölge, yok olma tehlikesiyle karşı karşıya olan Miombo ormanlarının bir kısmını içermektedir. İnsanların ekosistem üzerindeki baskısı, biyoçeşitlilik kaybının ana nedenidir. Pestisit kullanımı ise bu kaybın önemli faktörlerinden biridir. Bu yüzden, pestisitlere doğa dostu alternatiflerin bulunması ve kullanılması önem taşımaktadır.

Araştırmada, üç bitkiden (*Euphorbia tirucalli*, *Tephrosia vogelii*, *Lantana camara*) elde edilen sulu ekstrakt kullanılmıştır. Bitki özütleri farklı sürelerde (24, 48 ve 72 saat) suda bekletilerek ve üç dozda test edilmiştir. Özellikle yüksek ve orta dozlarda bitkisel sulu ekstraktların uzaklaştırıcı etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Uygulamadan sonra

termitlerin araziyi kolonize etmeleri için geçen süre değerlendirilmiş ve yaklaşık 20-30 gün uzaklaştırıcı etkinin sürdüğü görülmüştür.

Kinyinya ilçesinde bulunan bitkiler, termitlerin saldırısına farklı aşamalarda maruz kalmaktadırlar. Termitler, bazı bitkilere ekimden hasada kadar saldırabilirken, bazılarında ise dirençli hale gelmeden önce saldırı gerçekleştirebilirler. Bitkilerin gelişme durumuna ve direnç seviyelerine göre bitkisel sulu ekstraktların uygulanması planlanabilir. Bu önerinin amacı, termitlerin ürünlere saldırı yapacak zamanı gelmeden önce toprağı uzaklaştırıcı maddelerle işlemektir. Kinyinya ilçesinde muz ve pirinç yetiştiriciliğinde termit sorunu yaşanmamaktadır. Ancak mısırdaki, ilk iki ayda termit saldırıları görülmektedir. Manyok, patates ve meyve ağaçlarında ise kökler güçlenene kadar saldırılar meydana gelmektedir. Fasulye, soya fasulyesi, diğer sebzeler ve yer fıstığında ise bitkilerin ekiminden hasadına kadar termit saldırılarına rastlanmaktadır. *Cajanus cajan* ve *Eleusine coracana* bitkilerinde ise ilk aylarda saldırılar oluşmaktadır. Bu doğrultuda, Çizelge 4.2.'de belirtilen bitki ekstraktlarının uygulama zamanlarının önerilmesiyle termit saldırılarının azaltılacağı düşünülmektedir. Bu yöntemle, hem termitlerin ürünlere zarar verme riski minimize edilecek, hem de çevre dostu bir yaklaşımla tarımsal verimlilik korunacaktır.

Çizelge 4. 2. Kinyinya ilçesinde yetiştirilen tarımsal ürünlere termitlerin zarar verme durumu ve bitkisel ekstrakt uygulama önerisi

Tarımsal ürün	Termitlerin zarar verme durumu	Uygulama önerisi
Muz	Yok	Gerek yok
Pirinç	Yok	Gerek yok
Mısır	İlk iki ayda	Her 15-20 günde uygulamalı
Manyok	Manyok çelikleri saldırıya uğrayabilirler Kökleri güçlendikten sonra hiç saldırı olmaz	Çelikler toprağa ekildikten sonra iki aya kadar her 15-20 günde bir uygulanmalı
Tatlı patates	Tatlı patates çelikleri saldırıya uğrayabilirler Kökleri güçlendikten sonra hiç saldırı olmaz	Çelikleri toprağa ekildikten sonra iki aya kadar her 15-20 günde uygulanmalı
1.Fasulye, 2.Soya fasulyesi	Ekiminden hasada kadar saldırıya uğrarlar	Her 15-20 günde bir uygulanmalı
Yer fıstığı	Ekiminden hasada kadar saldırıya uğrar	Her 15-20 günde bir uygulanmalı
Sorgum	İlk iki ayda	Her 15-20 günde bir uygulanmalı
<i>Cajanus cajan</i>	Birinci ayda	Her 15-20 günde bir uygulanmalı
<i>Eleusine coracana</i>	İlk iki ayda	Her 15-20 günde bir uygulanmalı
Sebzeler	Ekiminden hasada kadar saldırıya uğrar	Her 15-20 günde bir uygulanmalı
Meyve ağaçları	Dikildikten sonra kökleri güçlenene kadar saldırıya uğrar	Her 15-20 günde bir uygulanmalı

Bu çalışma kapsamında yapılan arazi kullanım analizi, termitlerin biyotoplarında insan yerleşimlerinin ve tarım alanlarının kurulduğunu göstermektedir. Termitler, tarım alanları söz konusu olduğunda, çiftçilerin dostu olarak kullanılabilir. Bitki özleri ile termitler uzak tutulabilir ve hasattan sonra tarlalarda termitlerin bulunması kabul edilebilir. Zira termitler, toprakta iyi bir organik madde geri dönüştürücüdür ve tarımsal ürünlerin bulunmadığı dönemlerde toprağa organik madde katkısında bulunabilirler.

Termitlerin ekosistemdeki önemli rolü ve milyonlarca yıl önce dünyada koloni oluşturma kabiliyeti, tarım alanında araştırma yapanlar için ilham kaynağı olmalıdır. Pestisitlere yatırım yaparak termitleri öldürmek yerine, onları koruma ve üretim amacıyla kullanabileceğimize dikkat çekilmelidir. Termitlerin beslenmesi, korunması ve arazilerdeki hareketlerinin izlenmesi konularında daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Burundi'nin kırsal alanlarında yaşıyan çiftçilere, kooperatifler kurarak bir araya gelmeleri ve gelişmiş ülkelerdeki pestisit elde etme yöntemlerini inceleyip, bu konuda eğitimler alarak kendi pestisitlerini geliştirme adımları atma konusunda destek sağlanmalıdır. Bu sayede, hem çiftçilerin ihtiyaçlarını karşılamak, hem de termitlerin ekosistemdeki önemli rolünü korumak mümkün olacaktır.

