

**T.C.
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELAZIĞ VE ÇEVRESİNDE YETİŞTİRİLEN BAL ARISI
KOLONİLERİNDE GÖRÜLEN ARI KAYIPLARINDA DEFORME
KANAT VİRUSU (DKV) VARLIĞI VE YAYGINLIĞININ
ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

METİN ASLANBOĞA

ARI VE ARI ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Metin GÜRÇAY**

**İKİNCİ TEZ DANIŞMANI
Dr. Ahmet SAİT**

BİNGÖL-2025

**ELAZIĞ VE ÇEVRESİNDE YETİŞTİRİLEN BAL ARISI KOLONİLERİNDE
GÖRÜLEN ARI KAYIPLARINDA DEFORME KANAT VİRUSU (DKV)
VARLIĞI VE YAYGINLIĞININ ARAŞTIRILMASI**

Doç. Dr. Metin GÜRÇAY danışmanlığında, Metin ASLANBOĞA tarafından hazırlanan bu çalışma 28/04/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Arı ve Arı Ürünleri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak **oybirliği/oy çokluğu (.../...)** ile kabul edilmiştir.

Başkan	: Prof. Dr. Yakup Yıldırım	İmza	:
Üye	: Doç. Dr. Metin Gürçay	İmza	:
Üye	: Dr. Öğrt. Üyesi Münire Turhan	İmza	:

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulunun// tarih ve/
nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Zafer ŞİAR
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşarak çalışmama farklı açılardan bakmamı sağlayan, kendisine ne zaman danışsam kıymetli zamanını ayırıp büyük bir ilgi ve sabırla tezimin her satırı üzerine kafa yoran, derdimi ve tutkumu paylaşarak güler yüzü ve samimiyetini esirgemeyerek beni cesaretlendiren, bana olan güvenini hiçbir zaman kaybetmediğini sevinçle gözlemlediğim beraber çalışmaktan ve her zaman öğrencisi olmaktan gurur duyduğum kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Metin GÜRÇAY’a sonsuz saygı, sevgi ve hürmetlerimi sunarım. Ayrıca ikinci tez danışmanım Dr. Ahmet Sait’in laboratuvar çalışmalarında yaptığı destekler nedeni ile şahsında Pendik Veteriner Kontrol Enstitüsü çalışanlarına teşekkür ederim. Eğitim-Öğretim hayatım boyunca benden hiçbir zaman maddi, manevi desteğini esirgemeyen, her zaman bana güvenen ve yanımda olan başta dedem olmak üzere sevgili aileme ve dostlarıma da teşekkürü borç bilirim.

Metin ASLANBOĞA

Bingöl 2025

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Bal Arısı Viruslarının Özellikleri	2
1.2. Bal Arısı Viruslarının Sınıflandırılması	3
1.3. Bal Arısı Viruslarının Patogenezi	5
1.4. Virusların Bal Arısına Bulaşması	7
1.5. DKV	8
1.5.1. Etiyoloji	9
1.5.2. Epidemiyoloji	10
1.5.3. Klinik Bulgular	11
1.5.4. Teşhis	13
1.5.5. Mücadele	15
1.6. Araştırmanın Amacı ve Önemi	17
2. KAYNAK ÖZETLERİ	19
3. MATERYAL VE YÖNTEM	39
3.1. Etik Kurul Beyanı	39
3.2. Araştırma İçin Örneklerin Temin Edilmesi	39
3.3 Yöntem	41
3.3.1. Arı Örneklerinin Test İçin Hazırlanması	41
3.3.2. RNA Ekstraksiyonu	41
3.3.3. RT-PCR Testi ve PCR Ürünlerinin AgaroZ Jel Elektroforezi	42

4. BULGULAR VE TARTIşMA	44
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	46
KAYNAKLAR	47

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

DKV	:	Deforme Kanat virusu
AAFV	:	Akut Arı Felci virus
°C	:	Derece Santigrat
cDNA	:	Komplementer Deoksiribonükleik Asit
EMEM	:	Eagle's Minimal Essential Medium
ELISA	:	Enzyme-Linked Immunosorbent Assay
FAO	:	Food and Agriculture Organization
kb	:	Kilobaz
µl	:	Mikrolitre
PBS	:	Phosphate Buffer Saline
OIE	:	World Organisation for Animal Health
ORF	:	Open Reading Frame
rpm	:	Revolutions Per Minute
p/mol	:	Pikomol
RT-PCR	:	Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction
Real Time- PCR	:	Real-Time Polymerase Chain Reaction
TÜİK	:	Türkiye İstatistik Kurumu

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Bal arılarında virus bulaşma yolları şeması.....	8
Şekil 3.1.	PK, NK ve Ekstraksiyon Ürünlerinin Jel Elektroforez Görüntüsü.....	43

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Arı numunesi alınan merkezler	40
Tablo 3.2. Çalışmada kullanılan primer çifti	41
Tablo 3.3. RT-PCR tekniğinde kullanılan PCR karışımı.	42
Tablo 3.4. RT-PCR tekniğinde kullanılan ısı protokolü.	42

ELAZIĞ VE ÇEVRESİNDE YETİŞTİRİLEN BAL ARISI KOLONİLERİNDE GÖRÜLEN ARI KAYIPLARINDA DEFORME KANAT VİRUSU (DKV) VARLIĞI VE YAYGINLIĞININ ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Bu çalışma, 2024 yılı Mart-Haziran aylarında Elazığ yöresinde yetiştirilen bal arısı kolonilerinde görülen arı ölümlerinin nedenini deforme kanat virusu (DKV) yönünden araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Çalışma, toplam 3391 kovanlı, 14 arı kolonisinden 183 ölü ergin arı numunesi, 31 erkek arı larvası, 23 işçi arı larvası örnekleri toplandı. Ölü ergin arı numuneleri, erkek arı larvası numuneleri, işçi arı larvası numuneleri birleştirilerek koloni bazında toplam 14 numune havuzu oluşturuldu. Koloni bazında yapılan numune havuzlarında RT- PCR yöntemi ile deforme kanat virusu nükleik asit (RNA) varlığı araştırıldı. RT- PCR sonuçlarına göre ergin arı ölümü görülen, Elazığ'ın Merkez, Ağın, Baskil, Kovancılar ve Sivrice ilçelerinden örneklenen 14 bal arısı kolonisinde DKV RNA'sına rastlanmadı. Bu sonuçlara göre örnekleme yapılan bal arısı kolonilerinde ölümlerin nedeninin diğer mikrobiyolojik olan veya olmayan nedenlere bağlı olabileceği kanaatine varılmıştır. Bu nedenle ergin arı ölümlerinde ölüm nedenlerini araştırmada ölümlere neden olan etkenlerin tamamının değerlendirilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Deforme Kanat virusu, Elazığ Yöresi, Bal Arısı.

THE INVESTIGATION OF THE PRESENCE AND PREVALENCE OF DEFORMED WING VIRUS (DWV) IN HONEYBEE COLONIES IN ELAZIĞ AND SURROUNDING

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the cause of honey bee colony deaths observed in the Elazığ region between March and June 2024, focusing on the presence of Deformed Wing virus (DWV). In the study, a total of 183 dead adult bee samples, 31 drone larvae, and 23 worker bee larvae were collected from 14 honey bee colonies comprising 3,391 hives. The dead adult bee samples, drone egg samples, and worker bee egg samples were pooled on a colony basis, resulting in 14 pooled samples. The presence of Deformed Wing virus (DWV) nucleic acid (RNA) in these pooled colony samples was investigated using the RT-PCR method. According to the RT-PCR results, no DWV RNA was detected in any of the 14 honey bee colonies sampled from the districts of Merkez, Ağın, Baskil, Kovancılar, and Sivrice in Elazığ, where adult bee mortality was observed. Based on these findings, it was concluded that the cause of the observed bee deaths in the sampled colonies may be related to other microbiological or non-microbiological factors. Therefore, it is essential to consider all possible causative agents when investigating the reasons behind adult bee mortalities.

Keywords: Deformed Wing Virus, Elazığ and Surroundings, Honey Bee.

1. GİRİŞ

Arıcılık, bal arısı (*Apis mellifera*) kolonilerinin, bulundukları çevredeki nektar akışının en yoğun olduğu dönemlerde işçi arı sayısını artırarak, bal, polen ve arı sütü üretimini sağlamanın yanı sıra, bitkilerin tozlaşmasını da teşvik etmek amacıyla yapılan bir tarımsal faaliyettir. Arıcılık, büyük ölçüde yerel bitki örtüsüne dayanır, bu yüzden bitki çeşitliliği ve floranın verimli arıcılık için büyük önemi vardır. Ancak arıcılık, yalnızca pratik bilgi gerektiren bir alan değil, aynı zamanda her türlü bilimsel ve teknolojik gelişmeden yararlanmayı da zorunlu kılan bir sektördür. Bu bağlamda, günümüzde arıcılıkla ilgili olarak, hastalıklara ve parazitlere karşı dayanıklı, verimli arı hatlarının kullanımı, kolonilerin bakım ve beslemesi için planlı yönetim uygulamaları ve sağlıklı ürünler elde etmek için yapılan çeşitli ıslah çalışmaları ön planda tutulmaktadır (Gürçay, 2023).

Bal arıları, ekosistemlerin ve tarımsal üretimin ayrılmaz bir parçası olarak önemli bir ekolojik işlevi yerine getirirler. Bal arılarının polinasyon yapma yetenekleri, tarımda verimlilik ve biyolojik çeşitliliğin korunmasında kritik rol oynar. Özellikle meyve ve sebze üretiminde, arıların polinasyon faaliyetleri doğrudan verimliliği artırır ve bu nedenle arıcılık sektörü, hem doğal çevreyi hem de tarımsal üretimi sürdürülebilir kılmada büyük bir öneme sahiptir. Ancak, son yıllarda bal arısı kolonilerinde gözlemlenen büyük kayıplar, arıcılık sektörünü olumsuz etkilemektedir. Arı kayıplarının başlıca nedenleri arasında çeşitli hastalıklar, parazitler, çevresel faktörler ve pestisit kullanımı yer almaktadır. Bu faktörlerin birçoğu, arı kolonilerinin sağlığını tehdit ederken, özellikle bal arısı viruslarının, koloni kayıplarının yaygın sebeplerinden biri olduğu gözlemlenmiştir (Bailey ve Ball, 1991; Usta ve Yıldırım, 2020).

Bal arısı kolonisi, bir ana arı, işçi arılar ve erkek arılardan oluşan, türün devamını sağlayan bir topluluktur. Koloni içindeki bireyler arasındaki ilişkiler, bu topluluğun hayatta kalmasını ve sağlıklı bir şekilde gelişmesini sağlar. Arı kolonisi, biyolojik açıdan bir süper organizmadır ve koloninin sağlıklı bir şekilde devam etmesi için içgüdüsel olarak yuvasını, yavrusunu ve gıdasını koruma eğilimindedir. Bu güçlü içgüdüsel davranışlar, arıların genetik yapılarında mevcut olup, koloni yönetiminde yapılan

müdahalelerin doğru zamanlaması ve şekli bu içgüdüleri en iyi şekilde desteklemeyi amaçlar (Gürçay, 2023).

Bu bölümde, bal arısı viruslarının genel özellikleri, sınıflandırılması ve patogenezleri ele alınacaktır. Ayrıca, bal arısı viruslarının bulaşma yolları ve özellikle DKV'nin etiyolojisi, epidemiyolojisi, klinik bulguları, teşhis yöntemleri ve mücadelesine dair detaylı bilgiler sunulacaktır.

1.1. Bal Arısı Viruslarının Özellikleri

Viruslar, yalnızca canlı hücrelerde çoğalabilen, genetik materyali genellikle RNA veya DNA'dan oluşan mikroorganizmalardır. Bu mikroorganizmalar, hücrenin yaşamsal işlevlerini kullanarak çoğalır ve çoğalma süreci sırasında hücrenin yapısını değiştirerek veya hücreyi yok ederek etkisini gösterir. Arı virusları, genellikle kolonilerin sağlığını tehdit eden ve büyük ekonomik kayıplara yol açabilen patojenik mikroorganizmalardır (Chen, 2011). Bal arısı virusları çoğunlukla RNA yapısına sahip olup, bunlar tek sarmallı (ssRNA) ya da çift sarmallı RNA (dsRNA) türünde olabilirler (Chen, 2011). viruslar, arıların bağışıklık sistemini zayıflatır, bu da kolonilerin daha fazla hastalığa duyarlı hale gelmesine yol açar ve zamanla koloninin genel sağlığının bozulmasına neden olabilir (Gürçay, 2023; Usta ve Yıldırım, 2020).

Virusların kolonilere bulaşmasında önemli bir rol oynayan faktörlerden biri, arıların üzerinde yaşayan *Varroa destructor* parazitleridir. Bu parazitler, arıların yaşam döngüsündeki her evreden beslenerek, taşıdıkları virusları sağlıklı arılara aktarabilirler. virusların bulaşması sonucunda, arıların kanat gelişimi ya da sinir sistemleri zarar görebilir ve bu da koloni sağlığı üzerinde olumsuz sonuçlar doğurabilir (Gürçay, 2023). Arı virusları, genellikle sinir sistemi, sindirim sistemi ve bağışıklık sistemi gibi organları ve sistemleri enfekte eder. Örneğin, birçok virus arının kanatlarını etkileyerek deformasyonlara yol açabilir, bu da uçuş yeteneklerini kaybetmelerine neden olur. Bu tür deformasyonlar, arıların görevlerini yerine getirememesine ve sonunda ölümüne sebep olabilir (Bailey vd., 1980).

Arı viruslarının çoğu, konak hücrede çoğalır ve enfekte bireylerde semptomsuz ya da ölümcül seyir gösterebilir. Viruslar, konak popülasyonda uzun süre kalabilmek için sıklıkla gizli enfeksiyon stratejisi uygular (Yue vd., 2007). Bunun yanı sıra, viruslar genellikle kronik bir şekilde kolonilerde etkili olur ve bu da kolonilerin zamanla zayıflamasına yol açar (Bailey ve Ball, 1991). Virusların dış ortamda yayılma yeteneği, arılar arasındaki fiziksel temas, dışkı, tüyler veya ağız yoluyla olabilir ve bu da virusların hızla koloniler arası yayılmasına neden olur (Bailey vd., 1980). Bu durum, bal arısı popülasyonlarında büyük kayıplara yol açabilir ve arıcılık endüstrisini tehdit eder.

Bal arısı virusları arasında farklı virülens düzeylerine sahip türler bulunmaktadır. Örneğin, Kaşmir arı virusu (KAV), yüksek virülensli bir virustur (Tuncer ve Yeşilbağ, 2009). Bal arısı virusları, genellikle çıplak (zarfsız) yapıya sahip olup, çoğu ikozahedral simetriye sahiptir (Bailey ve Ball, 1991). Arı virusları özellikle DKV, Akut arı felci virusu (AAFV), KAV ve İsrail akut felci virusu (IAPV) gibi viruslar, kolonilerin sağlığını tehdit etmekte ve arıların uçuş yeteneklerini kaybetmesine, ölüm oranlarının artmasına yol açmaktadır (Chen, 2011). Bu viruslar, kolonilerin çökmesine neden olabilir ve küresel tarımda polinasyon faaliyetlerini tehdit eder (Chen, 2011).

Birçok bal arısı virusu, subklinik enfeksiyonlara yol açabilir ve bu tür enfeksiyonlar belirgin klinik belirtiler göstermeyebilir. Ancak bağışıklık sisteminin zayıflaması, virusların klinik belirtilerinin ortaya çıkmasına neden olabilir (Highfield vd., 2009). Bu durum, bal arılarına yönelik tedavi ve kontrol stratejilerinin önemini artırmaktadır. Bal arısı viruslarının etkileri, hem arıların sağlığı üzerinde büyük tehditler oluşturmakta hem de arıcılık ve tarım sektöründe ciddi ekonomik kayıplara yol açmaktadır.

1.2. Bal Arısı Viruslarının Sınıflandırılması

Bal arısı virusları, genellikle kolonilerde düşük seviyelerde bulunan ancak bazı koşullar altında ciddi enfeksiyonlara yol açabilen önemli patojenlerdir. Bugüne kadar bal arılarında tespit edilen 26 farklı virus türü, arıcılık faaliyetleri açısından büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Bu virusların büyük çoğunluğu tek iplikçikli RNA (ssRNA) genomuna sahipken, yalnızca *Apis mellifera* filamentöz virusu AMFV ve *Apis iridescent* virus, çift iplikçikli DNA (dsDNA) içermektedir (Usta ve Yıldırım, 2020).

Viruslar, temel olarak RNA ve DNA virusları olarak iki gruba ayrılmaktadır. Ancak, RNA virusları bal arısı kolonilerinde daha yaygın olarak görülmektedir. RNA virusları, tek sarmallı (ssRNA) ya da çift sarmallı (dsRNA) olabilir. Bal arısı virusları arasında en yaygın ve tehlikeli RNA virusları arasında DKV, AAFV, Kronik arı felci virusu (KAFV), KAV ve IAPV yer almaktadır. Bu viruslar, genellikle *Picornavirales* takımında yer almakta ve *Iflaviridae* ile *Dicistroviridae* familyalarına dâhildir. Çoğu zarfsız ve ikozahedral simetriye sahip olduğundan çevresel koşullara karşı oldukça dirençlidirler (Chen, 2011; Usta ve Yıldırım, 2020).

Virusların bulaşma yolları arasında doğrudan temas, kontamine petekler, besin yoluyla bulaş ve özellikle *Varroa destructor* gibi ektoparazitler aracılığıyla taşınma öne çıkar. Özellikle DKV, varroa akarıyla birlikte bal arısı sağlığı açısından en tehlikeli viral etkenlerden biridir. Virusların çoğu başlangıçta latent şekilde seyrederken, stres ve çevresel faktörlerin etkisiyle enfeksiyonlar klinik olarak ortaya çıkabilir (Gürçay, 2023; Usta ve Yıldırım, 2020).

Bazı viruslar larva dönemini etkileyerek kolonilerin gelişimini durdurabilir. Örneğin, Tulumsu yavru çürüklüğü virusu (TYÇV) larvaların ölümüne neden olurken, DKV kanat deformasyonuna yol açarak arıların uçuş yetisini kaybetmelerine neden olur. Diğer yandan AAFV ve KAV gibi viruslar felç gibi ciddi klinik belirtilerle arıların yaşam süresini kısaltabilir (Gürçay, 2023).

Filogenetik analizler, bazı viruslar arasında genetik benzerlikler ve hatta rekombinasyon olaylarının bulunduğunu ortaya koymuştur. Örneğin, DWV ile *Varroa destructor* virus-1 (VaDV-1) arasında ortak bulaşma mekanizmaları ve genetik yakınlık tespit edilmiştir. Ayrıca, bazı virusların enfektivitesi yalnızca bal arılarıyla sınırlı kalmayıp, eşek arısı gibi diğer böcek türlerine de yayılabilmektedir. Bu durum, virusların potansiyel ekolojik etkilerinin daha geniş bir perspektifte ele alınmasını zorunlu kılmaktadır (Usta ve Yıldırım, 2020).

Virusların sınıflandırılması ve izlenmesi, arıcılıkla uğraşanlar için erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi ve etkili mücadele stratejilerinin belirlenmesi açısından hayati öneme sahiptir (Chen, 2011; Gürçay, 2023). Bal arısı virusları, enfekte ettikleri gelişim

evresi, oluşturdıkları semptomlar ve genetik yapılarına göre sınıflandırılabilir. Felç oluşturan viruslar arasında akut arı felci, kronik arı felci, yavaş arı felci ve İsrail arı felci virusları yer alır (Tuncer ve Yeşilbağ, 2009).

DKV, AAFV, Siyah kraliçe hücresi virusu (SKHV), KAV, Apis iridescent virus gibi viruslar tanımlanmış ve bazıları sınıflandırılmıştır (Tuncer ve Yeşilbağ, 2009). Bal arısı virusları, genellikle pozitif anlamlı tek sarmallı RNA (ssRNA+) viruslarıdır ve taksonomik olarak şu ailelerde sınıflandırılır (Volykhina, 2015).

DKV, *Iflaviridae* ailesinde yer alır ve *Kakugo virusu* ile yakın akrabadır (Volykhina, 2015). Bal arısı virusları genellikle, DKV gibi tek bir türden türeyen farklı genotiplere ayrılır. *DKV*, bal arılarında yaygın olarak bulunan ve kanat deformasyonuna yol açan bir virus olup, genetik çeşitliliği ile dikkat çeker. DKV-A, DKV-B ve DKV-C gibi genotipler bulunmakta ve bunlar, viral yük ve virülens açısından farklılıklar göstermektedir (Kevill vd., 2021). Bununla birlikte, bal arılarındaki DKV varyantları, *Varroa destructor* paraziti ile etkileşime girerek hastalıkların şiddetini artırabilmektedir (Paxton vd., 2022).

1.3. Bal Arısı Viruslarının Patogenezi

Bal arısı viruslarının patogenezi, virusların arılar üzerindeki biyolojik etkilerini ve bu etkilerin kolonilerde yarattığı olumsuz sonuçları açıklamaktadır. viruslar, bal arılarının sinir sistemi, sindirim sistemi, bağışıklık sistemi ve genel vücut fonksiyonları üzerinde çeşitli hasarlara yol açabilir. Bu hasarlar, koloninin genel sağlığını bozar ve bu da koloninin çöküşüne neden olabilir. Özellikle çoğu bal arısı virusu, arıların bağışıklık sistemini zayıflatarak, vücudun diğer hastalıklarla enfekte olma riskini artırır (Gürçay ve Kutlu, 2022).

Bal arısı viruslarının patogenezi anlamak, bu virusların nasıl yayıldığını ve hastalıkların hangi etmenlerle tetiklendiğini belirlemek açısından önemlidir. virusların patogenetik etkilerinin iyi anlaşılması, arıcılıkla ilgili önleyici tedbirlerin alınması ve uygun mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi için gereklidir. Bu viruslar, genellikle *Varroa destructor* gibi parazitler tarafından taşınarak, etkinliklerini ve yayılma hızlarını artırırlar. DKV gibi bazı viruslar, *Varroa destructor* aracılığıyla daha patojenik hale gelir. Akarın yoğunluğu ve

enfestasyon süresi, virus enfeksiyonunun şiddetini belirleyen önemli faktörlerdir (De Prisco vd., 2011; Yue vd., 2007).

DKV gibi viruslar, arıların kanatlarını hedef alarak kanat deformasyonlarına yol açar. Bu deformasyonlar, arıların uçuş yeteneklerini kaybetmelerine ve sonunda ölmelerine neden olur. Ayrıca, diğer virus türleri arıların besin alımını engelleyebilir, hareket kabiliyetini sınırlayabilir ve genel vücut fonksiyonlarını bozabilir. Bu tür etkiler, koloni üyelerinin işlevselliğini olumsuz etkiler, polinasyon verimliliğini azaltır ve koloninin çökmesine yol açar (Tuncer ve Yeşilbağ, 2009).

Virusların patogenezi, genellikle arıların bağışıklık sistemini zayıflatan stres faktörleriyle, örneğin *Varroa destructor* gibi parazitlerle birlikte gelişir. Patogenezdeki ana mekanizmalar arasında doğrudan doku hasarı, bağışıklık baskılanması ve virusun yayılması yer alır (Ryabov vd., 2014). viruslar, hücreleri enfekte ederek apoptoza (programlı hücre ölümü) yol açar, bağışıklık sisteminin yanıtını baskılar ve çoğalarak fizyolojik bozulmalara neden olur. Özellikle DKV, pupa ve yetişkin arılarda hızla çoğalarak ciddi fizyolojik bozukluklara yol açar (Ryabov vd., 2014).

Virusların hedef hücrelerdeki değişikliklere yol açması, arıların ölümüne, kanat deformasyonuna, kısırlığa ve verim kaybına neden olabilir. DKV, arıların kanat gelişimi sırasında hücrelerinde çoğalarak deformasyonlara yol açar ve bu da arıların uçuş yeteneklerini kaybetmelerine neden olur. Sonuç olarak, kolonilerde verim kayıpları yaşanır ve bu durum arıların hayatta kalma şanslarını azaltır (Gürçay ve Kutlu, 2022).

Konak arının bağışıklık durumu ve koloninin genel gücü de virus replikasyonu ve hastalık gelişimini etkileyen önemli faktörlerdendir. Güçlü koloniler, enfeksiyonlara daha dirençlidir ve virusların etkilerine karşı daha az hassastır. Bu bağlamda, koloni sağlığı ve bağışıklık durumu, virusların hastalık oluşturma sürecinde kritik bir rol oynamaktadır (De Prisco vd., 2011).

Sonuç olarak, bal arısı viruslarının patogenezinin anlaşılması, arıcılıkta sağlık yönetiminin daha etkili bir şekilde yapılabilmesi için büyük önem taşımaktadır. virusların, arıların yaşamını ve kolonilerin sürdürülebilirliğini tehdit eden önemli

patojenler olduğu göz önünde bulundurulduğunda, etkili mücadele stratejilerinin geliştirilmesi ve virusların yayılmasının engellenmesi için bilimsel bilgi gereklidir.

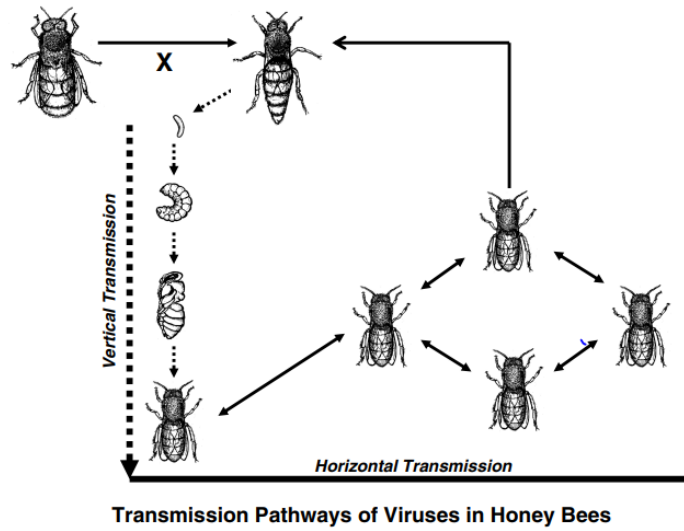
1.4. Virusların Bal Arısına Bulaşması

Bal arılarında virus bulaşması, bu patojenlerin koloniler içinde ve koloniler arasında nasıl yayıldığını anlamak için kritik öneme sahiptir. Genellikle viruslar, enfekte olmuş arılar aracılığıyla yayılır. Arılar, virusları taşıyan vektörler olarak işlev görür ve viruslar, arıların vücut sıvıları, dışkıları, tüyleri ve ağız yoluyla diğer arılara geçebilir (Bailey ve Ball, 1991). Ayrıca, kolonilerin taşınması ve bu kolonilere yeni arıların katılması da virusların hızla yayılmasına neden olabilir. Arıcılıkta kullanılan malzemelerin ve ekipmanların dezenfekte edilmemesi, virusların bir koloniye bulaşmasına ve hızla yayılmasına katkı sağlayabilir.

Virusların yayılma hızı, koloninin genel sağlık durumu ile doğrudan ilişkilidir. Sağlıklı koloniler, virusları daha az yayarken, zayıf ve hastalıklı kolonilerde virusların hızla yayılması mümkündür. Bu nedenle, kolonilerin düzenli olarak izlenmesi, hastalıkların erken teşhisi ve önlenmesi açısından büyük önem taşır. Kolonilerin beslenme durumu ve bağışıklık seviyeleri de virusların etkisini belirleyen önemli faktörlerdendir. Koloniler güçlü olduğunda, viruslar genellikle gizli kalır ve hastalık belirtileri görülmez. Ancak, stres veya bağışıklık zayıflığı durumunda, gizli enfeksiyonlar klinik hastalıklara dönüşebilir ve akut ya da kronik hastalık belirtileri gösterebilir (Gürçay ve Kutlu, 2022; Usta ve Yıldırım, 2020).

Bal arıları, viruslarla çeşitli yollarla enfekte olabilirler. Enfeksiyon, arılar arasında doğrudan temasla, enfekte kraliçe arıların larvaları ile veya çevresel faktörlerin etkisiyle yayılabilir. Varroa destructor akarı, bal arılarının en önemli paraziti olup, virusların yayılmasında belirleyici bir rol oynar. Akar, arıların vücudundaki yağ dokularını emerek onları zayıflatır ve bu durum, virusların etkisini artırabilir. Ayrıca, varroa akarı, arı kolonilerinin zayıflamasına ve virusların hızla yayılmasına yol açan bir faktördür (Gürçay ve Kutlu, 2022).

Virusların bal arılarına bulaşma yolları farklı şekillerde olabilir. Düz çizgiler yatay bulaşmayı, noktalı çizgiler ise dikey bulaşmayı simgeler. Bal arısı virusları, vektör kaynaklı, gıda kaynaklı ve genital kaynaklı enfeksiyonlar gibi çeşitli bulaşma yöntemlerini kullanarak konaklarda hayatta kalmaya devam etmektedir. Bu bulaşma yolları, bal arılarının sağlığını doğrudan etkileyerek kolonilerin zayıflamasına neden olabilir (Chen vd., 2006).



Şekil 1.1. Bal arılarında virus bulaşma yolları şeması (Chen vd., 2006)

Virusların bal arılarına bulaşma yolları şunlardır (Chen vd., 2006):

1. Enfekte gıda ve yüzeylerle arılara bulaşma.
2. Varroa akarlarının virusları taşıması.
3. Kraliçe arıdan larvalara virusların geçişi (vertikal bulaşma).

Bu bulaşma yolları, bal arılarının sağlığını doğrudan etkileyerek kolonilerin zayıflamasına neden olabilir.

1.5. DKV

DKV, bal arısı kolonilerinde önemli zararlara yol açabilen, arıların uçuş yeteneklerini engelleyen ve kolonilerde büyük kayıplara yol açabilen bir virus türüdür. Bu virus, bal arıları için oldukça yıkıcı bir patojen olup, özellikle *Apis mellifera* türünde etkili olmaktadır. DKV, çift sarmallı RNA virusu olup, arıların kanatlarını etkileyerek

deformasyonlara neden olur. Kanat deformasyonları, arının uçuş yeteneğini kaybetmesine ve koloninin çökmesine yol açabilir (Gürçay ve Kutlu, 2022; Usta ve Yıldırım, 2020).

Bal arısı virusları arasında en çok araştırılan ve en tehlikeli olanlardan biri olan DKV'nin etiyolojisi, epidemiyolojisi, klinik bulguları ve mücadelesi, hem arıcılık sektörü hem de bilimsel araştırmalar açısından büyük öneme sahiptir. Arıcılıkla uğraşan bireyler için ciddi tehdit oluşturan DKV'nin etkisi genellikle akut değil, kronik bir şekilde ilerler, bu da virusun fark edilmesini zorlaştırabilir. Kolonilerdeki zayıflama genellikle yıllık döngülerde fark edilir. DKV'nin hızla yayılabilmesi ve etkisinin ağır olabilmesi, arıcılık endüstrisinin en büyük sorunlarından biridir (Kutlu vd., 2024; Tuncer ve Yeşilbağ, 2009; Usta ve Yıldırım, 2020).

1.5.1. Etiyoloji

DKV, çift sarmallı RNA yapısına sahip bir virus türüdür ve *Apis mellifera* üzerinde enfeksiyon oluşturur. DKV'nin etiyolojisi, kanat deformasyonlarına yol açan özel mekanizmaları anlamak açısından oldukça önemlidir. Bu virus, arının gelişim sürecinin erken dönemlerinde enfekte olarak kanat gelişimini engeller ve deformasyona yol açar. Bu gelişimsel bozulma, virusun etkinliğini artırarak enfekte olmuş arının uçuş yeteneğini kaybetmesine neden olur. Enfekte arılar, genellikle koloni içinde dışarıda kalır ve bu durum, arının görevlerini yerine getirememesine yol açar. Bu da koloninin verimliliğini ciddi şekilde etkiler ve arıların ölümüne neden olabilir (Kutlu vd., 2024; Tuncer ve Yeşilbağ, 2009; Usta ve Yıldırım, 2020).

Virusun bulaşma şekli, enfekte olmuş arıların vücut sıvıları ve dışkıları aracılığıyla gerçekleşir. Virus, genellikle zayıf kolonilerde hızla yayılabilir ve virus taşıyan arılar, bu virüsü diğer arılara bulaştırabilirler. DKV, kuluçka dönemi boyunca farklı gelişim aşamalarındaki arıları enfekte edebilir, ancak en ciddi etkileri, virusun ergin arıların kanatlarını etkilemesiyle görülür (Gürçay ve Kutlu, 2022).

DKV, RNA yapılı bir virus olup, *Varroa destructor* akarları tarafından taşınır. Bu akarlar içinde virus çoğalabilir ve konak arıya göre akar bireylerinde daha yüksek titrelerde bulunabilir (Bowen-Walker vd., 1999; Shen vd., 2005; Yue ve Genersch, 2005). DKV,

özellikle varroa akarları aracılığıyla enfekte arılara bulaşır ve bal arılarında deformasyon, ölüm ve koloni çöküşlerine yol açabilir (Miranda ve Genersch, 2010). DKV'nin klinik etkisi, varroa akarının varlığı ile artar; akar yoksa, genellikle semptomsuz seyreder (Miranda ve Genersch, 2010; Yue vd., 2007).

DKV, *Iflaviridae* ailesinden pozitif anlamlı RNA genomuna sahip, zarfsız bir virustur. virus, arıların kanat, baş, toraks, hemolenf ve yağ dokusunda bulunur. Genetik olarak, Kakugo virusu ile benzerlik gösterir. DKV, en yaygın olarak *Apis mellifera* türünde görülse de, yabani türlerde de tespit edilmiştir (Volykhina, 2015).

DKV'nin genetik çeşitliliği, üç ana varyant (A, B, C) ile temsil edilir. Her bir varyantın farklı virülens özellikleri ve viral yükleri bulunmaktadır (De Souza vd., 2021).

1.5.2. Epidemiyoloji

DKV'nin epidemiyolojisi, virusun çevresel faktörler, arıların sağlığı ve koloniler arası etkileşimlerle nasıl yayıldığını anlamaya yönelik bir araştırma alanıdır. DKV, özellikle enfekte olmuş arılar aracılığıyla hızlı bir şekilde diğer kolonilere bulaşabilir. Bu durum, özellikle büyük arıcılık işletmelerinde virusun hızla yayılmasına neden olabilir. DKV'nin yayılmasında en önemli faktörlerden biri, arıcılık ekipmanlarının ve malzemelerinin temizliğidir. Arıcılıkta kullanılan araç ve gereçlerin sterilize edilmemesi, virusun başka kolonilere taşınmasına yol açabilir (Usta ve Yıldırım, 2022).

Epidemiyolojik araştırmalar, virusun yayılma hızının çevresel koşullar ve kolonilerin sağlık durumu tarafından belirlendiğini göstermektedir. Zayıf ve stres altındaki koloniler, virusları daha kolay bir şekilde taşıyabilir ve yayılmasına neden olabilir. Bununla birlikte, koloniler arasında taşınan virusların yayılmasını engellemek için arıcıların düzenli olarak ekipmanlarını dezenfekte etmeleri ve kolonilerini dikkatlice izlemeleri önemlidir. DKV'nin yayılmasında hava koşulları ve bitki örtüsü gibi çevresel faktörler de belirleyici olabilir, çünkü bu faktörler arıların hareketliliğini ve koloniler arasındaki etkileşimi etkiler (Tuncer ve Yeşilbağ, 2009; Usta ve Yıldırım, 2020).

DKV enfeksiyonu, özellikle pupal evrede bal arılarına bulaşır ve *Varroa destructor* enfestasyonu ile doğrudan ilişkilidir. DKV, larvalar dışındaki tüm gelişim aşamalarında tespit edilebilir. Viral RNA seviyeleri ile akar enfestasyon yoğunluğu arasında pozitif bir ilişki bulunur. Akarın enfeksiyon seviyesi, taşıdığı virus miktarını etkiler (Shen vd., 2005, Tentcheva vd., 2006).