5. SONUÇ

Tez çalışmasında elde edilen veriler, *Euphorbia tirucalli*, *Tephrosia vogelii* ve *Lantana camara* bitkilerinden elde edilen sulu ekstraktların termitler üzerinde uzaklaştırıcı etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, son 10 yıl içinde yapılan diğer çalışmalarla kıyaslandığında, bitki ekstraktlarının termit kontrolünde etkili ve çevre dostu yöntemler olduğunu desteklemektedir.

Örneğin, Cheng ve diğerleri (2009), iki *Eucalyptus* türünden elde edilen yaprak esansiyel yağlarının kimyasal bileşimlerini ve larvisidal aktivitelerini incelemiş ve bu bileşimlerin termitlere karşı etkili olduğunu göstermiştir. Sileshi ve diğerleri (2009) ise, Afrika'da termit yönetimi ve insan refahı için etno-ekolojik ve bilimsel termit bilgisinin entegrasyonunu araştırmışlardır. Liu ve diğerleri (2014) ise *Kaempferia galanga* köklerinden elde edilen esansiyel yağların *Liposcelis bostrychophila*'ya karşı böcek kovucu ve insektisidal etkilerini araştırmıştır. Bläske ve Hertel (2001), bitki ekstraktlarının toprak altı termitlere karşı böcek kovucu ve toksik etkilerini incelemiştir. Cynthia ve diğerleri (2016), bitki özütlerinin termitler (*Macrotermes bellicosus*) üzerindeki toksisite ve uzaklaştırıcı etkilerini değerlendiren bir çalışma yapmışlardır. Jimma (2014) ise, bitki özütlerinin laboratuvar koşullarında termitlere (*Macrotermes* spp.) karşı etkinliğini incelemiştir. Kartal ve diğerleri (2006), esansiyel yağ bileşikleri ve bitki ekstraktlarının ahşap üzerindeki çürüme ve termit direncine etkisini araştırmıştır. Ahmed ve diğerleri (2016), farklı bitki ekstraktlarının termit türlerine (*Heterotermis indicola*) etkisini değerlendirmiştir. Alshehry ve diğerleri (2014), bitki özütlerinin toprak altı termitlere (*Psammotermes hybostoma*) karşı böcek öldürücü etkilerini araştırmışlardır. Son olarak, Verma ve diğerleri (2009) tarafından yapılan bir derleme çalışması, termit kontrolünde biyolojik alternatiflerin önemini vurgulamış ve bitki ekstraktlarının termit kontrolünde etkili olduğunu göstermiştir.

Yukarıda bahsedilen çalışmalar, farklı bitki türlerinin ve ekstraksiyon yöntemlerinin termit kontrolünde potansiyel uygulamalarını araştırmaktadır. Bu, bitki ekstraktlarının termit kontrolünde daha fazla araştırılması gereken bir alan olduğunu ve yeni ve etkili çözümler sunabileceğini göstermektedir. Ayrıca, bu çalışmaların sonuçları, tez

çalışmasının sonuçlarını destekleyerek, bitki ekstraktlarının termit kontrolünde umut verici bir yöntem olduğunu teyit etmektedir.

Bu tez çalışmasının, termit kontrolünde bitki ekstraktlarının kullanımına odaklanarak önemli bir katkı sağladığı düşünülmektedir. Çalışma, termitlerin ekosistemdeki rollerini anlamaya yönelik bilgi birikimine katkıda bulunurken, aynı zamanda çevre dostu ve sürdürülebilir termit kontrol yöntemlerine yönelik araştırmaları teşvik etmektedir. Geleneksel kimyasal pestisitlerin çevresel ve sağlık üzerindeki olumsuz etkileri dikkate alındığında, bu çalışmanın sunduğu alternatif yöntemler büyük öneme sahiptir.

Gelecekteki araştırmalar, bu çalışmanın temelini alarak daha geniş bir perspektiften ele alınabilir. Öncelikle, termit kontrolünde etkili olabilecek farklı bitki çeşitlerinin incelenmesi önemlidir. Bu sayede, mevcut bitki türleri dışında alternatifler sunarak çeşitlilik sağlanabilir.

Ek olarak, bitki ekstraktlarının termit kontrolünde en etkili dozların ve uygulama tekniklerinin belirlenmesi için ekstraksiyon yöntemleri ve uygulama tekniklerinin optimizasyonuna yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Bu, bitki ekstraktlarının termit kontrolündeki etkinliğini artırarak daha başarılı sonuçlar elde etmeye yardımcı olacaktır.

Uzun vadeli etkilerin ve termit popülasyonları üzerindeki etkilerin değerlendirilmesi de önemli bir konudur. Bitki ekstraktlarının termit popülasyonları ve ekosistem üzerindeki uzun vadeli etkilerini incelemek için alan çalışmaları ve uzun süreli deneyler gerçekleştirilmelidir. Bu, yöntemlerin sürdürülebilirliği ve ekosistemle uyumluluğu açısından önemli bilgiler sunacaktır.

Ayrıca, bitki ekstraktlarının termit kontrolündeki ekonomik ve uygulanabilirliği üzerine çalışmalar yapılmalıdır. Bu tür araştırmalar, bitki ekstraktlarının üretimi, uygulanması ve maliyet-etkinliği ile ilgili faktörlerin değerlendirilmesine ve ticari termit kontrolünde kullanılabilirliğinin belirlenmesine yardımcı olacaktır.

Son olarak, entegre termit yönetimi (IPM) stratejilerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmelidir. Bitki ekstraktlarının diğer biyolojik ve çevre dostu termit kontrol yöntemleri ile entegre bir şekilde kullanılmasını sağlayacak stratejilerin

geliştirilmesi hem tarımsal üretimin sürdürülebilirliği hem de ekosistem sağlığını korumaya yardımcı olacaktır. Entegre termit yönetimi stratejileri, özellikle termitlerin zararlı etkilerini azaltırken, onların ekosistemdeki faydalı rollerini de göz önünde bulunduracak şekilde tasarlanmalıdır.

Diğer biyolojik kontrol yöntemleri ve çevre dostu tekniklerle bitki ekstraktlarının kombinasyonunu inceleyen çalışmalar, daha etkili ve kapsamlı termit kontrol yöntemlerinin geliştirilmesine katkı sağlayabilir. Örneğin, entomopatojenik funguslar, nematodlar ve doğal düşmanlar gibi biyolojik kontrol ajanlarının bitki ekstraktlarıyla birleştirilerek kullanılması, sinerjistik etkilerin ve daha etkili termit kontrolünün sağlanması açısından önemlidir.

Ayrıca, bitki ekstraktları kullanılarak termitlere karşı dirençli bitki türlerinin geliştirilmesine yönelik araştırmalar yapılabilir. Bu tür bitkiler, termitlerin zararlı etkilerine karşı daha dirençli olduğu için, ekosistemdeki doğal direnci artırarak termit kontrolünde etkili bir yöntem olabilir.

Sonuç olarak, bu tez çalışması termit kontrolünde bitki ekstraktlarının kullanımına ilişkin önemli bir başlangıç sağlamaktadır. Gelecekte gerçekleştirilecek çalışmalar, bu alandaki bilgi birikimini genişletmeye ve çevre dostu, sürdürülebilir ve etkili termit kontrol yöntemlerinin geliştirilmesine katkıda bulunacaktır. Bu çalışmalar, tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini desteklerken, ekosistem sağlığının ve biyolojik çeşitliliğin korunmasına da yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Addae-Korankye, A. (2014). Causes of poverty in Africa: A review of literature. *American international journal of social science*, 3(7), 147-153.
- Addisu, S., Mohamed, D., & Waktole, S. (2014). Efficacy of botanical extracts against termites, *Macrotermes* spp., (Isoptera: Termitidae) under laboratory conditions. *International Journal of Agricultural Research*, 9, 60–73.
- Agarwala, S. B. D. (1955). Control of termites (1946–1953). *Journal of Economic Entomology*, 48, 533–537.
- Agbidye, F. S., Igoche, B. E., & Ekhuemelo, D. O. (2020). Quantitative phytochemical screening and termicidal activities of *Euphorbia tirucalli* L. extracts on *Daniellia oliveri* (Rolfe) Hutch. and Dalziel and *Ficus capensis* Thunb. woods. *FUDMA J Sci*, 4:3: 99 – 106. <https://doi.org/10.33003/fjs-2020-0403-273>.
- Ahmed, N., Huma, Z., Rehman, S. U., Ullah, M., & Ahmed, S. (2016). Effect of different plant extracts on termite species (*Heterotermis indicola*). *Journal of Bioresource Management*, 3(2), 2. <https://doi.org/10.35691/JBM.6102.0049>.
- Ahmed, S., Khan, R. R., & Riaz, M. A. (2007). Some studies on the field performance of plant extracts against termites (*Odontotermes guptai* and *Microtermes obesi*) in sugarcane at Faisalabad . *International Journal of Agriculture and Biology*, 9, 3.
- Alshehry, A. Z., Zaitoun, A. A., & Abo-Hassan, R. A. (2014). Insecticidal activities of some plant extracts against subterranean termites, *Psammotermes hybostoma* (Desneux) (Isoptera: Rhinotermitidae). *International Journal of Agricultural Sciences*, 4 (9), 257–260.
- Anderson, G. (2022, March 11). Termite life cycle. <https://www.ecoguardpestmanagement.com/pest-resources/termite-life-cycle>
- Anderson, G. (2023, february 16). Termite queen. <https://www.ecoguardpestmanagement.com/pest-resources/termite-queen>
- Asiry K.A., Al-Nasser,A.S., & Abohassan, R.A.(2022). Repellent and toxic effects of some plant extracts on Subterranean termite *Psammotermes hybostoma* (Isoptera: Rhinotermitidae). *International Journal of Agriculture and Biology*, 27 (2) 99-104.
- Ateyyat, M.A., Al-Mazra'awi, M., Abu-Rjai, T., & Shatnawi, M.A. (2009). Aqueous extracts of some medicinal plants are as toxic as Imidacloprid to the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci*. *Journal of Insect Science*, 9,15. www.insectscience.org/9.15.
- Ayalew, A. A. (2020). Insecticidal activity of Lantana camara extract oil on controlling maize grain weevils. *Toxicology Research and Application*, 4, 1–10.