DKV dünya genelinde yaygındır ve *Varroa destructor* ile birlikte hareket eder. Yüksek akar yoğunluğu DKV yayılımını hızlandırır (Martin vd., 2010). *Varroa* akarlarının bulunmadığı kolonilerde de DKV tespit edilmiştir, bu da virusun hem yatay hem dikey bulaşma yollarıyla yayılabildiğini gösterir (Highfield vd., 2009; Yue vd., 2007). Kraliçe ve drone'lardan larvalara dikey bulaşma mümkündür; DKV, semen veya overler aracılığıyla dölsüz ve döllenmiş larvalara geçebilir (Yue vd., 2007).

DKV taşıyan koloniler genellikle hayatta kalamazken, bu virusu taşımayan ancak yüksek akar popülasyonuna sahip koloniler yaşamını sürdürebilir (Carreck vd., 2010). DKV'nin yaygınlığı, özellikle *Varroa destructor* parazitin varlığıyla paralel artış göstermiştir. Schroeder ve Martin (2012) ve Martin vd. (2013), varroanın DKV'nin prevalansını artırırken, viral genetik çeşitliliği azalttığını göstermiştir. Virus, dünya çapında yaygın olup, özellikle sonbahar aylarında enfeksiyon oranı artar. DKV'nin yatay (besin yoluyla) ve dikey (yumurta aracılığıyla) bulaşma yolları vardır.

DKV, dünya genelinde yaygın olarak bulunan bir virustur ve *Varroa destructor* paraziti ile etkileşimi, virusun yayılmasını hızlandırmaktadır. Özellikle gelişmiş ülkelerde, DKV'nin prevalansı ve viral yükleri giderek artmaktadır. Örneğin, 2019 yılında yapılan bir çalışmada, Birleşik Krallık'ta DKV-B'nin, DKV-A'yı geride bıraktığı gözlemlenmiştir (Kevill vd., 2021). DKV, birçok farklı eklem bacaklı türünde de tespit edilmiştir ve viral yük, *Varroa* enfestasyonunun yoğunluğuyla doğrudan ilişkilidir (Martin ve Brettell, 2019).

1.5.3. Klinik Bulgular

DKV enfeksiyonu, bal arılarında önemli klinik bulgulara yol açar ve bu bulgular, enfekte olmuş arıların koloni içindeki işlevselliğini ciddi şekilde etkiler. DKV'nin en belirgin

klirik belirtisi, kanat deformasyonlarıdır. Bu deformasyonlar, kanatların düzgün bir şekilde açılmaması, kıvrılması veya tam anlamıyla gelişmemesi şeklinde olabilir. Arıların uçuş yeteneklerini kaybetmeleri, koloninin dışına çıkarak diğer arılarla iletişim kuramamalarına ve besin toplama gibi hayati görevleri yerine getirememelerine neden olur (Usta ve Yıldırım, 2022).

Enfekte arılar, kanat deformasyonlarının yanı sıra titreme, koordinasyon kaybı ve hareket kabiliyetinde azalma gibi belirtiler de gösterebilirler. Bu belirtiler, genellikle virusun ilerleyici etkileri olarak gözlemlenir ve arılar zamanla ölürlür. Kanat deformasyonları, DKV'nin en önemli teşhis bulgusudur ve genellikle kolonideki hastalığın fark edilmesini sağlayan ilk işarettir (Tuncer ve Yeşilbağ, 2009; Usta ve Yıldırım, 2020).

Klinik gözlemler, DKV'nin teşhisinde önemli bir rol oynar. Ancak, kesin teşhis için laboratuvar testleri gereklidir. Mikroskopik incelemeler ve serolojik testler, virusun varlığını doğrulamak için kullanılabilir. PCR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu) yöntemi, DKV'nin varlığını tespit etmek için yaygın olarak kullanılan bir moleküler biyolojik tekniktir (Cagırgan ve Yazıcı, 2020; Gürçay ve Kutlu, 2022).

DKV enfekte bal arılarında karakteristik morfolojik deformasyonlar görülür. Pupal evrede ölüm veya kanat deformiteleri yaygındır. Klinik belirti göstermeyen bireylerde virus titreleri daha düşüktür. Engelli arıların baş, toraks ve karın bölgelerinde DKV yoğun şekilde bulunurken, asemptomatik bireylerde virus yalnızca toraks ve karın bölgelerinde tespit edilir (Bowen-Walker vd., 1999; Yue ve Genersch, 2005; Usta ve Yıldırım, 2020).

DKV enfeksiyonlu arılarda gözlemlenen diğer klinik belirtiler arasında kanat deformasyonu, şişkin karın, vücut küçülmesi ve renk değişimi yer alır. Bu bireyler genellikle hayatta kalamazlar (Tuncer ve Yeşilbağ, 2009; Miranda ve Genersch, 2010; Usta ve Yıldırım, 2020).

DKV, pupalarda çoğalabilir, ancak gelişim sürecinde çoğalma yavaş seyreder ve genellikle ölümle sonuçlanmaz (Tuncer ve Yeşilbağ, 2009).

DKV enfeksiyonunun başlıca belirtileri şunlardır (Martin vd., 2013):

- Deforme olmuş, kırışık veya gelişmemiş kanatlar
- Karın bölgesinde şişlik veya kıvrıklık
- Uçamama, koordinasyon kaybı
- Koloninin zayıflaması ve ani çöküş
- Varroa ile birlikte enfekte yavrularda yüksek ölüm oranıdır.

DKV, bal arılarında özellikle kanat deformasyonlarına yol açar. Bu deformasyon, arıların uçuş yeteneklerini kaybetmelerine yol açarak beslenmelerini engeller. Ayrıca, DKV enfeksiyonu, arılarda titreme, felç, karında şişlik gibi diğer klinik belirtilere de neden olabilir. Arıların ölümü, viral enfeksiyonların ilerlemesiyle artan bir sorun haline gelir (Gürçay, 2023).

1.5.4. Teşhis

DKV enfeksiyonunun teşhisi, genellikle moleküler biyolojik yöntemlerle yapılır. Bu yöntemler, virusun varlığını hızlı ve hassas bir şekilde tespit etmeyi sağlar. DKV'nin teşhisi için en yaygın kullanılan yöntemlerden biri PCR'dir. PCR, virusun genetik materyalini amplifiye ederek virusun varlığını hızlıca belirler. Bunun dışında, mikroskopik incelemeler ve serolojik testler de teşhis için kullanılabilir. Mikroskop altında, enfekte arıların kanatlarında deformasyonlar gözlemlenebilirken, serolojik testler, virusa karşı gelişmiş antikorları saptayarak enfeksiyonun sürecini ve yayılma oranını analiz edebilir (Usta ve Yıldırım, 2022).

Erken teşhis, arıcılara virusun kolonilerdeki yaygınlığını ve etki seviyesini belirlemede yardımcı olur. Enfekte arıların izole edilmesi ve hastalığın yayılmadan kontrol altına alınması için kritik öneme sahiptir. Ayrıca, teşhis yöntemleri, arıcıların hastalığın önlenmesi ve kontrolü için gerekli tedbirleri almasına olanak tanır (Tuncer ve Yeşilbağ, 2009).

DKV Teşhisi İçin Kullanılan Yöntemler:

- **RT-PCR ve qPCR:** Bu moleküler teknikler, DKV genomunu doğrudan saptar ve oldukça duyarlıdır. Gerçek zamanlı PCR ile virusun yayılma derecesi ve kolonilerdeki viral yük hakkında kesin bilgi edinilebilir (Cagirgan ve Yazici, 2020).
- **ELISA (Enzim Bağlantılı Imunosorbent Testi):** Bu yöntem, yüksek viral yük durumunda virusun antijenlerini belirler. ELISA, genellikle yalnızca açık enfeksiyonları tespit edebilir (Martin vd., 2013).
- **NGS (Yeni Nesil Dizileme):** Bu yöntem, DKV genomik varyantlarının analiz edilmesinde kullanılır. Farklı varyantların genetik çeşitliliğini araştırmak için etkili bir tekniktir (Brettell vd., 2017).
- **In Situ Hibridizasyon:** Moleküler bir teknik olan bu yöntem, kraliçe ve diğer bireysel örneklerde viral RNA saptamak için kullanılır. Bu teknik, viral yükün ve yayılmanın belirlenmesinde faydalıdır (Yue vd., 2007; Martin vd., 2010).
- **Transkriptom Analizi:** Konakçı yanıtı ve virus etkisini anlamada yardımcı olan bu yöntem, bal arılarındaki genetik tepkileri inceleyerek DKV'nin etkilerini araştırır (Ryabov vd., 2014).
- **Kolonilerden Aylık Örnekleme:** Kolonilerden düzenli olarak alınan örneklerle DKV'nin yayılma durumu izlenebilir ve enfeksiyonun ilerleyişi hakkında bilgi edinilebilir (Martin vd., 2010).

Moleküler Yöntemler:

- **RT-PCR:** Bu yöntem, DKV'nin genetik materyalini amplifiye ederek virusun varlığını ve viral yükünü belirler. SYBR-green ile yapılan kuantifikasyon, viral yükün 10^4 ile 10^8 kopya arasında değiştiğini göstermiştir (Cagirgan ve Yazici, 2020; Tentcheva vd., 2006; Yue ve Genersch, 2005).
- **NGS (Yeni Nesil Dizileme):** Bu yöntem, DKV'nin genetik varyantlarını incelemek için kullanılır ve farklı varyantların analiz edilmesinde önemlidir (Brettell vd., 2017).
- **qPCR:** DKV virusunun tespitinde kullanılan bir diğer hassas yöntemdir ve virusun kolonilerdeki dağılımını izlemek için kullanılır (Yue ve Genersch, 2005).

DKV'nin üç ana genetik varyantı (A, B, C) bulunmaktadır. Her bir varyantın farklı virülens özellikleri ve viral yükleri olabilir. Bu varyantlar, moleküler biyolojik testlerle belirlenebilir ve bal arısı kolonilerindeki enfeksiyonların yayılmasını izlemeye yardımcı olabilir (Riveros vd., 2020).

1.5.5. Mücadele

Deforme kanat virusu (DKV) ile mücadele, virusun yayılmasını engellemeye yönelik çeşitli stratejilerle yapılmaktadır. Kolonilerin düzenli olarak izlenmesi, enfekte olmuş arıların hızla ayrılması ve kolonilerin izolasyonu, virusun yayılmasını sınırlamaya yardımcı olabilir. Ayrıca, biyolojik kontrol yöntemleri, genetik iyileştirme ve hijyenik önlemler de etkili mücadele stratejileri arasında yer alır (Usta ve Yıldırım, 2022).

Mücadele Yöntemleri:

- **Koloni İzleme ve İzolasyon:** Enfekte kolonilerin hızla izole edilmesi, virusun diğer kolonilere yayılmasını önlemek için kritik öneme sahiptir. Kolonilerin düzenli olarak izlenmesi, herhangi bir enfeksiyon belirtisi görüldüğünde erken müdahale edilmesini sağlar.
- **Biyolojik Kontrol Yöntemleri:** Biyolojik kontrol yöntemleri, virusun etkilerini azaltmada önemli bir rol oynar. Örneğin, belirli bakteri türleri veya genetik olarak iyileştirilmiş arı ırkları, DKV'nin etkilerini azaltmada etkili olabilir (Tuncer ve Yeşilbağ, 2009).
- **Hijyen ve Koloni Sağlığı:** Arıcılar, kolonilerinin sağlığını sürekli izleyerek ve hijyenik önlemler alarak DKV'nin yayılmasını engelleyebilir. Kolonilerdeki hijyen, virusun yayılmasını engellemede önemli bir faktördür.

DKV ile mücadelede en temel strateji, *Varroa destructor* akarlarının kontrolüdür. Varroa akarlarının artışı, arılardaki DKV yükünü artırır. DKV'nin bulaşması, akarların beslenme aktivitesi ve virusun akar içinde replikasyon kapasitesi ile doğrudan ilişkilidir. Akarlar, virüsü taşıyarak kolonilere yayılmasını sağlar ve bağışıklık baskılaması yaparak latent viral enfeksiyonların aktive olmasına yol açabilir (Shen vd., 2005; Tentcheva vd., 2006).

Varroa akarlarının kontrolü için çeşitli yöntemler mevcuttur. Akar tedavisi, genellikle kış arısı üretimi başlamadan önce, en geç Ağustos sonunda yapılmalıdır. Tedavi geciktiğinde, DKV, kış işçilerinde kalmaya devam edebilir ve koloninin sağlığını olumsuz etkileyebilir (Martin vd., 2010). Varroa destructor ile etkili mücadele, DKV'nin yayılmasını ve virülensini azaltmada en etkili yöntem olarak öne çıkmaktadır.

Genetik Direnç ve Geliştirmeler:

Genetik olarak dirençli arı ırkları kullanımı da DKV ile mücadelede etkili bir strateji olabilir. Örneğin, Rus Bal Arısı (RBA) gibi bazı arı ırkları, DKV'ye karşı daha dirençli olduğu gösterilmiştir (Khongphinitbunjong vd., 2016). Bu tür arı ırklarının kullanımı, viral hastalıkların yayılmasını sınırlamada önemli bir adım olabilir.

Hijyen ve Stres Yönetimi:

Koloni yönetimi, stres azaltma ve besin desteği gibi hijyen uygulamaları, arıların bağışıklık sistemini destekleyerek DKV'ye karşı dirençlerini artırabilir. Kolonilerin düzenli olarak izlenmesi ve gerekli hijyen önlemleri alınarak, virusun yayılma hızı azaltılabilir (Tuncer ve Yeşilbağ, 2009).

Biyoteknolojik Yaklaşımlar:

RNAi (RNA interferansı) temelli çalışmalar, DKV'ye karşı biyoteknolojik yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Bu yöntem, virusa karşı bağışıklık yanıtlarını artırma potansiyeline sahiptir. RNAi, virusun genetik materyaline müdahale ederek, viral enfeksiyonların engellenmesinde kullanılabilir (Ryabov vd., 2014).

Mevsimsel Yönetim:

DKV'nin insidansı, özellikle sonbahar aylarında artmaktadır. Bu nedenle, sonbahar döneminde önlemler daha da artırılmalıdır (Volykhina, 2015). Mevsimsel yönetim stratejileri, virusun etkisini minimize etmek için önemlidir.

Eğitim ve Farkındalık:

Arıcılara iyi hijyen uygulamaları, biyogüvenlik önlemleri ve viral enfeksiyonları izleme konusunda eğitim verilmesi önemlidir. Eğitimli arıcılar, kolonilerindeki viral enfeksiyonları erken tespit ederek gerekli önlemleri alabilirler.

Araştırma ve Gelişmeler:

DKV'nin genetik çeşitliliğini ve virülens özelliklerini anlamak için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Bu araştırmalar, etkili mücadele yöntemlerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynayacaktır. Ayrıca, virusun farklı varyantları ve bunların etkileri üzerine daha fazla bilgi edinmek, DKV ile mücadelede daha etkili stratejilerin oluşturulmasına katkı sağlayacaktır (Gürçay, 2023; Tehel vd., 2019).

Özetle, DKV ile mücadelede temel stratejiler:

- Varroa destructor kontrolü
- Genetik dirençli arı ırklarının kullanımı
- Hijyen uygulamaları ve koloni yönetimi
- Biyoteknolojik yaklaşımlar (RNAi)
- Mevsimsel yönetim ve erken önlemler
- Eğitim ve farkındalık artırma

Bu yöntemler bir arada kullanılarak, DKV'nin yayılma hızı kontrol altına alınabilir ve kolonilerin sağlığı korunabilir.

1.6. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Elazığ ve çevresinde arıcılık, hem yerel ekonomi hem de bölgedeki tarımsal üretim için önemli bir faaliyet alanı oluşturmaktadır. Bununla birlikte, arıcılar bu sektörde sıkça arı kayıpları ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu kayıpların altında yatan temel sebeplerin başında, viruslar ve bu viruslarla ilişkili hastalıklar yer almaktadır. Arıların sağlığını tehdit eden bu patojenlerin özellikle bal arısı kolonilerinin verimliliğini olumsuz yönde

etkileyerek ekonomik kayıplara neden olduğu bilinmektedir. Arıcılıkla uğraşan bölge halkı için bu kayıpların önlenmesi ve arı sağlığının korunması büyük bir öneme sahiptir.