<https://doi.org/10.1177/2397847320906491>

- Bagnères, A. G., Pichon, A., Hope, J., Davis, R., & Clément, J. L. (2009). Contact versus feeding intoxication by fipronil in *Reticulitermes* termites (Isoptera: Rhinotermitidae): Laboratory evaluation of toxicity, uptake, clearance, and transfer among individuals. *Journal of Economic Entomology*, *102*, 347–356.
- Baker, G., & Goucher, C. (2015). *The Cambridge world history: A world with agriculture 12000BCE-500CE* (Volume 2). Cambridge University Press, UK.
- Barreto, F.S., Sousa, E.O., Campos, A.R., Costa, J.G.M., & Rodrigues, F.F.G. (2010). Antibacterial activity of *Lantana camara* Linn and *Lantana montevidensis* Brig extracts from Cariri-Ceará, Brazil. *Journal of Young Pharmacists*, *2*(1), 42-44.
- Barton, G.A. (2018). *The global history of organic farming*. Oxford University Press.
- Belayneh, A., & Berhan, T. (2019). Efficacy of some botanical extracts against termites (Isoptera: Termitidae) under laboratory conditions. *Journal of Applied Entomology and Zoology*, *54*(3), 207-212.
- Betancur-Galvis, L., Morales, G., Forero, J., & Roldan, J. (2002). Cytotoxic and antiviral activities of Colombian Medicinal Plant Extracts of the Euphorbia genus. *Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz*, *97*(4), 541–546.
- Bhagawati, S., Bhattacharyya, B., Mishra, H., & Gogoi, D. (2014). Chemical management of termites (*Odontotermes obesus*) in preserved setts of sugarcane (*Saccharum officinarum*). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, *5*, 856–859.
- Bidou, J. E., Ndayirukiye, S., Ndayishimiye, J. P., & Sirven, P. (1991). *Géographie du Burundi*. Paris, Hatier.
- Bignell, D.E. & Eggleton, P. (2000). Termites in Ecosystems. T. Abe, D.E. Bignell, & M. Higashi (Eds.), *Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology* (pp. 363-387). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Birkinshaw, C. R., & Colquhoun, I. C. (1998). Pollination of *Ravenala madagascariensis* and *Parkia madagascariensis* by *Eulemur macaco* in Madagascar. *Folia Primatologica*, *69*, 252.
- Bishwajeet, P., Singh, S., Shankarganesh, K., & Aslam, K.M. (2018). Synthetic insecticides, the backbone of termite management. K.M. Aslam, & A. Wasim (Eds.), *Termites and sustainable management* (pp. 233-260). Springer, Switzerland.
- Bläske, V. U., & Hertel, H. (2001). Repellent and toxic effects of plant extracts on subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology*, *94*(5), 1200-1208.

- Boué, S. M., & Raina, A. K. (2003). Effects of plant flavonoids on fecundity, survival, and feeding of the Formosan subterranean termite. *Journal of Chemical Ecology*, 29, 2575–2584.
- Bucagu, C., Vanlauwe, B., & Giller, K.E. (2013). Managing Tephrosia mulch and fertilizer to enhance coffee productivity on smallholder farms in the Eastern African Highlands. *European Journal of Agronomy*, 48, 19-29.
- Cantor, N.F. (2001). *In the wake of the plague: The black death and the world it made*. Free Press, USA.
- Carson, R. (1962). *Silent Spring*. Houghton Mifflin Co., Cambridge, Massachusetts.
- Casida, J. E., & Quistad, G. B. (1995). *Pyrethrum flowers: Production, chemistry, toxicology, and uses*. Oxford University Press.
- Cerejeira, M. J., Viana, P., Batista, S., Pereira, T., Silva, E., Valério, M. J., & Silva-Fernandes, A. M. (2003). Pesticides in Portuguese surface and ground waters. *Water Research*, 37, 1055-1063.
- Chebet, F., Deng, A. L., Ogendo, J. O., Kamau, A. W., & Bett, P. K. (2013). Bioactivity of selected plant powders against *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae) in stored maize grains. *Plant Protection Science*, 49(1), 34-43.
- Cheng, S. S., Huang, C. G., Chen, Y. J., Yu, J. J., Chen, W. J., & Chang, S. T. (2009). Chemical compositions and larvicidal activities of leaf essential oils from two eucalyptus species. *Bioresource Technology*, 100(1), 452-456.
- Chirwa, P. W., Syampungani, S., & Geldenhuys, C. J. (2008). The ecology and management of the Miombo woodlands for sustainable livelihoods in southern Africa: the case for non-timber forest products. *Southern Forests*, 70(3), 237–245.
- Chouvenc, T., Su, N. Y., & Robert, A. (2021). Termite damage and management strategies in agricultural ecosystems. *Annual Review of Entomology*, 66, 255-274.
- Cramer, C., Sender, J., & Oqubay, A. (2020). *African economic development: evidence, theory, policy*. Oxford University Press.
- Cynthia, O. C., Precious, O., & Lynda, O. S. (2016). The toxicity and repellency of some plant extracts applied as individual and mixed extracts against termites (*Macrotermes bellicosus*). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4, 406-418.
- Dangerfield, J. M., McCarthy, T. S., & Ellery, W. N. (1998). The mound building *Macrotermes michaelseni* as an ecosystem engineer. *Journal of Tropical Ecology*, 14, 507–520.

- Darwin, C. (1859). *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London.
- Delgarde, S., & Rouland, L. C. (2002). Evaluation of the effects of thiamethoxam on three species of African termite (Isoptera: Termitidae) crop pests. *Journal of Economic Entomology*, *95*, 531–536.
- Deshmukhe, P. V., Hooli, A. A., & Holihosur, S. N. (2011). Effect of Lantana camara (L.) on growth, development and survival of tobacco caterpillar (Spodoptera litura Fabricius). *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, *24*.
- dos Santos, A. T. B., Zanon Junior, J. S., Parreira, L. A., Pedra de Abreu, K. M., Bernardes, C. O., de Carvalho, J. R., & Menini, L. (2021). Chemical identification and insecticidal effect of *Tephrosia vogelii* essential oil against *Cerosipha forbesi* in strawberry crop. *Crop Protection*, *139*, 105405.
- Duke, S. O., Cantrell, C. L., Meepagala, K. M., Wedge, D. E., Tabanca, N., & Schrader, K. K. (2010). Natural toxins for use in pest management. *Toxins (Basel)*, *2*(8), 1943-1962.
- Euphorbia tirucalli. (2023, 22 Haziran). In Wikipedia.
https://en.wikipedia.org/wiki/Euphorbia_tirucalli
- Elango, G., Rahuman, A. A., Kamaraj, C., Bagavan, A., Zahir, A. A., Santhoshkumar, T., Marimuthu, S., ... Rajakumar, G. (2012). Efficacy of medicinal plant extracts against Formosan subterranean termite, *Coptotermes formosanus*. *Industrial Crops and Products*, *36*, 524–530.
- Elkins, N., Babol, G., Ward, T., & Whitford, W. (1986). The influence of subterranean termites on the hydrological characteristics of a Chihuahuan desert ecosystem. *Oecologia*, *68*, 521-528.
- Engel, M. S., Grimaldi, D. A. & Krishna, K. (2009). Termites (Isoptera): their phylogeny, classification, and rise to ecological dominance. *American Museum Novitates*, *3650*, 1-27.
- Erb, M. & Kliebenstein, D.J. (2020). Plant Secondary Metabolites as Defenses, Regulators, and Primary Metabolites: The Blurred Functional Trichotomy. *Plant Physiology*, *184*(1), 39–52.
- Evans, T. A., Dawes, T. Z., Ward, P. R., & Lo, N. (2011). Ants and termites increase crop yield in a dry climate. *Nature Communications*, *2*, 262.
<https://doi.org/10.1038/ncomms1257>
- Florencio, D. F., Marins, A., Rosa, C. S., Cristaldo, P. F., Araujo, A. P. A., Silva, I. R. & DeSouza, O. (2013). Diet segregation between cohabiting builder and inquiline termite species. *PloS One*, *8*(6), e66535. doi:10.1371/journal.pone.0066535.

- French, J. R. J. (1991). Baiting techniques for control of *Coptotermes* species within existing buildings in Australia. M. I. Haverty & W.W. Wilcox (Eds.), *Proceedings of symposium of current research on wood-destroying organisms* (pp. 46–50). USDA forest service's general technical report PSW-128, Berkeley.
- Freyman, B.P., de Visser, S.N., & Olf, H. (2010). Spatial and temporal hotspots of termite driven decomposition in the Serengeti, *Ecography*, *33*, 443-450.
- Gaetano, S., & Andrew, M. (2015). Essential roles of intracellular calcium release channels in muscle, brain, metabolism, and aging. *Current Molecular Pharmacology*, *8*, 206–222.
- García-Lara, S., & Serna Saldivar, S.O. (2016). Insect pests. B. Caballero, P.M., & Finglas, F. Toldra (Eds.). *Encyclopedia of food and health* (pp. 432-436). Elsevier.
- Gemmill-Herren, B. (2016). *Pollination services to agriculture: Sustaining and enhancing a key ecosystem service*. Food and Agriculture organization of the United Nations. New York: Routledge.
- Gong, P., Wang, X.P., Sheng, J.J., & Yao, T.D. (2010). Variations of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in atmosphere of the Tibetan Plateau: Role of the monsoon system. *Atmospheric Environment*, *44*, 2518-2523.
- Govorushko, S. (2018). Economic and ecological importance of termites: A global review. *Entomological Science*, *22*, 21–35.
- Grimaldi, D. & Engel, M. (2005). *Evolution of insects*. Cambridge University Press.
- Gullan, P.J., & Cranston, P.S. (2014). *The insects: an outline of entomology*. John Wiley & Sons.
- Hannan, M. T., & Kranzberg, M. (2023, May 18). History of the organization of work. *Encyclopedia Britannica*.
<https://www.britannica.com/money/topic/history-of-work-organization-648000>.
- Hignett, T.P. (1985). *Fertiliser manual*. Springer.
- Holt, J. A., & Lepage, D. P. (2000). The use of sound detection for the identification and mapping of subterranean termite infestations. *Journal of Economic Entomology*, *93*(4), 1267-1272.
- Hu, X. P., & Hickman, B. (2006). Exterior perimeter plus limited interior treatments with fipronil as an IPM option for subterranean termite management. *International Pest Control*, *48*, 200–203.
- Ibrahim, S. A., Henderson, G., & Fei, H. (2003). Toxicity, repellency, and horizontal transmission of fipronil in the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology*, *96*, 461–467.

- Iqbal, N., & Saeed, S. (2013). Toxicity of six new chemical insecticides against the termite, *Microtermes mycophagus* D. (Isoptera: Termitidae: Macrotermitinae). *Pakistan Journal of Zoology*, 45, 709–713.
- Isman, M. B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51, 45-66.
- Isman, M. B. (2007). Botanical insecticides: For richer, for poorer. *Pest Management Science*, 64(1), 8-11.
- Jimma, E. (2014). Efficacy of botanical extracts against termites, *Macrotermes* spp.,(Isoptera: Termitidae) under laboratory conditions. *International Journal of Agricultural Research*, 9(2), 60-73.
- Jouquet, P, Traoré, S, Choosai, C., Hartmann, C., & Bignell, D. (2011). Influence of termites on ecosystem functioning. Ecosystem services provided by termites. *European Journal of Soil Biology*, 47(4):215-222.
- Jouquet, P., Dauber, J., Lagerlof, J., Lavelle, P., & Lepage, M. (2006). Soil invertebrates as ecosystem engineers: intended and accidental effects on soil and feedback loops. *Applied Soil Ecology*, 32,153-164.
- Kabuya, F. I. 2015. Fundamental Causes of Poverty in Sub-Saharan Africa. *International Journal of Humanities and Social Science*, 20(6), 78-81.
- Kalita, S., Kumar, G., Karthik, L., & Rao, K.V.B. (2012). A review on medicinal properties of *Lantana camara* Linn. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 5(6), 711-715.
- Kamran, AS, Dale-Skey, N., & Aslam, K.M. (2018). Role of Botanicals in Termite Management. K.M. Aslam, & A. Wasim (Eds.), *Termites and sustainable management* (pp.181-196). Springer, Switzerland.
- Kanyi, C. N., Karuri, H., Nyasani, J. O., & Mwangi, B. (2021). Land use effects on termite assemblages in Kenya. *Heliyon*, 7, 12, e08588.
- Kartal, S. N., Hwang, W. J., Imamura, Y., & Sekine, Y. (2006). Effect of essential oil compounds and plant extracts on decay and termite resistance of wood. *European Journal of Wood and Wood Products*, 64(6), 455-461.
- Kates, R.W., & Dasgupta, P. 2007. African poverty: A grand challenge for sustainability science. *The National Academy of Sciences of the USA*, 104(43), 16747-16750.