Bu çalışmanın amacı, Elazığ il sınırlarında yetiştirilen bal arısı kolonilerinde gözlemlenen arı kayıplarının, DKV ile ilişkisinin belirlenmesi ve bu virusun yaygınlık durumunun tespit edilmesidir. Deforme kanat virusu, bal arılarında ciddi hastalıklara yol açabilen, özellikle kanat deformasyonlarına neden olan ve bu yolla kolonilerin ölümüne yol açabilen bir virus türüdür. DKV, arıların uçuş yeteneklerini kısıtlayarak koloninin iş gücünü büyük oranda etkiler ve dolayısıyla önemli ekonomik kayıplara neden olabilir. Bu bağlamda, Elazığ bölgesinde DKV'nin varlığını ve yaygınlığını araştırarak, arıcılıkla ilgili mevcut sağlık sorunlarına dair daha derinlemesine bir anlayış geliştirmeyi ve bu virusun arı sağlığı üzerindeki etkilerini ortaya koymayı hedeflemektedir. Bu çalışma, bölgedeki arıcılar için pratik bir rehber olmayı ve arı kayıplarının azaltılması adına daha etkili mücadele yöntemlerinin geliştirilmesine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bailey vd. (1980), bal arılarında görülen KAFV ve Bulutlu Kanat Partikülü (BKP) viruslarının yapısını, serolojik özelliklerini ve sedimentasyon katsayılarını karşılaştırmışlardır. Her iki virusun da yaklaşık 17 nm çapında RNA içeren, tek bir polipeptit türü taşıyan ve CsCl'deki yoğunlukları yaklaşık 1.38 g/ml olan partiküller olduğu belirtilmiştir. Ancak, KAFV ve BKP arasında serolojik farklar bulunmuş ve bu virusların farklı moleküler ağırlığa sahip proteinlere ve farklı sedimentasyon katsayılarına sahip oldukları bildirilmiştir. BKP, kronik felç virusu ile güçlü bir şekilde ilişkilendirilmiş, ancak bu virusun felç virusuna kıyasla farklı bir şekilde çoğaldığı ifade edilmiştir. Bu çalışma, bal arıları için önemli olan viral hastalıkların tanımlanması ve arı sağlığı üzerindeki etkilerinin anlaşılması açısından faydalı olabilecektir. Bu bilgiler, deforme kanat virusu gibi diğer viral hastalıkların daha iyi anlaşılmasına ve bu hastalıklarla mücadele stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

Bowen-Walker vd. (1999), DKV ve *Varroa destructor*'un batı bal arısı (*Apis mellifera*) kolonilerindeki çöküşle ilişkilendirilen etkilerini incelemişlerdir. DKV pozitif bal arılarındaki deformasyon, uzun zamandır koloni kayıplarıyla ilişkilendirilmiştir. Ancak, DKV pozitif bal arılarının yalnızca bir kısmının neden deforme kanatlara sahip olduğu hala bilinmemektedir. Bu çalışma, deforme ve deforme olmayan bal arıları karşılaştıran iki küçük ölçekli çalışmayı ele almıştır. *Varroa jacobsoni* akarlarının, bal arıları arasında DKV'yi yaymada oldukça etkili vektörler oldukları gösterilmiştir. DKV ile doğal olarak enfekte olmuş bal arısı pupa ve larvalarından alınan dişi akarlar, konaklarından çok daha yüksek virus titrerine sahip olmuş ve bu, yalnızca yoğunlaşma etkisiyle açıklanamayacak kadar fazla bulunmuştur. Bu durum, DKV'nin *V. jacobsoni* içinde çoğalabileceğini göstermektedir. DKV pozitif çıkan bal arıları, karakteristik morfolojik deformiteler sergilemiş ve/veya pupasyon sırasında ölmüşlerdir. Asemptomatik bal arıları ise, deforme olmuş veya ölmüş bal arılarından çok daha düşük virus titrelerine sahip olmuşlardır. Bu nedenle, DKV'nin patolojik etki yapabilmesi için pupa içinde belirli bir virus yoğunluğuna ulaşması gerektiği öne sürülmüştür. *V. jacobsoni*'nin taşıdığı DKV miktarı, akarların enfeksiyon seviyesiyle doğru orantılıdır ve bu da akarların daha önce ölü ya da

deforme olmuş bal arılarıyla beslenip beslenmediğine ve virusun akar içinde çoğalma hızına bağlıdır. Sonuç olarak, yüksek sayıda akar ile enfekte olmuş gelişmekte olan bal arıları, akarların yüksek oranda enfekte olması veya özellikle virülent bir virus suşu taşıması durumunda büyük bir deformite oranı yaşayabilir. Araştırmada, bal arıları üzerindeki akar sayısının artmasıyla morfolojik deformite ve ölüm oranı arasında pozitif bir ilişki bulunmuş ve bu, akarların taşıdığı çok sayıda virus partikülünün, birçok bal arısının çıkış yapmadan önce ölmesine neden olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, *V. jacobsoni*'nin patolojisinde virusların rolünün önemini ve daha önce akarların beslenme etkilerine bağlı olarak ilişkilendirilen patolojilerin büyük bir kısmının, aslında *V. jacobsoni* tarafından taşınan ikincil patojenlere atfedilebileceğini ortaya koymaktadır.

Shen vd. (2005), *Varroa destructor* akarlarının viral enfeksiyonları aktive etme veya virusları vektörleme rollerini belirlemek amacıyla, akar bulunan ve bulunmayan bal arıları arasında viral enfeksiyonların kuantitatif karşılaştırılmasını yapmışlardır. Bu karşılaştırma, dot blot analizi ve enzim bağlı immünosorbent test (ELISA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Doğal ve yapay akar enfestasyonları altında, bal arısı pupaları, akar içermeyen pupalara göre önemli derecede daha yüksek seviyelerde KAV ve DKV RNA'ları ve KAV yapısal proteinleri içeriyordu. Ayrıca, akar ile enfekte bal arısı pupalarında DKV, son derece yüksek titrelerde çoğalmıştı ve virusun genomik RNA'sı, toplam bal arısı RNA'sının agaroz jellerinde ayrılmasından sonra açıkça görünür hale gelmişti. Lineer regresyon analizi, aktarılan akar sayısı ile viral RNA seviyeleri arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermiştir. virus RNA'larının nymph ve ergin akarlarındaki tespiti, varroa akarının virus iletimindeki olası rolünü vurgulamaktadır. Ancak, virus içermeyen ergin akarların çoğu (9/12), viruslarla ağır şekilde enfekte olmuş bal arısı pupalarıyla ilişkilendirilmişti. Bu da, akar enfekte olmuş pupalarda artmış viral titrelerin, daha çok aktive olmuş viral replikasyondan kaynaklanmış olabileceğini düşündürmektedir. Bu gözlemler ve *Varroa* ile enfekte arılarda bağışıklık yanıtlarının baskılandığını gösteren eş zamanlı araştırmalara dayanarak, varroa akarının bal arılarının bağışıklığını baskıladığını ve bunun sonucunda kalıcı, latent viral enfeksiyonların aktive olduğunu öne sürmüşlerdir. Bu durum, varroa akarının viral enfeksiyonların yayılmasındaki kritik rolünü ve bal arıları üzerinde meydana gelen bağışıklık baskılamasını anlamada önemli bir katkı sağlamaktadır.

Yue ve Genersch (2005), DKV ile ilgili olarak, bu virusun bal arılarında ya belirgin bir enfeksiyon olarak devam ettiğini ya da kanat deformitesine yol açtığını belirlemişlerdir. DKV enfeksiyonları, özellikle *Varroa destructor* aracılığıyla pupa evresinde bal arılarına bulaşmasıyla ilişkilidir. Virus, varroa akarının patolojisini artırarak ve varroa enfestasyonu sırasında koloni çöküşüne önemli bir rol oynayarak arı kolonilerinin sağlığını olumsuz etkilemektedir. Bu çalışmada, DKV'nin tespiti için yeni geliştirilen bir RT-PCR protokolü kullanılarak, farklı varroa enfestasyon seviyelerine sahip kovanlardan ve engelli arılardan alınan bireysel arılar ile akarlar analiz edilmiştir. Yapılan analizlerde, engelli ve asemptomatik tüm arıların DKV için pozitif olduğu bulunmuştur. Ancak, DKV'nin asemptomatik ve engelli arılar arasındaki mekansal dağılımında önemli bir fark gözlemlenmiştir. Engelli arıların baş, toraks ve karın kısımlarının tümü, viral diziler açısından her zaman güçlü bir şekilde pozitif çıkarken, asemptomatik arılarda viral diziler yalnızca toraks ve/veya karından çıkarılan RNA'larda tespit edilmiştir, ancak baş kısmından asla RNA elde edilmemiştir. DKV replikasyonu, enfekte arıların DKV pozitif tüm vücut bölümlerinde gösterilmiştir. Ayrıca, bireysel akarlar incelendiğinde, DKV pozitif akarların oranının, akar popülasyonlarına göre farklılık gösterdiği ve bazı akarların virüsü çoğaltabildiği, bazılarının ise bunu başaramadığı bulunmuştur. İlginç bir şekilde, akarlar içinde virus replikasyonu, kanat deformitesi ile korelasyon göstermektedir. Ayrıca, DKV'nin larval besinlerde de tespit edilmesi, virusun *V. destructor* aracılığıyla bulaşmanın yanı sıra beslenme yoluyla da bulaşabileceğini ortaya koymuştur. Bu bulgular, DKV'nin bal arılarındaki etkileri, varroanın virus ile olan etkileşimi ve bulaşma yolları hakkında önemli bilgiler sunmaktadır.

Tentcheva vd. (2006), deforme kanat virusunun (DKV) RNA yüklerini *Apis mellifera* ve *Varroa destructor* üzerinde izlemek için kuantitatif RT-PCR yöntemini doğrulamışlardır. Çalışmada, DKV RNA polimeraz gen bölgesinin korunan bir domainine hibridize olan bir primer çifti tasarlanmış ve SYBR-green boyası ile 69 nükleotidlik bir fragman amplifiye edilmiştir. Deneysel doğrulama, RNA ekstraksiyonu ve cDNA sentezi adımlarının, sonuçlardaki en büyük varyabiliteye neden olduğunu göstermiştir. Ancak, farklı PCR plakalarında yapılan testler tekrarlanabilir bulunmuş ve doğrulama başarılı olmuştur. Kuantitatif RT-PCR analizleri, erkek arı prepupalarda DKV RNA yüklerinin, birden fazla anne akar tarafından parazitlenen hücrelerde daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmanın önemli bulgularından biri, işçi arılarda DKV prevalansının akar

enfestasyonu ile doğrudan ilişkilendirilmiş olmasıdır. DKV, larvalar dışında, tüm bal arısı gelişim aşamalarında tespit edilmiştir. Ayrıca, klinik belirti olmasa bile, yüksek DKV RNA yükleri kaydedilebilmiştir. Deforme kanatlarla ortaya çıkan arıların çoğunlukla DKV ile enfekte oldukları gözlemlenmiştir. Yükselen arılarda toplanan akarlarda, DKV RNA üretimi 10^4 ile 10^6 kopya arasında değişmiş ve bazı durumlarda bu yükler 10^8 kopyayı aşabilmiştir. Bu bulgular, *Varroa destructor*'un DKV'nin bulaşmasındaki önemli rolünü ve virusun bal arıları üzerindeki etkilerini daha iyi anlamamıza yardımcı olmaktadır.

Yue vd. (2007), DKV ile ilgili olarak, Avrupa bal arısı (*Apis mellifera*) üzerinde yaptığı çalışmada, DKV'nin *Varroa destructor* adlı ektoparazit akar tarafından bulaştığında klinik semptomlar ve koloni çöküşüne yol açtığını belirtmişlerdir. Ancak, *V. destructor*'un yokluğunda DKV enfeksiyonu görünür semptomlara neden olmaz, bu da virusun akar bağımsız bulaşmasının gizli enfeksiyonlarla sonuçlandığını göstermektedir. Gerçek gizli enfeksiyonlar, böcek virusları için bilinen bir enfeksiyon stratejisi olup, virusun popülasyonda uzun süre kalmasına olanak tanır. Bu tür enfeksiyonlar, virusun varlığına rağmen hastalık semptomlarının olmaması ve virusun dikey olarak bulaşması ile karakterizedir. Çalışmada, DKV'nin dikey bulaşma yollarını ve gerçek gizli enfeksiyonları kanıtlamak amacıyla, sekiz bakire kraliçeden alınan 192 dölsüz larva ile yapay dölleme sonrası alınan 192 döllemiş larva bireysel olarak analiz edilmiştir. Döllemiş larvalar, DKV-negatif (üç kraliçe) veya DKV-pozitif (beş kraliçe) semenle döllemişlerdir. Ayrıca, F0 kraliçeleri, drone'lar ve F1 drone'lar ile işçi arılar da viral RNA açısından incelenmiştir. İn situ hibridizasyon yöntemiyle, DKV-pozitif dölsüz larva bırakan ve DKV-pozitif semenle döllemiş bir F0 kraliçesinin overinde viral diziler tespit edilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma DKV'nin kraliçelerden ve drone'lardan, dölsüz ve döllemiş larvalar yoluyla drone ve işçi yavrularına dikey olarak bulaştığını kanıtlamıştır. Döllemiş larvalardaki viral diziler, hem kraliçeden hem de DKV-pozitif semenle drone'lardan kaynaklanabilir. Bu bulgu, DKV'nin kolonilerdeki yayılımını ve gizli enfeksiyon stratejisini daha iyi anlamamıza yardımcı olmaktadır.

Highfield vd. (2009), son 50 yılda dünya genelinde bal arısı kolonilerindeki azalmanın, genellikle *Varroa destructor* parazitik akarının yayılması ve bu akarın bazı bal arısı viruslarıyla etkileşimi ile ilişkilendirilmiş olduğunu belirtmişlerdir. Özellikle Amerika

Birleşik Devletleri'nde, bal arısı kolonilerinde görülen dramatik kayıpların (koloni çöküşü bozukluğu) rapor edildiği ifade edilmiştir. Ancak, bu kayıpların kesin nedeni hâlâ netleşmemiştir ve parazitik akarlar, viruslar, bakteriler ve mantar hastalıkları gibi çeşitli faktörler olası sebepler olarak öne sürülmektedir. Çalışmalar, başarısız kolonilerin çoğunun belirgin hastalık belirtileri göstermediğini ve normal şekilde çalışan kolonilerden işçi arıların kaybolduğunu bildirmektedir. Yapılan bir araştırmada, Güney İngiltere'deki 15 asemptomatik, Varroa akarı pozitif bal arısı kolonisi ve 3 asemptomatik, varroa akarı negatif koloni üzerinde bir yıl süresince DKV, AAFV ve Siyah Kraliçe Hücresi virusu (SKHV) tespit edilmiştir. Varroa akarları bulunan kolonilerde yapılan kontrol tedavileri, akar popülasyonlarının düşük tutulmasını sağlamıştır. Çalışma sonucunda, birden fazla virus enfeksiyonu tespit edilmesine rağmen, yalnızca DKV viral yükü ile kışlatma dönemi koloni kayıpları arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Geleneksel görüş, DKV'nin yalnızca şiddetli Varroa akar enfestasyonları ile ilişkilendiğinde koloniler üzerinde olumsuz etkiler yarattığı yönündeyken, bu çalışma, DKV'nin Varroa akarları olmadan da koloni kayıplarına yol açabileceğini göstermektedir. Bu bulgular, DKV'nin kışlatma dönemi koloni kayıplarında önemli bir faktör olabileceğini düşündürmektedir.

Tuncer ve Yeşilbağ (2009), bal arılarındaki virus kaynaklı hastalıkların belirtilerini ve bu hastalıkların etkilerini inceledikleri derleme çalışmalarında önemli bilgiler sunmuşlardır. DKV'nin, yetişkin arılarda kanatlarda buruşukluk, vücutta küçülme ve renk kaybına neden olduğu belirtilmiştir. Ancak, pupaların gelişimi sırasında virusun çoğalmasının oldukça yavaş olduğu ve nadiren ölüme yol açtığı ifade edilmiştir. Çalışmada, diğer bazı viruslar da ele alınmıştır. Örneğin talamus yavru çürüklüğü, larvaların inci beyazı renginin sarımsı-kahverengiye dönüşmesiyle kendini gösteren bir larva hastalığıdır. Siyah kraliçe arı virusu ise, kraliçe arı, pupa ve prepupalarda ölüme neden olarak bu arıların renginin koyu kahverengiye dönmesine yol açmaktadır. Kaşmir arı virusu, arı virusları arasında en yüksek virülense sahip olan ve genellikle Asya bal arılarında tespit edilen, ancak sonraki çalışmalarda *Apis mellifera* türünde de görülen bir virustur. Bu virus, enfekte arılarda titreme, koordinasyon bozukluğu ve ölüm gibi belirtilere yol açmaktadır. Ayrıca, felç oluşturan 4 farklı virus tanımlanmıştır: kronik arı felci, akut arı felci, yavaş arı felci ve İsrail arı felci virusları. Özellikle akut ve kronik arı felci viruslarının, *Varroa destructor* paraziti ile ilişkili olarak tüm dünyada yaygın olduğu ve AAFV'nin, arıları 3-5

gün içinde öldürdüğü belirtilmiştir. Kronik arı felci virusunun ölümünün ise genellikle 6. günden itibaren gerçekleştiği ifade edilmiştir. Yavaş felç virusunda ise ölümün yaklaşık 12. günde olduğu bildirilmiştir. Kronik arı felci virusu, yetişkin arıların beyinde yerleşir ve farklı hastalık tablolarına yol açabilir. Bu hastalık tablosunun Tip 1 sendromunda titreme, kanat düşüşü ve karın şişkinliği görülürken, Tip 2 sendromunda arılar tüylerini kaybeder ve parlak siyah bir görünüme bürünürler. İsrail arı felci virusu ise ani koloni sönmesi olayları ile ilişkilendirilen önemli bir virustur. Çalışmada, ayrıca arılarda enfeksiyon oluşturan ve sınırlı düzeyde bilgi bulunan diğer viruslardan da bahsedilmiştir. Bunlar arasında arı X ve arı Y virusları, Arkansas, Berkeley ve Mısır arı virusları, bulanık kanat virusu, filamentöz arı virusu, Apis iridescent virusu ve Kakugo virusu yer almaktadır. Son olarak, bu derlemede, arılarda viral hastalıklara karşı özel bir ilaç tedavisi bulunmadığı ancak iyi yetiştirme kuralları ve doğru koruma önlemleri ile bu hastalıklardan korunmanın ve kayıpların en aza indirgenmesinin mümkün olduğu vurgulanmıştır.

Carreck vd. (2010), *V. destructor* ile enfekte kolonilerde en yaygın şekilde tespit edilen virusların DKV ve SPV olduğunu bulmuşlardır. Ancak, yalnızca DKV ve SPV'nin, *V. destructor* ile enfekte kolonilerdeki kayıplarla ilişkilendirilebileceği belirtilmiştir. DKV ile kayıplar arasındaki ilişki ise dolaylı olarak kabul edilmiştir. Araştırma, DKV ve SPV'nin bulunduğu kolonilerin çoğunlukla hayatta kalmadığını göstermiştir. Buna karşın, bu iki virusun hiçbiri bulunmayan kolonilerin hayatta kaldığı ve akar popülasyonlarının yüksek olduğu da gözlemlenmiştir. Ayrıca, her virusun kolonileri öldürmek için farklı sayıda akar gerektirdiği öne sürülmüştür. Modeller ve saha gözlemleri, virulent bir virus olan SPV'nin koloniyi öldürmek için daha büyük bir akar popülasyonuna ihtiyaç duyduğunu, buna karşın ölümcül olmayan DKV'nin daha az akar ile ölümcül etki yaratabileceğini göstermektedir. Çalışma, *V. destructor*'un yayılmasını kontrol etmenin önemini vurgulamaktadır. Yüksek akar popülasyonları, bal arısı kolonilerinin hayatta kalmasını olumsuz yönde etkileyebilir.