- Kim Dung, L. T., Xuan Hao, B., Anh Tuyet, N. T., Kim Tuyen, P. N., Thuc Huy, D. (2018). Chemical constituents of *Euphorbia tirucalli* L. *Science & Technology Development Journal: Natural Sciences*, 2:5.
- Kortbeek, R. W. J., van der Gragt, M. & Bleeker, P. M. (2019). Endogenous plant metabolites against insects. *European Journal of Plant Pathology*, 154, 67–90.
- Krishna, K., Grimaldi, D.A., Krishna, V., & Engel, M.S. (2013). *Treatise on the Isoptera of the World (1. Introduction)*. Bulletin of the American Museum of Natural History. NY, USA.
- Kumar, S., Gupta, A.K., Palni, U.T., Srivastava, S., Singh, G. & Singh, R. (2017). Essential oil composition and insecticidal activity of Himalayan *Cupressus torulosa* Roxb. ex. Lamb. *Phytochemistry Reviews*, 8(1), 111-115.
- Lantana camara. (2023, 22 Haziran).
In Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Lantana_camara
- Lengai, G. M. W., Muthomi, J. W., Ernest, R., & Mbega, E. R. (2020). Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production, *Scientific African*, 7, e00239.
- Lewalle, J., (1972). Les étages de végétation du Burundi occidental. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique*, 42, 1–247.
- Lina, E. C., Tama, D. P., Nelly, N., Arneti & Djamaan, A. (2020). Design of nanoemulsion of *Tephrosia vogelii* extract as botanical insecticide to control cabbage pest, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 583(1): 012024.
- Liu, X. C., Liang, Y., Shi, W. P., Liu, Q. Z., Zhou, L., & Liu, Z. L. (2014). Repellent and insecticidal effects of the essential oil of *Kaempferia galanga* rhizomes to *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptera: Liposcelidae). *Journal of Economic Entomology*, 107(4), 1706-1712.
- Mali, P.Y., & Panchal, S.S. (2017). *Euphorbia tirucalli* L.: A review on morphology, medicinal uses, phytochemistry and pharmacological activities. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7(7), 603–613.
- Mathur, V., Bhatnagar, P., Sharma, R.G., Acharya, V., & Sexana, R. (2002). Breast cancer incidence and exposure to pesticides among women originating from Jaipur. *Environment International*, 28, 331-336.
- Matsumura, F. (1975). *Toxicology of insecticides*. Lower John Street, Plenum Press.
- Matthews, G. A. (2018). *A history of pesticides*. CAB International.

- Meepagala, K. M., Osbrink, W., Sturtz, G., & Lax, A. (2006). Plant-derived natural products exhibiting activity against Formosan subterranean termites (*Coptotermes formosanus*). *Pest Management Science*, 62, 565–570.
- Metcalf, R. L. (2000). Insect control. C. Ley, B. Elvers (Eds.). *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH.
- Minh, N.H., Someya, M., Minh, T.B., Kunisue, T., Iwata, H., Watanabe, M., Tanabe, S., & Tuyen, B.C. (2004). Persistent organochlorine residues in human breast milk from Hanoi and Hochiminh City, Vietnam: contamination, accumulation kinetics and risk assessment for infants. *Environmental Pollution*, 129, 431-441.
- Ministère de l'Aménagement du Territoire, du Tourisme et de l'Environnement. (2007). *Plan d'action national d'adaptation aux changements climatiques «PANA»*. Bujumbura.
- Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme. (2010). *Deuxième Communication Nationale sur les Changements Climatiques*. INECN. Bujumbura.
- Mobaek, R., Narmo, A.K., & Moe, S.R. (2005). Termitaria are focal feeding sites for large ungulates in Lake Mburo National Park, Uganda, *J. Zool. Lond*, 267, 97-102.
- Mohamed, S., Saka, S., El-Sharkawy, S.H., Ali, A.M., & Muid, S. (1996), Antimycotic Screening of 58 Malaysian Plants against Plant Pathogens. *Pestic. Sci.*, 47, 259-264.
- Montgomery, G. A., Dunn, R. R., Fox, R., Jongejans, E., Leather, S.R., Saunders, M. E., Shortall, C. R., Tingley, M. W., & Wagner, D. L. (2020). Is the insect apocalypse upon us? How to find out. *Biological Conservation*, 241, 108327.
- Mordue (Luntz), A. J., & Nisbet, A. J. (2000). Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: Its actions against insects. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 29(4), 615-632.
- Mwine, J.T. (2011). *Evaluation of pesticidal properties of Euphorbia tirucalli L. (Euphorbiaceae) against selected pests*. (Publication No. 978-90-5989-423-5). [PhD thesis. Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University], Belgium.
- Mwine, T. J., & Van Damme, P. (2011). *Euphorbia tirucalli L. (Euphorbiaceae): the miracle tree: current status of available knowledge*. *Scientific Research and Essays*, 6(23), 4905–4914.
- Nakayama, F. S., & Osbrink, W.L. (2010). Evaluation of kukui oil (*Aleurites moluccana*) for controlling termites. *Industrial Crops and Products*, 31, 312–315.