Miranda ve Genersch (2010), DKV'nin bal arıları üzerinde etkili olan birçok virus arasında yer aldığını ve *Varroa destructor*'un neden olduğu bal arısı kolonisi çöküşü ile yakın ilişkisinden dolayı en çok araştırılan viruslardan biri olduğunu bildirmişlerdir. *V. destructor*'un varlığında, DKV enfeksiyonu arılarda belirgin semptomlara yol açmakta olup, bu semptomlar pupa ölümüne ve kanatları deforme olmuş, şişmiş karınlı ve renk

değişikliği gösteren yetişkin arıların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu şekilde gelişen arılar, genellikle hayatta kalamamaktadır ve kısa süre içinde ölmektedirler. DKV, *V. destructor* tarafından arı pupalarına iletilirken klinik semptomlar gözlemlenmektedir. Ancak *V. destructor*'un olmadığı durumlarda, DKV enfeksiyonları herhangi bir görünür semptomla ya da konakçı üzerinde olumsuz bir etkiye yol açmamaktadır. Bununla birlikte, *V. destructor*'un arılara olan etkisi ve DKV'nin bulaşma mekanizması hâlâ tam olarak aydınlatılamamıştır. Yapılan araştırmalar, DKV virusunun genetik yapısını, patobiyolojisini ve bulaşma yollarını inceleyerek, RNA viruslarının genetik çeşitliliği, popülasyon yapısı, virülens evrimi ve hastalık semptomlarının gelişimi üzerine teorik yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Bu bağlamda, DKV ve benzeri virusların, bal arısı kolonilerindeki zayıflama ve çöküşün ana etmenlerinden biri olarak kabul edildiği belirtilmektedir.

Martin vd. (2010), *Varroa destructor*'un, bal arısı *Apis mellifera* için ciddi bir zararlı olduğunu belirtmişlerdir. Doğal olarak bulunan DKV, uzun süre boyunca akarlarla enfekte olmuş bal arısı kolonilerinin çöküşüyle ilişkilendirilmiştir. Bu bağlamda, dört ağır şekilde enfekte olmuş tedavi edilmemiş koloni ve beş ağır şekilde enfekte olmuş akar ilaçlarıyla tedavi edilen koloni üzerinde DKV prevalansı ve kalıcılığı araştırılmıştır. DKV'nin, yetişkin arılar, mühürlü yavrular ve akar örneklerinde varlığı, Enzim Bağlantılı İmmünosorbent Testi (ELISA) kullanılarak tespit edilmiştir. Her koloniden her türden 20 birey, çalışma süresi boyunca her ay örneklenmiştir. Yaz aylarında, DKV'nin yetişkin arılar, mühürlü yavrular ve akarlar arasında tespit oranı, koloni öldüğünde veya tedavi edildiğinde kadar artmıştır. Koloniler tedavi edildiğinde, yani akarlar koloniden temizlendiğinde, DKV'nin mühürlü yavrularda akarların kaybı ile benzer bir hızda tespit edilemez hale geldiği gözlemlenmiştir. Ancak, DKV'nin yetişkin işçilerde tespit edilemez hale gelme hızı, sezonla bağlantılı olarak değişmiş ve yazda veya kışta çıkan yetişkin işçilerin yaşam süreleri arasındaki farkları yansıtmıştır. Tedavi Ekim ayına kadar geciktirilirse, akar olmasa bile kışın yetişkin arılarda DKV'nin hala tespit edilebileceği bildirilmiştir. Bu nedenle, koloninin viral yükünü azaltmak amacıyla akar tedavisinin, kış arılarının üretimi başlamadan önce, en geç Ağustos sonuna kadar yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

De Prisco vd. (2011), bal arısı DKV modelini kullanarak, abiyotik ve biyotik stres faktörlerinin yanı sıra konak sağlık koşullarının virus replikasyon dinamiklerindeki rollerini araştırmak amacıyla saha ve laboratuvar çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. Araştırma sonuçları, sıcaklık düşüşlerinin yalnızca pupa aşamasındaki arıların yetiştin arı olarak çıkma oranını önemli ölçüde düşürmekle kalmayıp, aynı zamanda çıkmış arılardaki virus enfeksiyonunun şiddetini de artırdığını göstermiştir. Bu durum, dünya genelindeki yönetilen bal arılarının kış kayıplarının yüksek seviyelerini kısmen açıklamaktadır. *Varroa destructor* akarına farklı düzeylerde maruz kalan yetiştin arılar üzerinde yapılan deneysel incelemeler, DKV enfeksiyonunun şiddetinin, Varroa akarlarının yoğunluğu ve enfestasyon süresi ile pozitif bir korelasyon gösterdiğini ortaya koymuş ve bu bulgu, Varroa akarlarının virusun bal arılarında bulaşma ve aktive olmasındaki rolünü doğrulamıştır. Ayrıca, konak koşullarının DKV enfeksiyonunun sonucunu önemli ölçüde etkilediği ve güçlü kolonilerden gelen arıların DKV enfeksiyonuna ve replikasyonuna, zayıf kolonilerden gelen arılara kıyasla belirgin şekilde daha iyi direnç gösterdiği bildirilmiştir. Bu çalışma, konak-patojen etkileşimlerini anlamamıza önemli katkılar sağlamış olup, bal arıları için etkili hastalık kontrol stratejilerinin geliştirilmesinde kullanılabilecek değerli bilgiler sunmaktadır.

Chen (2011), bal arısı viruslarının, dünya çapında tarım ve bahçecilik ürünlerinin en değerli polinatörleri olan arıların sağlığı ve refahı için ciddi bir tehdit oluşturduğunu vurgulamıştır. Bal arıları, özellikle tarım ürünlerinin verimini artırma konusundaki kritik rollerinden dolayı büyük öneme sahiptir. Ancak, son yıllarda bal arısı viruslarının, arılarda ciddi hastalıklara yol açtığı ve ABD'deki Koloni Çöküş Bozukluğu (CCD) ile İsrail Akut Felç virusu arasındaki sıkı ilişki gözlemi, virusların önemi konusunda uluslararası düzeyde büyük bir farkındalık yaratmıştır. Bu derleme, bal arısı viruslarının morfolojisi, genom organizasyonu, taksonomisi, bulaşma yolları ve patogeneze dair önceki bulguları ve son ilerlemeleri kapsamaktadır. Ayrıca, Chen, bal arısı viruslarının incelenmesindeki zorlukları ve gelecekteki araştırma olanaklarını tartışmıştır. Bu çalışmanın amacı, bal arısı viruslarının yayılma biçimleri, hastalık yapma mekanizmaları ve arı kolonileri üzerindeki etkileri hakkında daha fazla bilgi sağlamak ve bu virusların kontrolü konusunda yeni stratejiler geliştirmeye yönelik potansiyel araştırma alanlarını belirtmektir. Chen'in bu çalışması, bal arısı virusları konusunda elde edilen mevcut bilgilerin bir derlemesi olup, bu virusların arı kolonileri üzerindeki etkilerini anlamak için

yapılan bilimsel ilerlemeleri özetlemekte ve bu alandaki gelecekteki araştırmalara ışık tutmaktadır.

Schroeder ve Martin (2012), DKV'nin son 50 yılda dünya çapında meydana gelen bal arısı kolonisi kayıplarının çoğundan sorumlu olan en olası aday haline geldiğini ve bu sürecin nedenlerini açıklamaya çalışmışlardır. Dünya genelinde bal arısı (*Apis mellifera*) kolonilerinin açıklanamayan çöküşü, hem bilimsel çevrelerde hem de ana akım medyada büyük bir ilgiyle izlenmeye devam etmektedir. Bu durum, bal arılarının ekolojik ve ticari sektörlerdeki küresel önemi nedeniyle büyük bir merak uyandırmaktadır. Son çalışmalarda, *Varroa destructor* adlı dış parazitik akarın, Hawaii takımadalarındaki viral manzarayı nasıl değiştirdiği ve belirli bir virus türü olan DKV prevalansını artırırken viral genetik çeşitliliği nasıl azalttığı bildirilmiştir. Bu araştırma, *Varroa destructor*'un bal arıları üzerindeki etkisinin daha da derinleşmesine ve virusların artan prevalansı ile birlikte bal arılarının hastalıklarla mücadelesindeki güçlüklerin artmasına yol açtığını vurgulamaktadır. varroa akarının, DKV'nin yayılmasına katkı sağladığı ve virus çeşitliliğini sınırlayarak daha virulent (zararlı) suşların yayılmasına neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, bal arılarının sağlık problemleri ve kolonilerdeki çöküşlerin nedenleri hakkında daha fazla bilgi edinilmesini gerektiren önemli bir bulgudur.

Martin vd (2013), *Varroa destructor* akarının, dünya çapında milyonlarca *Apis mellifera* bal arısı kolonisinin çöküşüyle ilişkilendirildiğini belirtmişlerdir. Son on yılda yapılan geniş çaplı araştırmalar, varroa, bal arıları ve çeşitli viral patojenler arasındaki etkileşimleri ortaya koymuştur. Özellikle DKV, koloni çöküşüne yol açan başlıca patojen olarak öne çıkmıştır. Varroa, bal arılarının yaşadığı viral ortamı kalıcı olarak değiştirdiğinden, bu çalışmada 1998 yılında Birleşik Krallık'taki varroa enfestasyonunun ilk aşamasında DKV'nin etkilerine dair kapsamlı veriler sunulmuştur. Bu veriler, ileri düzey karşılaştırmalı çalışmalar için temel teşkil etmektedir. DKV bulaşma çalışmaları yapılmış ve DKV'nin arı ömrü üzerindeki etkileri gözlemlenmiştir. Bu çalışmalarda kullanılan ELISA tekniği, her arı başına yaklaşık 10^7 viral parçacık tespit etme limitine sahip olduğundan, yalnızca yüksek viral yükler (açık enfeksiyonlar) tespit edilebilmiştir. Varroa akarının ilk yerleşim aşamasında, DKV, enfekte olmayan mühürlü yavrularda %0.6 oranında tespit edilirken, varroa tarafından istila edilen mühürlü yavrularda %89 oranında tespit edilmiştir. DKV, varroa akarının pupa veya yetişkin arılara beslenmesi

yoluyla arının hemolenfine geçtiğinde, 3-4 gün içinde belirgin bir virus enfeksiyonu hızlıca gelişmiştir. Mühürlü yavrularda varroanın varlığı, yavruların %21'inde ölümle sonuçlanmış, bazı yetişkinlerde kanat deformasyonuna yol açmış ve yetişkin ömrünü önemli ölçüde kısaltmıştır. Ancak, enfeksiyon sonrası yetişkin hale gelen arılarda kanat deformasyonu gelişmemiş ve ömürlerinde bir azalma gözlemlenmemiştir; buna karşın, bu arılar DKV enfeksiyonunun rezervuarları haline gelmiştir.

Ryabov vd. (2014), virus popülasyonundaki değişikliklerin varroa akarının virulent virus suşlarını çoğaltıp tanıtarak mı yoksa konakçı bağışıklık yanıtlarını baskılayarak mı meydana geldiğini belirlemek amacıyla, varroa akarından arınmış larvaları oral ve *Varroa* ile bulaşan DKV'ye maruz bırakmışlardır. virus seviyelerini ve çeşitliliğini, gelişen pupalarda ve ilişkili varroa akarlarında izlemiş, ayrıca konakçıdaki RNAi yanıtı ve transkriptom değişikliklerini incelemişlerdir. Maruz bırakılan pupalar, *Varroa* ile ilişki (var/yok) ve virus seviyeleri (düşük/yüksek) bakımından üç gruba ayrılmıştır. *Varroa*-sız pupalar, yüksek çeşitlilikteki bir DKV popülasyonunun düşük seviyelerini göstermiş ve oral yolla (NV grubu) maruz bırakılanlarda bu popülasyonun kompozisyonunda değişiklikler gözlemlenmiştir. *Varroa*-ilişkili pupalar, ya çeşitliliği yüksek olan düşük seviyelerde bir DKV popülasyonu göstermiş (VL grubu) ya da DKV'nin neredeyse klonal bir virulent varyantının yüksek seviyelerini göstermiştir (VH grubu). Bu gruplar ve maruz bırakılmayan kontrol grupları (C), gözlemlenen transkriptom değişikliklerinin ana bileşen analiziyle de ayırt edilebiliyordu; bu değişiklikler, gelişim ve bağışıklık yanıtı ile ilgili birkaç geni içermekteydi. Test edilen tüm varroa akarları, çeşitliliği yüksek bir çoğalan DKV popülasyonu içeriyordu, bu da varroa akarının DKV'nin VH grubunda bulunan virulent varyantının bulaşmasındaki rolünü ve zamanla ve coğrafi olarak ayrı *varroa*-enfekte kolonilerde yapılan RNA-seq analizinde bu varyantın baskın olduğunu gösteren bir bulguyu desteklemektedir. Ayrıca, pupalara in vitro olarak karışık virus popülasyonları enjekte edilmesiyle bu sonuçlar doğrulandı. DKV'nin virulent bir varyantının tanımlanması, varroa'nın bu varyantın bulaşmasındaki rolü ve bunun sonucunda konakçıdaki transkriptom değişiklikleri, bal arılarının bu önemli viral patojeni hakkında daha iyi bir anlayış geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

Volykhina (2015), viral enfeksiyonların bal arılarında kolonilerin sağlığını olumsuz yönde etkileyen önemli faktörlerden biri olduğunu, ancak genellikle en tehlikeli

hastalıklar olarak değerlendirilmediklerini belirtmiştir. Arı virusları çoğu zaman belirgin semptomlar göstermeden varlıklarını sürdürebilmekte; ancak virusların hızla çoğalması, klinik belirtilerin ortaya çıkmasına ve hatta ölüme yol açabilmektedir. Arı kolonilerinde aynı anda birden fazla virus dolaşabilir. Özellikle Avrupa'da DKV, AAFV ve KAV gibi viruslar, kolonilerin çökmesine neden olmaktadır. DKV, bal arılarında yaygın olarak görülen ve Avrupa'da birçok ülkede yüksek prevalansa sahip bir virustur. Rusya'da da DKV, incelenen tüm bölgelerde yaygın olup, *Apis florea* ve *Apis dorsata* gibi yabani arı türlerinde de tespit edilmiştir. DKV, *Varroa destructor* paraziti ile birlikte daha sık görülmekte ve bu etkileşim kolonilerin çökmesine yol açmaktadır. DKV, Iflavriridae ailesine ait bir RNA virusu olup, genetik olarak Kakugo virusu ile ilişkilidir. DKV, arıların üreme organları ve sindirim sistemini hedef alır. virus, arıların kanatları, başı, toraksı, hemolenf ve yağ dokusunda tespit edilebilir. Enfekte olan arılar, kanat deformiteleri gibi klinik belirtiler gösterebilir ve koloniler zayıflayarak ani çöktürlere neden olabilir. DKV, transovarial yolla bulaşabilir. Ayrıca, virus genellikle latent bir enfeksiyon şeklinde uzun süre evrede kalabilir veya daha patojenik bir formda hızlı çoğalabilir. *Varroa destructor* parazitin varlığı, DKV enfeksiyonlarının şiddetini artıran önemli bir faktördür. varroa ile enfekte olan kolonilerde DKV sıklığı daha yüksektir ve bu etkileşim, kolonilerin çökmesine yol açabilir. DKV'nin en yüksek insidansı ise sonbahar aylarında görülmektedir.

Khongphinitbunjong vd. (2016), çalışmalarında DKV'nin, Avrupa bal arıları *Apis mellifera* üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğunu ve *Varroa destructor* parazitizmi tarafından bu etkinin daha da güçlendirildiğini bildirmişlerdir. Araştırmalarında, DKV enfeksiyonuna karşı varroa akarına dayanıklı iki bal arısı ırkı olan saf Rus Bal Arısı (RBA) ve melez varroa duyarlı hijyenik bal arıları, DKV'ye duyarlı olan İtalyan bal arıları (IBA) ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada, iki günlük yavrulara farklı konsantrasyonlarda DKV lizatları verilmiştir: Seyreltilmemiş DKV lizat (D1), D1:100 ve D1:1000. Yalnızca yemlenen yavrulara karşı kontrol grubu olarak yem verilmeyen yavrular kullanılmıştır. Test yavrularını içeren kovanlar, gelişim süreçlerinde ortak bir çevreye maruz bırakılmıştır. Elde edilen sonuçlar, yalnızca Varroa Duyarlı Hijyenik Bal Arıları ırkının farklı DKV konsantrasyonlarıyla beslenen yavrularda DKV seviyelerinde değişim gösterdiğini ortaya koymuştur. En yüksek DKV inokulum konsantrasyonu ile beslenen varroa duyarlı hijyenik bal arıları yavrularında, düşük konsantrasyonlarla

beslenenlere ve yem verilmeyen yavrulara kıyasla DKV seviyelerinde en yüksek artış gözlemlenmiştir. Bu yüksek DKV seviyesi artışı, D1 ile beslenen Varroa Duyarlı Bal Arıları yavrularının hayatta kalma oranında ve ortalama yaşam süresinde (LT50) azalmaya yol açmıştır. D1 ile beslenen yeni çıkmış Varroa Duyarlı Hijyenik Bal Arıları yavrularının ağırlıkları, kontrol grubundaki ve DKV ile beslenen yavrularla benzer bulunmuştur. Ancak, IBA grubunda D1 ile beslenen arılarda önemli bir ağırlık kaybı ve hayatta kalma süresi ile LT50'de azalma gözlemlenmiştir. DKV inokulumunun konsantrasyonuna bakılmaksızın, RBA ırkında DKV seviyelerinin benzer şekilde düşük kaldığı ve yetişkin arıların benzer ağırlıklara sahip olduğu bildirilmiştir. Genel olarak, D1 ile beslenen yavrular arasında kanat deformasyon oranının en yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Varroa Duyarlı Hijyenik Bal Arıları ve RBA ırkları ise sayısal olarak kanat deformitesine sahip arı oranında daha düşük sonuçlar sergilemiştir. Bu çalışma, RBA ırkının DKV'ye karşı belirli bir derecede direnç gösterdiğini ve bu durumun, diğer bal arısı ırklarıyla karşılaştırıldığında ağırlık kaybının olmaması ve kanat deformitesinin daha düşük oranlarda görülmesiyle ortaya konmuştur.

Wilfert vd. (2016), 1998 ile 2009 yılları arasında dört kıtada yer alan 32 coğrafi bölgeden 398 bal arısı (*Apis mellifera* [n=285] ve *A. cerana* [n=18]) ile 95 akar (Varroa [n=86] ve *Tropilaelaps clareae* [n=9]) örneği toplamışlardır. Örneklerin büyük çoğunluğu, 2009 yılının bahar ve yaz aylarında toplanmıştır. *Tropilaelaps* akarları, Pakistan'daki *A. mellifera* örneklerinde bulunmuş ve Varroa ile benzer yaşam döngüsüne sahip oldukları, ayrıca DKV taşıyabileceği belirtilmiştir. Örnekler, RNA stabilizatörü olan RNA later (Sigma) içeren tüplere alınmış ve birkaç durumda RNAlater®-ICE (Qiagen) kullanılarak işlenmek üzere -80°C'de dondurulmuştur. Çalışma, DKV'nin değişimsel hızını daha doğru bir şekilde tahmin edebilmek için, 2001 ile 2011 yılları arasında Kuzey İsviçre'den toplanan 145 *Bombus terrestris/lucorum* yaban arısı kraliçesinin dizi verilerinden de yararlanmıştır. Bu kraliçeler, laboratuvarında kısa bir süre bakım altına alınmış ve işlenene kadar -80°C'de dondurulmuş, daha sonra -20°C'de saklanmıştır. Bu çalışma, DKV'nin değişimsel hızını anlamak ve farklı arı türleri ile akarların bu virüsü taşıma kapasitesini incelemek adına kapsamlı bir veri sunmaktadır.

Brettell vd. (2017), Brezilya'da yürüttükleri çalışmada, Varroa tarafından pupa döneminde parazitlenen ve semptom göstermeyen (kanat deformasyonu olmayan) bal

arılarının, parazitlenmemiş bal arılarından daha yüksek DKV yüklerine sahip olduğunu bulmuşlardır. Ancak, DKV titreleri veya parazitlenme nedeniyle kanat morfolojisinde daha fazla bilateral asimetri gözlemlenmemiştir. Beklendiği gibi, RT-qPCR yöntemiyle yapılan analizde, deforme olmuş bal arılarının en yüksek virus yüklerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Sonraki yeni nesil dizileme (Next Generation Sequencing, NGS) yöntemi kullanılarak, üç farklı koloniden semptomatik ve asemptomatik bal arılarından alınan DKV genomları karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada, deforme ve asemptomatik bal arıları arasında DKV genomlarında tutarlı bir fark bulunmamış; en büyük varyasyonun fenotiplere değil, lokasyonlar arasında gözlemlendiği belirlenmiştir. Tüm örnekler, bir hariç, DKV tip A ile baskın olmuştur. Bu küçük ölçekli çalışma, kanat deformasyonu ile ilişkili özgün bir genetik varyantın olmadığını, ancak birçok DKV varyantının deformiteye neden olma potansiyeline sahip olduğunu önermektedir.

Natsopoulou vd. (2017), DKV-B'nin prevalansının, bal arısı kolonilerindeki kışın iş gücü kaybı ile doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Çalışmalarında, virus enfeksiyonunun bireysel arılarda artan prevalansının, daha yüksek kış ölümlerine yol açtığı gösterilmiştir. Ayrıca, enfekte olmuş kolonilerin ilkbaharda önemli ölçüde azaldığı gözlemlenmiş ve bunun, virusla enfekte olmuş bireylerin kış boyunca öldüğünü düşündürdüğü belirtilmiştir. Elde edilen bulgular, DKV-B'nin, PCR primer bağlanma bölgelerinde DKV-B'yi gösteren A/B rekombinantları ile birlikte, artan kış kayıplarının ana nedeni olabileceğini ortaya koymaktadır. Bu virusun, bal arıları için naif popülasyonlarda ortaya çıkması, ekolojik ve ekonomik açıdan geniş kapsamlı etkiler yaratabileceği vurgulanmıştır.

Roberts vd. (2017), Avustralya genelinde 1.240 *Apis mellifera* kolonisini ters transkripsiyon-polimeraz zincir reaksiyonu (RT-PCR) ve yeni nesil dizileme (NGS) yöntemleri ile incelemişlerdir. Yaygın olan beş virus: siyah kraliçe hücresi virusu (BQCV), sacbrood virusu (SBV), IAPV ve Lake Sinai virusları (LSV1 ve LSV2); bunlardan son üçü, Avustralya'da ilk kez tespit edilmiştir. Ayrıca, örnekleme deforme kanat virusu (DKV) ve yavaş arı paralizi virusu (SBPV) gibi bazı virusların bulunmadığını göstermişlerdir. Bulgular, virusların *Varroa destructor*'dan bağımsız olarak *A. mellifera* popülasyonlarında oldukça yaygın olabileceğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçları uluslararası bir bağlama yerleştirerek, *V. destructor* ve DKV'nin birlikte

patojenik etkileşiminin artan koloni kayıplarının temel bir itici güç olduğunu destekleyen hipotezi güçlendirmişlerdir. Ancak, pestisitler, kötü beslenme gibi ek stres faktörlerinin daha şiddetli ve sık koloni kayıplarının meydana gelmesine yol açabileceğini de vurgulamışlardır.

Barroso-Arévalo vd. (2019), çalışmalarında DKV ve *Varroa destructor* akarının bal arısı kolonilerindeki zayıflama ve kayıplara katkıda bulunduğunu ortaya koymuşlardır. Araştırma, İspanya'nın güneyinde 21 ay süresince kolonilerden alınan örneklerle, dört farklı virusun ve varroa yüklerinin incelenmesiyle yapılmıştır. Bulgular, DKV ve Siyah Kraliçe Hücre virus ile *varroa* enfestasyonunun, kolonilerin canlılıklarıyla negatif bir ilişki gösterdiğini ve koloninin zayıflamasında varroa ile DKV'nin başlıca etkenler olduğunu doğrulamaktadır. Ayrıca, deneyimli arıcılar ve teknisyenlerin koloni gücünü değerlendirmelerinin, kolonilerin sağlığını doğru bir şekilde tahmin edebileceklerini göstermektedir. Bu sonuçlar, DKV ve varroa akarının bal arısı kolonilerindeki zayıflamanın ana nedenleri olduğunu ve bu hastalıkların etkilerini anlamanın, arıcılıkla ilgili uygulamaları iyileştirmek için önemli olduğunu vurgulamaktadır.

De Souza vd. (2019), Brezilya'nın kuzeydoğusunda gerçekleştirdikleri bir araştırmada, *Apis mellifera* ile Brezilya'nın yerli arıları olan *Melipona subnitida* arasındaki DKV prevalansı ve viral yüklerini incelemişlerdir. Çalışmada, DKV tüm kolonilerde tespit edilmiş olup, *M. subnitida*'da A ve C varyantlarının baskın olduğu, *A. mellifera*'da ise yalnızca A varyantının belirgin olduğu gözlemlenmiştir. Viral yükler, sırasıyla *M. subnitida*'da $8.83E+07$ ve *A. mellifera*'da $7.19E+07$ olarak ölçülmüştür. Fernando de Noronha Adası'nda yapılan incelemede, *A. mellifera*'da DKV viral yükü düşük ($1E+03$ 'ün altında) bulunurken, adadaki 9 *M. subnitida* kolonisi yüksek viral yükler ($1.6E+08$) sergilemiştir. Bu bulgu, son 34 yıl içinde DKV'nin bal arılarından yerli arılara geçiş yapmadığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, *M. subnitida* kolonilerinde yaygın olarak tespit edilen DKV-C varyantının, *A. mellifera*'da ise nadiren görülmesi, bu iki tür arasında sınırlı viral alışverişi olabileceğine işaret etmektedir.

Martin ve Brettell (2019), DKV'nin, dünya genelinde en iyi bilinen, yaygın ve yoğun bir şekilde araştırılan böcek patojenlerinden biri haline geldiğini belirtmişlerdir. Önceden yalnızca bal arısı popülasyonlarında bulunan DKV, yeni bir vektör olan dış parazitik akar

Varroa destructor'un küresel yayılımı ile DKV epidemiyolojisinde önemli değişiklikler meydana getirmiştir. Şu anda DKV, bal arılarındaki en yaygın virus olup, 32 ülkede kovanların ve arıcılık alanlarının en az %55'inin enfekte olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, DKV, sekiz böcek takımı ve üç akrep takımı da dahil olmak üzere 65 farklı eklem bacaklı türünde tespit edilmiştir. Bu çalışmada, virusun kapsid yapısının açıklığa kavuşturulmasında kaydedilen önemli ilerlemeler, virusun giderek genişleyen konakçı spektrumu ve DKV genomunun sürekli evrimi ile rekombinantların oluşumunun izlenmesi konularındaki ilerlemeler ele alınmıştır. Moleküler klonların yapımı, DKV ile hücre hatlarında çalışılabilmesi ve immünohistokimya yöntemlerinin geliştirilmesi, araştırma topluluğunun ilerlemesine katkı sağlayacak önemli adımlar olarak değerlendirilmiştir. DKV varyantlarının çoğaldığı dokuların tespiti ve DKV'nin bal arısı dışındaki konakçılardaki etkilerinin anlaşılması ise yeni hedefler arasında yer almaktadır.

Tehel vd. (2019), DKV bal arısı kolonilerindeki artan kayıpların başlıca sebeplerinden biri olarak kabul edilmesinin nedenlerini incelemişlerdir. DKV, iki yaygın genotipe sahiptir: genotip A ve genotip B. Çalışmalarında, genotip B'nin DKV-A'dan daha virulent olduğu yetişkin bal arıları üzerinde gösterilmiş olsa da, bu genotiplerin erken konak gelişim aşamalarındaki karşılaştırmalı etkileri henüz tam olarak bilinmemektedir. Bu çalışmada, bal arısı pupaları deneysel olarak enfekte edilmiş ve DKV-A ile DKV-B'nin ölüm oranı ve kanat deformiteleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Her iki genotip de, yalnızca hafif derecede artmış pupal ölüme neden olmuş (kontrole kıyasla ortalama %18 daha fazla ölüm). Ayrıca, her iki genotip, eclosyon sonrası yetişkinlerde benzer şekilde yüksek kanat deformitelerine yol açmıştır (kontrole kıyasla ortalama %60 daha fazla kanat deformitesi). Viral titre, deneysel olarak enfekte edilen tüm eclosyon sonrası yetişkinlerde yüksekti ve kanat deformitelerinden bağımsızdı. Bu durum, "deforme kanatlar" fenotipinin viral titre veya viral genotip ile doğrudan ilişkili olmadığına işaret etmektedir. Bu viral özellikler, DKV'nin her iki genotipinin de *Varroa destructor* akarının, enfekte pupalarda üremesini sınırlamaması ve böylece *Varroa* ile enfekte olmuş bal arılarında DKV'nin yayılmasını kolaylaştırması ile ilişkilendirilmektedir. Bu çalışma, DKV'nin genetik çeşitliliğini, virusun virülens özelliklerini ve *Varroa* ile etkileşimini daha iyi anlamak adına önemli veriler sunmaktadır.

Norton vd. (2020), DKV genotiplerinin, hem *V. destructor* hem de DKV'ye naif olan Avustralya bal arılarında birikim hızlarının farklı olup olmadığını ve viral yükün bal arısı pupalarındaki mortalite ile ilişkilendirilip ilişkilendirilemeyeceğini araştırmışlardır. DKV-A, DKV-B ve *V. destructor* toleranslı bir bal arısı popülasyonundan izole edilen bir rekombinant suş ile pupalar tek başına ve birlikte enfekte edilmiştir. Enjeksiyon sonrası 192 saate kadar pupasyon boyunca viral birikim izlenmiştir. Birikimde önemli farklılıklar bulunmuş ve DKV-A, DKV-B ve DKV-rekombinanttan çok daha düşük yüklerle birikmiştir. Ayrıca rekabet kanıtları da bulunmuş; DKV-B yükleri, DKV-A'nın varlığında önemli ölçüde azalmış ancak yine de en yüksek yüklerde birikmiştir. Önceki çalışmalara ters olarak, DKV-A ve DKV-B ile enjeksiyon yapılan pupalar arasında virülens açısından önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. DKV-B ($0.4\% \pm 0.33$ SE) ve DKV-rekombinant ($2.2\% \pm 0.83$ SE) enjeksiyonu ile ilişkili mortalite, DKV-A ($11\% \pm 1.2$ SE) ile gözlemlenen mortaliteden önemli ölçüde daha düşük bulunmuştur. Sonuçlar, DKV-B ile enfekte olmuş pupaların daha yüksek bir oranının yetişkin olarak çıkacağını, DKV-A'ya kıyasla öne sürebilir. Genel olarak veriler, pupalarda düşük mortalite ve DKV-B'nin, koenfeksiyon durumunda bile DKV-A'ya kıyasla daha yüksek yüklerde birikme yeteneğinin, *V. destructor* tarafından vektör ile bulaşma için uygun bir durum oluşturabileceğini ve bu durumun küresel çapta DKV-B'nin artan prevalansına katkıda bulunan faktörlerden biri olabileceğini göstermektedir.

Riveros vd. (2020), Şili arıcılıklarındaki bal arılarında DKV varyantlarının prevalansı, yükü ve rekombinant genotiplerini incelemişlerdir. Ayrıca, *Varroa destructor*'a karşı tedavi edilen ve edilmeyen kolonilerde viral yükü karşılaştırmışlardır. Özel primerler kullanarak yapılan gerçek zamanlı PCR ile DKV-A'nın Şili genelinde en yaygın varyant olduğunu (%71) ve DKV-B'ye kıyasla daha yüksek bir düzeyde bulunduğunu (yaklaşık %3 prevalans) belirlemişlerdir. Özellikle kuzey Şili'de DKV-A'nın viral yükü, DKV-B'ye kıyasla neredeyse 60 kat daha fazla bulunmuştur. Viral yük, yalnızca Metropolitana, Biobío/Ñuble ve Los Ríos bölgelerinde tedavi edilen kolonilerde daha düşük olarak gözlemlenmiştir. DKV-C genotipi ve rekombinantlar tespit edilmemiştir. Bu durum, viral rekombinant olaylarının sınırlı olduğunu ve DKV-B'nin şu anda bal arısı kovanlarında hala nadir olduğunu düşündürmektedir. Bu araştırmanın, Şili'de DKV-B'yi içeren ilk çalışma olduğu belirtilmiştir.

De Souza vd. (2021), Güney Afrika'da DKV genotiplerinin A, B ve C'nin yaygınlığını ve viral yüklerini incelemiş ve elde ettikleri bulguları Brezilya, Birleşik Krallık ve ABD'den alınan son verilerle karşılaştırmışlardır. Araştırma sonuçları, Güney Afrika'da en yaygın genotipin DWV-B olduğunu, ancak toplam DKV viral yükünün Kuzey Yarımküre'deki viral yüklere kıyasla ($2.8E+07$ vs. $2.7E+10$, $p > 0.00001$) anlamlı derecede daha düşük olduğunu ortaya koymuştur. Viral yükteki bu fark, Brezilya ve Güney Afrika'daki varroa akarlarına karşı gösterilen direnç ile açıklanabilmektedir; çünkü akarların, yoğun viral yük taşıyan hücreleri bal arıları tarafından temizlenmekte, bu da kolonilerin viral yükünü düşürmektedir. Bu davranış, Kuzey Yarımküre'deki çoğu bal arısında çok daha az gelişmiş durumdadır. Parazitik varroa akarları tarafından taşınan DKV'nin, Kuzey Yarımküre'deki milyonlarca koloni çöküşüyle ilişkilendirildiği bilinmektedir. Ancak, Güney Yarımküre'de varroa akarlarının bulunmasına rağmen, enfekte kolonilerin hayatta kalabildiği bildirilmiştir.

Grindrod vd. (2021), DKV ve *Varroa destructor*'un birleşiminin, günümüzde batı bal arıları (*Apis mellifera*) için karşılaşılan en büyük tehditlerden biri olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmalarında, Varroa'nın DKV ile olan ilişkisi, virus çeşitliliğini azaltarak bal arısı popülasyonlarındaki DKV yüklerini artırmıştır. Varroa'nın gelişiminin ardından, Oahu ve Big Island gibi Varroa ile enfekte olmuş Hawaii Adaları'nda, DKV-A) giderek baskın hale gelmiştir. Ancak, orijinal çalışmadan tam 10 yıl sonra yapılan incelemelerde, DKV popülasyonunun bir kez daha değiştiği ve RDpP kodlama dizisini taşıyan DKV-B varyantlarının, DKV-A RdRp dizisi taşıyan varyantlarla birlikte, Oahu ve Big Island'daki Varroa ile enfekte adalarda birlikte baskın hale gelmeye başladığı bulunmuştur. Diğer çalışmalara dayalı spekülasyonlara göre, bu durum, bal arısı kolonileri içinde daha iyi iletilebilen bir varyant olan DKV-B'nin tamamen baskın hale gelme yolunda bir aşama olabilir.

Kevill vd. (2021) çalışmalarında, DKV'nin dünya çapında bal arısı popülasyonlarının azalmasıyla ilişkilendirildiğini belirtmişlerdir. DKV, her biri bal arısı üzerinde farklı sonuçlar doğuran üç ana varyanta (DKV-A, DKV-B ve DKV-C) sahiptir. ABD'deki araştırmalar, 2010 ile 2016 yılları arasında bal arısı kolonilerinde DKV-A'dan DKV-B'ye doğru bir geçiş olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde, Birleşik Krallık'ta 2007 yılında yapılan küçük bir çalışmada yalnızca DKV-A bulunmuşken, 2016'da en baskın varyantın

DKV-B olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, Birleşik Krallık'ta 2007 ile 2016 yılları arasında DKV-A'dan DKV-B'ye doğru bir geçişin yaşanmış olabileceğini göstermektedir. Bu konuyu daha ayrıntılı araştırmak amacıyla, 2009/10 yıllarında toplanan örnekler (n = 46) ile 2016 yılındaki mevcut veriler (n = 42) karşılaştırılmıştır. Bu örnekler, ayrıca Varroa tedavisi görmüş (yönetilen) ve Varroa tedavisi görmemiş koloniler arasındaki DKV varyantlarını karşılaştırmaya olanak sağlamıştır. Sonuçlar, Birleşik Krallık'ta DKV-A'nın 2009/10'da %87 oranında, 2016'da ise %43 oranında daha yaygın olduğunu göstermiştir. Buna karşın, DKV-B, 2009/10'da %76 oranında, 2016'da ise %93 oranında daha yaygın hale gelmiştir. Kolonilerin Varroa tedavisi görüp görmemesine bakılmaksızın, DKV-A'dan DKV-B'ye doğru aynı eğilimin gözlemlendiği tespit edilmiştir. Genel olarak, sonuçlar, Birleşik Krallık'taki kolonilerde DKV-A'nın azalırken, DKV-B'nin arttığını ortaya koymaktadır.