- Ndiaye, M., Tounkara, K., & Seck, D. (2015). Plant extracts as a natural control against termites: A literature review. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17(1), 1-12.
- Nduwarugira, D. (2016). *Ecologie des termites (« Umuswa ») et rôle des termitières dans la biodiversité de la forêt claire miombo au Burundi – Impact pour la conservation* [Unpublished doctoral dissertation]. Université libre de Bruxelles, Faculté des Sciences – Sciences biologiques, Bruxelles. <http://hdl.handle.net/2013/ULB-DIPOT:oai:dipot.ulb.ac.be:2013/228088>.
- Neuwinger, H.D. (2004). Plants used for poison fishing in tropical Africa, *Toxicon*, 44(4): 417-430.
- Oi, F. (2022). A review of the evolution of termite control: a continuum of alternatives to termiticides in the United States with emphasis on efficacy testing requirements for Product Registration. *Insects*, 13, 50. <https://doi.org/10.3390/insects13010050>
- Ordish, F. G. (1952). *Untaken harvest*. Constable and Co., London
- Palumbi, S. (2001). Humans as the world's greatest evolutionary force. *Science*, 293, 1786.
- Parihar, D. R. (1985). Crop termite damage in Indian desert and its control in castor. *Zeitschrift für Angewandte Zoologie*, 72, 309–315.
- Pascual-Villalobos, M. J., & Robledo, A. (1999). Anti-insect activity of plant extracts from the wild flora in southeastern Spain, *Biochemical Systematics and Ecology*, 27(1), 1-10.
- Pavela, R. (2017). Extract from the roots of *Saponaria officinalis* as a potential acaricide against *Tetranychus urticae*. *J. Pest. Sci.*, 90, 683–692.
- Rahuman, A. A., Gopalakrishnan, G., & Venkatesan, P. (2008). Larvicidal activity of some Euphorbiaceae plant extracts against *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Parasitol Res*, 102, 867–873.
- Rajashekar, Y., Ravindra, K.V., & Bakthavatsalam, N. (2014). Leaves of *Lantana camara* Linn. (Verbenaceae) as a potential insecticide for the management of three species of stored grain insect pests. *J Food Sci Technol* 51, 3494–3499.
- Rando, J.S.S., Lima, C.B., Batista, N.A., Feldhaus, D.C., Lourenço, C.C., Polonio, V.D., Ávila, R.R., & Malanotte, M.L. (2011). Plant extracts in the control of aphids *Brevicoryne brassicae* L. and *Myzus persicae* Sulzer. *Semin. Cienc. Agrar.*, 32, 503–512.
- Rasmussen, R.K. (2010). *Agriculture in history*. Salem Press, Canada.
- Regnault-Roger, C. (1997). The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Integrated Pest Management Reviews*, 2(1), 25-34.

- Regnault-Roger, C., & Hamraoui, A. (1995). Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Stored Products Research*, 31(4), 291-299.
- République du Burundi. (2006). *Monographie de la commune Kinyinya*. Ruyigi, Burundi.
- Rhodes, C.J. (2018). Pollinator decline – an ecological calamity in the making?, *Science Progress*, 101(2), 121 – 160.
- Ripa, R., Luppichini, P., Nyeko S.N., & Rust, M.K. (2007). Field evaluation of potential control strategies against the invasive eastern subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) in Chile. *Journal of Economic Entomology*, 100, 1391–1399.
- Rouland-Lefèvre, C. (2010). Termites as Pests of Agriculture. D. Bignell, Y. Roisin, & N. Lo, (Eds.), *Biology of Termites: A Modern Synthesis*. Springer, Dordrecht.
- Rust, M.K., & Saran, R.K. (2008). Toxicity, repellency, and effects of acetamiprid on western subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology*, 101, 1360–1366.
- Scheffrahn, R.H., Su, N.Y., & Busey, A. (1997). Laboratory and field evaluations of selected chemical treatments for control of drywood termites (Isoptera: Kalotermitidae). *Journal of Economic Entomology*, 90, 492–502.
- Schmutterer, H. (1990). Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Annual Review of Entomology*, 35(1), 271-297.
- Schowalter, T.D. (2016). *Insect Ecology: an ecosystem approach*. Academic Press.
- Schowalter, T.D. (2020). *Insect and society*. CRC Press, USA.
- Scott, A. J., Hoffman, C., Gondwe, K. T., & Banda, T. (2000). The role of termites in soil nutrient cycling and soil stabilization in maize-based cropping systems. *Pedobiologia*, 44, 449–453.
- Sekamate, M.B., Ogenga-Latigo, M., & Russell-Smith, A. (2003). Effects of maize-legume intercrops on termite damage to maize, activity of predatory ants and maize yields in Uganda. *Crop Protection*, 22, 87–93.
- Sharma, A., & Gupta, R. (2009). Biological activity of some plant extracts against *Pieris brassicae* (Linn.), *Journal of Biopesticides*, 2(1), 26-31.
- Sharma, O.P., Sharma, S., Pattabhi, V., Mahato, S.B., & Sharma, P.D. (2007). A review of the hepatotoxic plant *Lantana camara*. *Critical Reviews in Toxicology*, 37(4), 313–352.

- Sharma, R.N., Tare, V., & Pawan, P. (1999). Toxic action of some plant extracts against selected insect pest and vectors. *Pestology*, 23, 30–37.
- Shennan, C., Krupnik, T.J., Baird, G., Cohen, H., Forbush, K., Lovell, R.J., & Olimpí, E.M. (2017). Organic and conventional agriculture: a useful framing? *Annual Review of Environment and Resources*, 42, 317–346.
- Sileshi, G. W., Nyeko, P., Nkunika, P. O., Sekematte, B. M., Akinnifesi, F. K., & Ajayi, O. C. (2009). Integrating ethno-ecological and scientific knowledge of termites for sustainable termite management and human welfare in Africa. *Ecology and Society*, 14,1.
- Sinclair, T.R., & Sinclair, C.J. (2010). *Bread, Beer and the Seeds of Change Agriculture's Imprint on World History*. CAB International.
- Singh, M., & Singh, N. B. (2001). Application of insecticide for termite control and its effect on yield contributing characters in sugarcane. *Sugar Tech*, 3, 146–153.
- Stenersen, J. (2004). *Chemical pesticides: Mode of action and toxicology*. CRC Press/LLC.
- Stevenson, P. C., Isman, M. B., Steven R., & Belmain, S. R. (2017). Pesticidal plants in Africa: A global vision of new biological control products from local uses. *Industrial Crops and Products*, 110, 2-9.
- Stevenson, P.C., Anjarwalta, P., Ofori, D.A., & Jamnadass, R. (2013). *Tephrosia vogelii*. ISBN 978-92-9059-346-1.
- Su, N. Y., & Scheffrahn, R. H. (1990). Comparison of eleven soil termiticides against the Formosan subterranean termite and eastern subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology*, 83, 1918–1924.
- Su, N. Y., Ban, P. M., Chew, V., & Scheffrahn, R. H. (1999). Size and edge effects of concrete plots on chlorpyrifos degradation in sub-slab sand. *Journal of Economic Entomology*, 92, 409–415.
- Tephrosia vogelii*. (2023,). In Wikipedia.
https://en.wikipedia.org/wiki/Tephrosia_vogelii
- Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., ... Williams, S.E. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature*, 427, 145-148.
- Touqeer, S., Saeed1, M. A., Ajaib, M. (2013). A review on the phytochemistry and pharmacology of genus *Tephrosia*. *Phytopharmacology*, 4(3), 598-637.
- van Huis A. (2017). Cultural significance of termites in sub-Saharan Africa. *J Ethnobiol Ethnomed*, 13(1), 8.

- Verma, M., Sharma, S., & Prasad, R. (2009). Biological alternatives for termite control: A review. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 63(8), 959-972.
- Verma, S., Verma, M., Sharma, S., & Malik, A. (2013). Determination of phytochemicals by GC-MS analysis of *Jatropha curcas* root and its termiticidal activity. *Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 39, 159–169.
- Villenave, C., Djigal, D., Brauman, A., & Rouland-Lefevre, C. (2009). Nematodes, indicators of the origin of the soil used by termites to construct biostructures. *Pedobiologia*, 52, 301-307.
- Waage, J.K. (1993). Making IPM work: developing country experiences and prospects. J.P. Srivastava & H. Alderman (Eds.), *Agriculture and environmental challenges. Proceedings of the Thirteenth Agricultural Sector Symposium* (pp. 119–134). World Bank, Washington DC, USA.
- Wagner, D. L., Grames, E. M., Forister, M. L., Berenbaum, M. R., & Stopak, D. (2021). Insect decline in the Anthropocene: death by a thousand cuts. PNAS, 118 (2) e2023989118.
- Weinzierl, R., & Henn, T. (1994). Botanical insecticides and insecticidal soaps. A. R. Leslie (Ed.), *Handbook of integrated pest management for turf and ornamentals* (pp. 627–639). US Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- White, F. (1983). *The vegetation of Africa*. Natural Resources Research 20, UNESCO, Paris.
- Whitford, W.G., Ludwig, J.A., & Noble, J.C. (1992). The importance of subterranean termites in semi-arid ecosystems in south-eastern Australia. *J. Arid Environ*, 22, 87-91.
- Wood, T.G. (1996) The agricultural importance of termites in the tropics. *Agricultural Zoology Reviews* 7, 117-155.
- World Bank. (2022). Burundi: Overview. <https://www.worldbank.org/en/country/burundi/overview>. Son güncelleme 28.09.2022.
- Yamada, A., Inoue, A.T., Wiwatwitaya, D., Ohkuma, M., Kudo, T., & Abe, T., Sugimoto, A. (2005). Carbon mineralization by termites in tropical forests, with emphasis on fungus combs, *Ecol. Res.*, 20, 453-460.
- Yuan, Z., & Hu, X. P. (2012). Repellent, antifeedant, and toxic activities of *Lantana camara* leaf extract against *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology*, 105(6), 2115–2121.

Zhang, P., Zhang M., Mellich, T.A., Pearson, B.J., Chen, J., & Zhang, Z. (2022). Variation in rotenone and deguelin contents among strains across four *Tephrosia* species and their activities against aphids and whiteflies. *Toxins*, 14(5), 339.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Vital KWIZERA
Doğum Yeri ve Tarihi : Rukina Mukike; 20/05/1985
Ana Dil : Kirundi
Yabancı Dil : Türkçe, Almanca, İngilizce, Fransızca, Swahili

Eğitim Durumu

Lise : Lycée Maranatha de Kivoga (2003-2006)
Lisans : Université du Burundi Ziraat Fakültesi Ziraat
Mühendisliği (2007-2013)
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bitki Koruma A.D. (2014-2017)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Gut Kragenhof GbR, 34355 Staufenberg, Germany

İletişim (e-posta) : 501402004@ogr.uludag.edu.tr

Yayımları :

Kwizera, V., & Susurluk I. A. (2017). Evaluation of the effects of some insecticides based on neonicotinoids on entomopathogenic nematodes, *Steinernema feltiae* and *S. carpocapsae*. *Invertebrate Survival Journal*, 14:1:375-378.

Kwizera, V., Gençer N. S., Gündoğdu, K. S & Ndagijimana, J. B. (2022). Impacts of Rural Land Use and Insect Ecological Sensitivity in Burundi. *Journal of Agriculture and Ecology Research International* 23(3): 60-71; Article no.JAERI.87048 ISSN: 2394-1073.