Gürçay ve Kutlu (2022), bal arılarının önemli virusları konulu literatür çalışmalarında, bal arılarına özgü virusları, bu virusların bal arılarına bulaşma yollarını ve bunların bal arısı kolonileri üzerindeki etkilerini vurgulamışlardır. Bal arılarının viruslarla enfekte olabilmesi için, bu virusların spesifik reseptörleri taşıyan hücrelerde çoğalmaları gerektiği belirtilmiştir. virusun çoğalması sonucunda, hedef hücrelerde çeşitli değişiklikler meydana gelmektedir. Bu değişiklikler arasında hücrenin ölümüne yol açan disintegrasyon, hücrenin hayatta kalıp sürekli olarak virus yayması, hücrenin genetik yapısındaki değişiklikler, hücrenin sürekli olarak çoğalması ve virusun hücrede saklanması yer almaktadır. DKV, arıların gelişim sürecinde kanat oluşum hücrelerinde çoğaldığında, bu hücreler üzerindeki etkiler nedeniyle yetişkin arılarda kanat deformasyonuna yol açmaktadır. Kanatları deforme olan arılar uçamazlar, bu da onların beslenmelerini engelleyerek ölümlerine neden olmaktadır. Bu literatür özetinin amacı, bal arılarına özgü virusları, bu virusların bal arılarına bulaşma yollarını ve bunların bal arısı kolonileri üzerindeki etkilerini vurgulamaktır.

Paxton vd. (2022), 2008-2021 dönemi boyunca DKV-A ve DKV-B'nin dağılımı ve prevalansı üzerine yayımlanmış sonuçları sentezlemiş ve Almanya, İtalya ve Birleşik Krallık'tan yeni veriler sunarak DKV-B'nin 2004'te ilk tanımlanmasından bu yana dünya çapında hızla yayıldığını ve DKV-A'yı potansiyel olarak yer değiştirdiğini öne sürmüşlerdir. Her iki genotip de vahşi arı türlerinde de tespit edilmiştir. Basit bir

matematiksel model temelinde, aynı konağı aynı anda enfekte eden viral genotipler arasındaki etkileşimin, epidemiyolojilerini anlamada önemli bir faktör olduğunu vurgulamışlardır. Genotip yer değiştirmesinin arıcılık ve vahşi polinatör türleri üzerindeki sonuçlarını tartışmışlardır. Son yirmi yılda, özellikle ılıman bölgelerde koloni kayıplarının artışının büyük ölçüde egzotik dış parazit akar olan *Varroa destructor* ve bu akar tarafından taşınan DKV ile ilişkilendirildiği düşünülmektedir. DKV şu anda iki ana genotip olarak mevcuttur: eskiden yaygın olan DKV-A ve daha yakın zamanda tanımlanan ve hızla yayılmaya devam eden DKV-B. Bu durum, viral evrimi ve bir viral varyantın diğer bir varyant tarafından nasıl yer değiştirdiğini anlamak için mükemmel bir sistem sunmaktadır.

Usta ve Yıldırım (2022), Burdur yöresinde yaptıkları çalışmada, 15 arıcılık işletmesinden alınan 31 farklı kovan örneği üzerinde virolojik analizler yapmışlardır. Bu çalışmada, DKV, Siyah Kraliçe Hücresi virusu (SKHV) ve AAFV enfeksiyonlarının prevalansı sırasıyla %74,19, %25,81 ve %74,19 olarak belirlenmiştir. Araştırmada ayrıca, bu virusların kolonilerdeki yayılımı ve birden fazla virusun bir arada bulunma oranları da incelenmiştir. Çalışmaya dahil edilen örneklerden 12'sinin (%38,71) sadece bir virusa, 9'unun (%29,03) iki virusa (DKV ve AAFV) ve 8'inin (%25,81) üç virusa karşı pozitif olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Burdur yöresindeki bal arılarında DKV, SKHV ve AAFV viruslarının varlığını ve bu virusların bir arada bulunmasının kolonilerin sağlık durumunu olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir. Bu çalışma, Burdur bölgesindeki arı popülasyonlarında bu üç virusun varlığını raporlayan ilk çalışma olma özelliğine sahiptir. Çalışmanın sonuçları, bu enfeksiyonların kontrolü için yerel arıcılıkta ciddi önlemler alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

Gürçay (2023), virusların bal arısı koloni sağlığı üzerindeki etkilerini incelediği literatür çalışmasında, bal arısı kolonilerinde virusların arı sağlığı üzerindeki etkilerine dikkat çekmiş ve yetiştiricilerin rutin uygulamalarında kolonilerin viruslarla bulaşmasını engellemeleri gerektiğini vurgulamıştır. Böylece, iyi arıcılık uygulamaları ve biyogüvenlik ile hijyen kurallarına uygun hareket edilerek daha verimli üretimin gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Virusların, DNA veya RNA taşıyan, organelleri bulunmayan ve yaşamlarını sürdürebilmek için canlı hücrelere ihtiyaç duyan etkenler olduğu belirtilmiştir. Bal arılarına virus bulaşması genellikle, biyolojik vektör olan

Varroa destructor parazitleri aracılığıyla doğrudan veya dolaylı yoldan gerçekleşmektedir. Çeşitli çalışmalar, parazit yoğunluğunun ve hijyen koşullarının yetersizliğinin, bal arılarında virus bulaşma oranlarını etkilediğini bildirmiştir. virus yoğunluğunun arttığında, koloni verimliliğinin azaldığı ve hastalıklara karşı direnç seviyesinin düştüğü ifade edilmiştir. Bu durum sonucunda, koloni sönmesinden farklı oranlarda ergin arı kayıplarına kadar çeşitli klinik belirtilerin ortaya çıkabileceği vurgulanmıştır. Bu bağlamda, virusların bal arısı kolonileri üzerindeki etkilerinin farklı seviyelerde görüldüğü bildirilmiştir.

Öz vd. (2023), Türkiye'nin İç Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri'ndeki bal arısı kovanlarında DKV ana varyantlarının tespit edilmesi ve bu virus genotiplerinin, bal arısı kolonilerinde gözlemlenen klinik belirtilerle olan ilişkilerinin incelenmesini amaçlamışlardır. Çalışmada, 2019 yılının ilkbahar-yaz ve sonbahar sezonlarında, Aksaray, Isparta, Karaman, Konya ve Niğde illerinden aynı 25 kovandan yetişkin bal arıları toplanmıştır. DKV'ye özgü nükleik asit ve DKV genotipleri, sırasıyla DKV gerçek zamanlı RT-PCR testi ve ABC analiziyle tespit edilmiştir. DKV enfeksiyonu, örneklerin alındığı her mevsimde tespit edilmiştir. Birçok koloni de klinik bulgu gözlemlenmezken, bazı arılıklarda kanat deformasyonu, titreme, felç, karında şişlik, verim kaybı ve ölü arılar gibi belirtiler gözlemlenmiştir. Erişkin bal arılarında DKV-A, DKV-B ve DKV-C genotiplerinin yaygınlık oranları sırasıyla %62, %82 ve %24 olarak belirlenmiştir. Kovanlarda baskın genotip olarak DKV-B ana varyantı (%98) tespit edilmiştir. Ayrıca, DKV-A ana varyantının virus yükü, kışlama kayıplarının görüldüğü bal arısı kovanlarının tamamında yüksek olmuştur. Türkiye'deki arı kovanlarında sirküle eden DKV ana varyantlarının mevcut durumu ve bu varyantların bal arısı kolonileri üzerindeki etkileri ile ilgili elde edilen bulgular, ilk kez bu çalışmada rapor edilmiştir. Bu veriler doğrultusunda, Türkiye'deki arı kovanlarında yıl boyunca değişken oranlarda verim kayıplarına yol açan DKV'nin dikkatlice izlenmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Bu çalışmanın amacı, DKV'nin Elazığ ve çevresinde yetiştirilen arı kolonilerinde, arı kayıplarındaki katkısının ortaya konulmasıdır.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. Etik Kurul Beyanı

Bingöl Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulunun 30.04.2025 tarih ve E-85680299-020-209356 sayılı karar doğrultusunda çalışma yürütülmüştür.

3.2. Araştırma İçin Örneklerin Temin Edilmesi

Bu araştırmada Elazığ bölgesi içerisinde arıların viral hastalığı DKV'nin tespit edilmesi amacıyla Mart- Haziran ayları arasında örneklemeler yapıldı. Bunun için Elazığ ve köylerinde (Sarıtaş, Kale, Topalkem, Sekman, Hacı Hüseyinler, Uslu, Başkaynak, Bademli, Çakırkaş) bulunan 3391 kovanlı, 14 arı kolonisinden örnekleme yapılarak erkek ve dişi arı larva ve ergin işçi arı örnekleri, soğuk zincirde muhafaza edilerek laboratuvara getirildi (Tablo 3.1).

Elazığ ili ve çevresinden bal arısı kolonilerinde arı ölümlerinin görüldüğü kolonilerden deforme kanat virusu aranması için arı numunesi alınan merkezler Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Arı numunesi alınan merkezler

Sıra No	Numune Alınan Merkez	Kolonideki Kovan Sayısı	Larva Numuneleri (n)		
			Erkek Arı	İşçi Arı	Ölü Ergin İşçi Arı
1	Yukarı Mezra/Sarıtaş Köyü/Baskil/Elazığ	130	2	5	10
2	Aşağı Mezras/Sarıtaş Köyü/Baskil/Elazığ	80	2	3	12
3	Kale Köyü/ Baskil/Elazığ	255	3	3	8
4	Topalkem Köyü/ Baskil/Elazığ	232	4	3	9
5	Sekman Köyü/ Baskil/Elazığ	40	5	3	13
6	Hacı Hüseyinler Köyü/ Baskil/Elazığ	133	2	3	12
7	Gümüşkavak Mah./ Merkez/Elazığ	90	0	3	14
8	Gümüşkavak Mah./ Merkez/Elazığ	25	3	0	14
9	Kesrik Mah./ Merkez/Elazığ	32	5	0	10
10	Uslu Köyü/ Sivrice/Elazığ	624	5	0	10
11	Başkaynak Köyü/ Sivrice/Elazığ	433	0	0	20
12	Bademli Köyü/ Ağın/Elazığ	247	0	0	18
13	Çakırkaş Köyü/ Kovancılar/Elazığ	234	0	0	15
14	Çakırkaş Köyü/ Kovancılar/Elazığ	836	0	0	18
	TOPLAM	3391	31	23	183

Pozitif kontrol örneği, Pendik Veteriner Kontrol Enstitüsü'nden temin edilmiştir. Araştırmada kullanılan primer çiftleri ise Tablo 3.2'de ayrıntılı olarak belirtilmiştir.

Tablo 3.2. Çalışmada kullanılan primer çifti

Etken	Primer Çiftleri	Amplikon Uzunluğu	Kaynak
DKV-F	TGGTCAATTACAAGCTACTTGG	269 bp	Sguazza vd., 2013
DKV-R	TAGTTGGACCAGTAGCACTCAT		

Çalışmada kullanılan materyali, arı işletmelerinden temin edilen bal arısı (*Apis mellifera*) kolonilerine ait ergin erkek arılar, işçi arılar ve larva örnekleri oluşturmaktadır. Bu örnekler, soğuk zincir koşulları korunarak laboratuvara taşınmıştır.

3.3 Yöntem

3.3.1. Arı Örneklerinin Test İçin Hazırlanması

Toplanan arı örnekleri soğuk zincir altında laboratuvara getirildi. Sahadan toplanan 10'ar adet erişkin ve larval dönemdeki arı örnekleri, bir numune kabul edilerek gruplandırıldı. Örnekler steril bir havanda 9 ml antibiyotikli 9 ml Eagle (EMEM) (Sigma, U.K.) ile ezilerek homojenize edildi. Daha sonra 15 ml'lik falkon tüplere aktararak 30 dakika 3500 rpm'de ve 4°C'de santrifüj edildi ve süpernatantlar nükleik asit ekstraksiyonu için steril endorflara aktarıldı ve ekstraksiyon işlemine kadar -80°C'de saklandı.

3.3.2. RNA Ekstraksiyonu

Hazırlanan süpernatantlar total nükleik asit (DNA ve RNA) (High Pure Viral Nükleik Asit Kit, Almanya) ticari ekstraksiyonu kitin prosedürene bağlı kalınarak total nükleik asit ekstraksiyonu (MagNA Pure LC Total Nükleik Asit İzolasyon Kiti, Almanya) yapıldı. Nükleik asit ekstraksiyonu için elde edilen süpernatantlardan 200 µl alındı. Ekstraksiyon işlemi üretici firmanın belirtmiş olduğu prosedüre göre gerçekleştirildi ve bu numunelerden elde edilen RNA örnekleri tekrar kullanılıncaya kadar -80°C'de saklandı.

3.3.3. RT-PCR Testi ve PCR Ürünlerinin Agaroz Jel Elektroforezi

Qiagen One Step RT-PCR kit (Cat. No./ID: 210212) kitin posedürüne uygun olarak testler yapıldı. Öncelikle her iki primerin 10 pmol/μl konsantrasyonunda çalışma stokları hazırlandı. Buna göre ticari RT-PCR kit prosedürü dikkate alınarak testin yapılışı gerçekleştirildi. Aşağıdaki tabloda detayları verilen 20 μl'lik reaksiyon hacminde ve ısı şartlarında RT-PCR işlemi gerçekleştirildi.

Tablo 3.3. RT-PCR tekniğinde kullanılan PCR karışımı

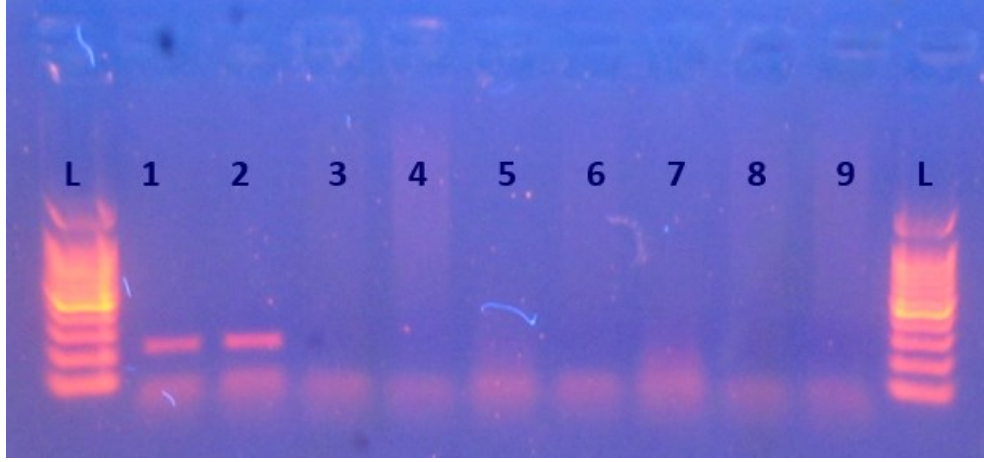
Karışım	Hacim (μl)
Deiyonize su	5,4 μl
5x	4 μl
Q sol	4 μl
Forward Primer (10 pmol/μl)	1 μl
Reverse Primer (10 pmol/μl)	1 μl
DNTP	0,8 μl
Enzim mix	0,8 μl
RNA	3 μl
Total	20 μl

Tablo 3.4. RT-PCR tekniğinde kullanılan ısı protokolü

Evre	Isı	Zaman	Siklus
cDNA	50°C	30 dk	1
İlk Denatüraston	95°C	15 dk	1
Denatüraston	95°C	20 sn	45
Bağlanma	56°C	20 sn	45
Uzama	72°C	30 sn	45
Son Uzama	72°C	10 dk	1

Amplifikasyon ürünlerinin görüntülenmesi amacıyla, ethidium bromide içeren (Sigma, ABD) %1'lik agaroz jel (Prona, EU) hazırlandı. Hem tank tamponu hem de agaroz jel hazırlanmasında TAE (Tris Asetat-Ethylenediaminetetraacetic acid) tamponu kullanıldı. 0,5 x TAE solüsyonu içinde ısı yardımıyla (mikro dalga fırın) çözülen agaroz, yaklaşık 50-55 °C'ye kadar soğutulduktan sonra, üzerine 0,5 μg/ml oranında ethidium bromide (Sigma, ABD) konuldu ve karıştırıldı. Jel tarakları yerleştirilmiş olan jel taşıyıcısına bu

karışım döküldü. Yaklaşık 15 dakika sonra donmuş jelden taraklar çıkarılıp, jel taşıyıcı tanka yerleştirildi. PCR ürünleri yükleme boyası (6x Loading Dye, Fermentas, Litvanya) ile 1 kısım boya + 5 kısım PCR ürünü olacak şekilde karıştırılarak agaroz jele yüklendi. Ürün büyüklüğünün yaklaşık olarak belirlenebilmesi için 100 bp'lik marker (Ladder) (Fermentas, Litvanya) solüsyonundan (1 kısım stok marker + 1 kısım yükleme boyası + 4 kısım su) en dıştaki kuyucuklara 1 µl yüklendi. Daha sonra ürünler yaklaşık 30 dakika, 8 Volt/cm elektrik akımına tabi tutuldu ve ultraviyole ışık altında görüntülendi.



Şekil 3.1. Pozitif Kontrol, Negatif Kontrol ve Ekstraksiyon Ürünlerinin Jel Elektroferez Görüntüsü (L: Ladder 100 bp, 1: Ekstraksiyon Pozitif Kontrol, 2: PCR Pozitif Kontrol, 3: Negatif Kontrol, 4-9: Saha Ekstraksiyon Ürünleri)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Elazığ'ın Merkez, Ağın, Baskil, Kovancılar ve Sivrice ilçelerinden arı ölümlerinin olduğu kolonilerden sağlanan hiç bir numunede DKV'nin nükleik asidi tespit edilmedi.

Bal arısı (*Apis mellifera*) yetiştiriciliği, kolonilerinin bulunduğu yere göre nektar akımının bol olduğu dönemde tarlacı arı mevcudunun en üst düzeyde olması, bol miktarda bal, polen, arı sütü üretiminin fazla olması insan beslenmesinde önemli gıda maddesi üretimi yanında, bitkilerde tozlaşma yapması nedeni ile, bitkisel üretimin kalitesi ve miktarının artmasına da neden olmaktadır. Arıcılık faaliyeti tamamen bölgenin bitki flora çeşitliliği ve potansiyeline dayalı bir üretim biçimidir. Bu faaliyet bilimsel ve teknolojik gelişmelere göre yapılması üretimde verimliliği artırır. Bu bağlamda, bakım besleme yanında, hastalık ve parazitlere dayanıklı arı soy ve hatlarından yararlanma, koloni yönetimi bir plan ve program dahilinde yapma sağlıklı, nitelikli bol üretim imkanı sağlar. Gezin arıcılık ile birlikte son yıllarda sebebi bilinmeyen koloni sönmesi, arı ölümleri ve koloni verim kayıplarının sıkça yaşanması sonucu, kayıplarda sebep araştırılmasına bağlı olarak bal arısı virusları üzerine daha çok çalışma ihtiyacı doğurmuştur (Sancak vd., 2013). Viruslar zorunlu hücre içi paraziti olup, bal arılarını larva, pupa ve ergin dönemlerinde enfekte edebilir. Bal arısı biyolojik gelişme sürecinin bir döneminde virusla karşılaşması mümkün olmaktadır. virus bulaşması koloni yönetimi ile ilgili olup, üretim aşamasının bir döneminde viruslarla bulaşık gıdalar, üretimde kullanılan ekipmanlar, bal arısı çiftleşmesi ve bal arılarına zarar veren biyolojik vektörlerle olmaktadır. virusla enfeksiyona yakalanan larva, pupa ve ergin bal arısı hücrelerinde virus çoğalmasına bağlı olarak, virus çoğalan hücrenin erimesine bağlı olarak, bal arılarında eriyen hücre fonksiyon bozukluklarına neden olur (Gürçay, 2019). Akut arı felci virusu, Kronik arı felci virusu bal arılarında sinir sistemi hücrelerinde felç oluşmasına neden olur. Deforme kanat virusu kanat oluşum hücrelerini eritmesi sonucu kanatları deforme olmuş veya kanatsız ergin arı oluşumuna neden olarak arı ölümlerini oluştururlar. Bu durum bal arısı kolonisini etkileyerek üretimde verimliliği azaltır (Gürçay, 2019).

Yue vd. (2007), yaptıkları çalışmada DKV'nin *V. destructor* tarafından bulaştırılan klinik semptomlar ve koloni çöküşüne neden olan bal arılarının viral bir patojeni olduğunu, *V. destructor* yokluğunda bal arılarda görünür enfeksiyonlara neden olmadığını ifade etmiştir. virusun bal arısı kolonilerinde vertikal bulaşmasının olduğunu, kraliçelerden ve erkek arılardan erkek arılara ve işçi yavrularına sırasıyla döllememiş ve döllemiş larvalar aracılığıyla dikey DKV iletimi gösterildi. Döllemiş larvalardaki viral dizilerin tespiti, bulaşın kraliçeden kaynaklanabileceği gibi, DKV pozitif sperm yoluyla da erkek arılardan kaynaklanacağını bildirmiştir.

Martin vd. (2013), DKV'nin dünya çapında milyonlarca bal arısı kolonisinin çöküşüne neden olmasını *V. destructor* akarı varlığında neden olduğunu bildirmiştir. Bu konuda yapılan birçok çalışma *V. destructor* ile bal arısı viral patojenleri arasında etkileşimin olduğunu, özellikle 1998 yılında İngiltere'de varroa istilasına birlikte DKV koloni çöküşünde temel patojen olarak etki etmiştir.

Barroso-Arévalo vd. (2019), da yaptıkları çalışmada DKV'nin bal arısı kolonilerinde kayıplara neden oluşunun *V. destructor* akarı ile ilişkilendirmiştir. DKV ve *V. destructor* Güney İspanya'da bal arısı kolonisi canlılığının ve koloni gücünün zayıflamasına önemli ölçüde etki yaptığını bildirmişlerdir.

Usta ve Yıldırım (2022) ve Öz vd. (2023), yaptıkları çalışmalarda DKV'nin varlığını Burdur, Aksaray, Isparta, Karaman, Konya ve Niğde illerinde Bal arısı kolonilerinde farklı oranlarda varlığını tespit etmişlerdir. Kutlu vd. (2024) Şırnak ili Uludere ilçesinde bal arılarında görülen ölümlerin nedenini araştırmak için yaptığı çalışmada, Yemişli, Ortaköy, Andaç ve Dapdibi bölgelerinden ölü ergin arı numunelerinde Real-Time PCR test ile DKV genom varlığını araştırmışlar, bu virusun genomuna rastlamamışlardır. Bu çalışmada da bal arısı ölümlerinin görülmediği Elazığ ve çevresinde yetiştiricilik yapılan arı kolonilerinden sağlanan ölü ergin arı, erkek arı ve işçi arı larvalarında yapılan RT-PCR testi sonucunda DKV genomuna rastlanmamıştır. Kutlu vd. (2024)'nin yaptığı çalışma sonuçları ile bu çalışma sonuçları paralellik göstermektedir. DKV'nin varlığı *V. destructor* akarı istilasına ile ilişkilendirilmesi, çalışmanın yapıldığı kolonilerde bu akarın mücadelesinin sağlıklı bir şekilde yapıldığı ile ilişkilendirilmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bal arılarında arı ölümü, kovandaki bal arısı aktivitesinin azalması ve kovan sönmesine kadar varan kayıpların oluşmasına arı virusları enfeksiyonları neden olabilmektedir. Bu enfeksiyonların bulaşmasında ve kolonide hastalık oluşturmada *Varroa destructor* adlı ektoparazit akarın mevcudiyeti etkili olmaktadır. Varroa akarının biyolojik vektör olması, ilk olarak DKV ve AAFV gibi patojenlerin bal arısı kolonilerinde yayılmasında rol oynadığı kanıtlanmıştır. Bal arılarına virusların bulaşması varroa akarı aracılığı ile biyolojik taşınma şeklinde olduğu gibi, vertikal bulaşma yolu ile ebeveynlerle bulaşık larva ve spermle de olmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar bal arılarındaki varroa akarı enfestasyonu ile virus enfeksiyonu yoğunluğu paralel olarak orantılı bulunmuştur. Yani varroa akarı yoğunluğu ile arıların taşıdığı viral yükler arasında güçlü bir pozitif korelasyon belirlenmiştir. Varroa akarı istilası olmayan kolonilerdeki bal arılarında da DKV'ye rastlanmamıştır. Bu araştırma sonuçlarına göre örnekleme yapılan bölgede DKV virusuna rastlanmaması Varroa mücadelesinin bölgede yapıldığını kanıtlamaktadır. DKV'nin bal arısı kolonilerinde sebep olduğu, kolonide yavru üretimi ve ergin arı popülasyonunda azalma, arıların uçuş etkinliğinin düşmesi, tarlacılık etkinliğinin azalması, enfeksiyonlara karşı doğal direncin kaybolması, yaşam süresinin kısalması, tek kanatlılık, küçük kanat, küçük abdomen, pupa ölümleri, arılarda canlı ağırlık ve protein kaybı, koloni gelişme hızında ve üretim etkinliğinde azalma, erkek arılarda sperm üretiminde düşme ve kış kayıplarının artması şeklinde etkilerinin ortadan kaldırılması için biyolojik bulaşmaya neden olan ve hastalık belirtilerinin ortaya çıkmasını sağlayan varroa enfestasyonuna karşı etkili bir mücadele stratejisinin belirlenerek uygulanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Bailey, L. and Ball, B. V. (1991). *Honeybee pathology*. Academic Press.

Bailey, L., Ball, B. V., Carpenter, J. M. and Woods, R. D. (1980). Small virus-like particles in honey bees associated with chronic paralysis virus and with a previously undescribed disease. *Journal of General Virology*, 46(1), 149-155.

Barroso-Arévalo, S., Fernández-Carrión, E., Goyache, J., Molero, F., Puerta, F. and Sánchez-Vizcaíno, J. M. (2019). High load of deformed wing virus and *Varroa destructor* infestation are related to weakness of honey bee colonies in Southern Spain. *Frontiers in microbiology*, 10, 1331.

Bowen-Walker, P. L., Martin, S. J. and Gunn, A. (1999). The transmission of deformed wing virus between honeybees (*Apis mellifera*) by the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni*. *Journal of invertebrate pathology*, 73(1), 101-106.

Brettell, L. E., Mordecai, G. J., Schroeder, D. C., Jones, I. M., Da Silva, J. R., Vicente-Rubiano, M. and Martin, S. J. (2017). A comparison of deformed wing virus in deformed and asymptomatic honey bees. *Insects*, 8(1), 28.

Cagirgan, H. and Yazici, H. (2020). Molecular detection of honey bee viruses in Turkish *Apis mellifera* colonies. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 44(2), 101-109.

Carreck, N. L., Ball, B. V. and Martin, S. J. (2010). Honey bee colony collapse and changes in viral prevalence associated with *Varroa destructor*. *Journal of Apicultural Research*, 49(1), 93-94.

Chen, Y. (2011). Viruses and viral diseases of the honey bee, *Apis mellifera*. Recent Advances in Entomological Research: *From Molecular Biology to Pest Management*, 105-120.

Chen, Y., Evans, J. and Feldlaufer, M. (2006). Horizontal and vertical transmission of viruses in the honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of invertebrate pathology*, 92(3), 152-159.

De Souza, F. S., Allsopp, M. H. and Martin, S. J. (2021). Deformed wing virus prevalence and load in honeybees in South Africa. *Archives of Virology*, 166(1), 237-241.

De Souza, F. S., Kevill, J. L., Correia-Oliveira, M. E., de Carvalho, C. A. and Martin, S. J. (2019). Occurrence of deformed wing virus variants in the stingless bee *Melipona subnitida* and honey bee *Apis mellifera* populations in Brazil. *Journal of General Virology*, 100(2), 289-294.

De Prisco, G., Zhang, X., Pennacchio, F., Caprio, E., Li, J., Evans, J. D. et al. (2011). Dynamics of persistent and acute deformed wing virus infections in honey bees, *Apis mellifera*. *Viruses*, 3(12), 2425-2441.

Grindrod, I., Kevill, J. L., Villalobos, E. M., Schroeder, D. C. and Martin, S. J. (2021). Ten years of deformed wing virus (DWV) in Hawaiian honey bees (*Apis mellifera*), the dominant DWV-A variant is potentially being replaced by variants with a DWV-B coding sequence. *Viruses*, 13(6), 969.

Gürçay, M. (2019). Bal Arısı ve Bal Arısı Koloni Sağlığını Etkileyen viruslar. Uluslararası Arıcılık Araştırmaları ve Sürdürülebilir Kırsal Kalkınma Stratejileri Kongresi, 11.13. Ekim 2019, Bingöl, Türkiye.

Gürçay, M. (2023). Virusların Bal Arısı Koloni Sağlığı Üzerindeki Etkileri. *Journal of BinBee Apicultural and Natural Products*, 7.

Gürçay, M. ve Kutlu, M. A. (2022). Bal Arılarının Önemli virusları. *Uluslararası Gıda Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 2(2), 29-41.

Highfield, A. C., El Nagar, A., Mackinder, L. C., Noël, L. M. L., Hall, M. J., Martin, S. J. and Schroeder, D. C. (2009). Deformed wing virus implicated in overwintering honeybee colony losses. *Applied and environmental microbiology*, 75(22), 7212-7220.

Kevill, J. L., Stainton, K. C., Schroeder, D. C. and Martin, S. J. (2021). Deformed wing virus variant shift from 2010 to 2016 in managed and feral UK honey bee colonies. *Archives of Virology*, 166, 2693-2702.

Khongphinitbunjong, K., de Guzman, L. I., Rinderer, T. E., Tarver, M. R., Frake, A. M., Chen, Y. and Chantawannakul, P. (2016). Responses of Varroa-resistant honey bees (*Apis mellifera* L.) to Deformed wing virus. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 19(4), 921-927.

Kutlu, M. A., Gürçay, M., Sait, A., Türkdogan, M. ve Demir, M. (2024). Şırnak İlının Uludere Yöresinde Görülen Arı Ölümünün Real Time RT-PCR İle Araştırılması. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 11(1), 260-266.

Martin, S. J. and Brettell, L. E. (2019). Deformed wing virus in honeybees and other insects. *Annual review of virology*, 6(1), 49-69.

Martin, S. J., Ball, B. V. and Carreck, N. L. (2010). Prevalence and persistence of deformed wing virus (DWV) in untreated or acaricide-treated *Varroa destructor* infested honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *Journal of Apicultural Research*, 49(1), 72-79.

Martin, S. J., Ball, B. V. and Carreck, N. L. (2013). The role of deformed wing virus in the initial collapse of varroa infested honey bee colonies in the UK. *Journal of Apicultural Research*, 52(5), 251-258.

Natsopoulou, M. E., McMahon, D. P., Doublet, V., Frey, E., Rosenkranz, P. and Paxton, R. J. (2017). The virulent, emerging genotype B of Deformed wing virus is closely linked to overwinter honeybee worker loss. *Scientific Reports*, 7(1), 5242.

Norton, A. M., Remnant, E. J., Buchmann, G. and Beekman, M. (2020). Accumulation and competition amongst deformed wing virus genotypes in naïve Australian honeybees provides insight into the increasing global prevalence of genotype B. *Frontiers in Microbiology*, 11, 620.

Paxton, R. J., Schäfer, M. O., Nazzi, F., Zanni, V., Annoscia, D., Marroni, F. et al. (2022). Epidemiology of a major honey bee pathogen, deformed wing virus: potential worldwide replacement of genotype A by genotype B. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 18, 157-171.

Riveros, G., Arismendi, N., Zapata, N., Evans, D., Pérez, I., Aldea, P. and Vargas, M. (2020). Occurrence, prevalence and viral load of deformed wing virus variants in *Apis mellifera* colonies in Chile. *Journal of Apicultural Research*, 59(1), 63-68.

Roberts, J. M., Anderson, D. L. and Durr, P. A. (2017). Absence of deformed wing virus and *Varroa destructor* in Australia provides unique perspectives on honeybee viral landscapes and colony losses. *Scientific reports*, 7(1), 6925.

Ryabov, E. V., Wood, G. R., Fannon, J. M., Moore, J. D., Bull, J. C., Chandler, D. et al. (2014). A virulent strain of deformed wing virus (DWV) of honeybees (*Apis mellifera*) prevails after *Varroa destructor*-mediated, or in vitro, transmission. *PLoS pathogens*, 10(6), e1004230.

Sancak, K., Sancak, A. ve Aygören, E. (2013). Dünya ve Türkiye’de Arıcılık. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 2013; 5;10; 7-13.

Schroeder, D. C. and Martin, S. J. (2012). Deformed wing virus: The main suspect in unexplained honeybee deaths worldwide. *Virulence*, 3(7), 589-591.

Sguazza, G. H., Reynaldi, F. J., Galosi, C. M. and Pecoraro, M. R. (2013). Simultaneous detection of bee viruses by multiplex PCR. *J. Virol. Methods*, 194 (1), 102–106.

Shen, M., Yang, X., Cox-Foster, D. and Cui, L. (2005). The role of varroa mites in infections of Kashmir bee virus (KBV) and deformed wing virus (DWV) in honey bees. *Virology*, 342(1), 141-149.

Tehel, A., Vu, Q., Bigot, D., Gogol-Döring, A., Koch, P., Jenkins, C. et al. (2019). The two prevalent genotypes of an emerging infectious disease, deformed wing virus, cause equally low pupal mortality and equally high wing deformities in host honey bees. *Viruses*, 11(2), 114.

Tentcheva, D., Gauthier, L., Bagny, L., Fievet, J., Dainat, B., Cousserans, F. et al. (2006). Comparative analysis of deformed wing virus (DWV) RNA in *Apis mellifera* and *Varroa destructor*. *Apidologie*, 37(1), 41-50.

Tuncer, P. ve Yeşilbağ, K. (2009). Bal arılarının viral hastalıkları. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 9(4), 149-161.

Usta, A. ve Yıldırım, Y. (2020). Bal Arılarının Viral Hastalıkları. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 35(1), 57-66.

Usta, A. and Yıldırım, Y. (2022). Investigation of deformed wing virus, black queen cell virus, and acute bee paralysis virus infections in honey bees using reverse transcriptase-polymerase chain reaction (RT-PCR) method. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 69(3), 303-311.

Volykhina, V. E. (2015). Deformed wing virus in *Apis mellifera* L.: Prevalence, morphology, and pathogenicity. *Сельскохозяйственная биология*, 4, 409-419.

Wilfert, L., Long, G., Leggett, H. C., Schmid-Hempel, P., Butlin, R., Martin, S. J. M. and Boots, M. (2016). Deformed wing virus is a recent global epidemic in honeybees driven by *Varroa* mites. *Science*, 351(6273), 594-597.

Yue, C. and Genersch, E. (2005). RT-PCR analysis of Deformed wing virus in honeybees (*Apis mellifera*) and mites (*Varroa destructor*). *Journal of General Virology*, 86(12), 3419-3424.

Yue, C., Schröder, M., Gisder, S. and Genersch, E. (2007). Vertical-transmission routes for deformed wing virus of honeybees (*Apis mellifera*). *Journal of General Virology*, 88(8), 2329-2336.