

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**DOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NDEKİ *Satyrrium* (SCUDDER, 1876)
(Lycaenidae/Lepidoptera) CİNSİNE AİT TÜRLERİN MORFOLOJİK VE
MOLEKÜLER TAKSONOMİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Umut İÇEN
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sibel KIZILDAĞ
İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Muhabbet KEMAL KOÇAK

VAN – 2023

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**DOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NDEKİ *Satyrium* (SCUDDER, 1876)
(Lycaenidae/Lepidoptera) CİNSİNE AİT TÜRLERİN MORFOLOJİK VE
MOLEKÜLER TAKSONOMİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Umut İÇEN

Bu çalışma Van YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından
FYL-2022-10040 No'lu proje ile desteklenmiştir.

VAN – 2023

KABUL VE ONAY SAYFASI

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı'nda Dr.Öğr.Üyesi Sibel KIZILDAĞ danışmanlığında, Umut İÇEN tarafından sunulan “Doğu Anadolu Bölgesi’ndeki *Satyrium* (Scudder, 1876) (Lycaenidae/Lepidoptera) Cinsine Ait Türlerin Morfolojik ve Moleküler Taksonomisi” başlıklı bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili hükümleri gereğince 03/07/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Atilla DURMUŞ

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Erkan AZİZOĞLU

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Sibel KIZILDAĞ

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/..... tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Umut İÇEN



ÖZET

DOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NDEKİ *Satyrrium* (SCUDDER, 1876) (*Lycaenidae*/*Lepidoptera*) CİNSİNE AİT TÜRLERİN MORFOLOJİK VE MOLEKÜLER TAKSONOMİSİ

İÇEN, Umut

Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sibel KIZILDAĞ

İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Muhabbet KEMAL KOÇAK

Temmuz 2023, 34 sayfa

Satyrrium cinsi Scudder tarafından 1876 yılında tip türü *Lycaena fuliginosa* Edwards, 1861'e dayalı olarak kurulmuştur. Günümüzde *Nordmannia* Tutt, [1907]; *Strymonidia* Tutt, [1908]; *Superflua* Strand, 1910 ve *Armenia* Dubalolov ve Korshunov, 1984 altcinsleriyle temsil edilir. Bu cinsin üyeleri arasındaki morfolojik özelliklerdeki coğrafi varyasyon tür seviyesinde moleküler analizlerle test edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar taksonların çevresel eğilimlerinin morfolojik adaptasyonu yönüyle evrimsel modellerini yansıtabilir.

Sunulan tez çalışmasında, Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki yedi *Satyrrium* türünün dış morfolojisi incelenmiştir. Bu türlerin, tür sınırlama analizleri için Doğu Anadolu'dan toplanan *Satyrrium* üyelerinin ilk kez barkodlaması mitokondriyal sitokrom oksidaz-I gen dizisine göre yapılmıştır. *Satyrrium* taksonları arasındaki genetik uzaklıklar Kimura 2-parametresine göre hesaplanmıştır. Cinsin tüm türleri arasındaki filogeni tahmini Neighbour joining ve maksimum olabilirlik ağacı yapılandırılarak hesaplanmıştır (*S. zabni* hariç). Bu sonuçlara göre *S. spini*, *S. ilicis*, *S. abdominalis* ve *S. ledereri* kararlı türler olarak, *S. marcidum*, *S. armenium* türleşme sürecinde olan popülasyonlar olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: DNA barkodlama, Filogeni tahmini, Genetik uzaklık, *Lycaenidae*, *Satyrrium*, Tür sınırlama



ABSTRACT

MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR TAXONOMY OF SPECIES OF THE GENUS *Satyrium* (SCUDDER, 1876) (Lycaenidae/Lepidoptera) IN THE EASTERN ANATOLIA REGION

İÇEN, Umut

M.Sc. Thesis, Department of Biology

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Sibel KIZILDAĞ

Second Supervisor: Asst. Prof. Dr. Muhabbet KEMAL KOÇAK

July 2023, 34 pages

The genus *Satyrium* was established by Scudder in 1876, based on the type species *Lycaena fuliginosa* Edwards, 1861. Nowadays *Nordmannia* Tutt, [1907]; *Strymonidia* Tutt, [1908]; *Superflua* Strand, 1910 and *Armenia* Dubalolov and Korshunov, 1984 is represented by subgenera. The geographic variation in morphological traits among members of this genus has been attempted to be tested by molecular analyzes at the species level. The results obtained may reflect the evolutionary patterns of taxa in terms of morphological adaptation of environmental trends.

In the presented thesis, the external morphology of seven *Satyrium* species in the Eastern Anatolia Region were examined. The first barcoding of *Satyrium* members collected from Eastern Anatolia for species restriction analysis was performed according to the mitochondrial cytochrome oxidase-I gene sequence. Genetic distances between *Satyrium* taxa were calculated according to the Kimura 2-parameter. The phylogeny estimation among all species of the genus was calculated by Neighbor joining and structuring the maximum likelihood tree (except *S. zabni*). According to these results, *S. spini*, *S. ilicis*, *S. abdominalis* and *S. ledereri* were determined as strong species, and *S. marcidum*, *S. armenium* populations in the speciation process.

Keywords: DNA barcoding, Genetic distance, Lycaenidae, Phylogeny estimation, *Satyrium*, Species limitation



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında, her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanlarım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sibel KIZILDAĞ'a ve Dr. Öğr. Üyesi Muhabbet KEMAL KOÇAK'a teşekkür ederim. Ayrıca aynı alanda doktorasını yapan Sayın Hanife UÇAK'a tezime yaptığı katkılardan dolayı teşekkürlerimi sunarım.

2023

Umut İÇEN





İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
3.1 Materyal.....	11
3.2 Yöntem	12
3.2.1 Morfolojik Yöntemler	12
3.2.2 Moleküler Yöntemler	13
3.2.2.1 DNA İzolasyon	13
3.2.2.2 Barkod Bölgesinin (mtCOI) PZR ile Çoğaltılması.....	14
3.2.2.3 Barkod Dizilerinin Kontrolü ve Veri Setinin Oluşturulması	14
3.2.2.4 Genetik Uzaklık ve Tür Sınırlarının Belirlenmesi	15
4. BULGULAR.....	17
4.1 <i>Satyrium</i> Türlerinin Teşhisi ve Morfolojik İncelemeleri	17
4.2 Moleküler Bulgular	21
4.2.1 <i>Satyrium</i> Türlerinin mtCOI Geni Fragment Kontrolü	21
4.2.2 <i>Satyrium</i> Türleri Arasındaki Genetik Uzaklık Sonuçları.....	21
4.2.3 <i>Satyrium</i> Türlerinin mtCOI Genine Dayalı Filogenisi	23
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	27
KAYNAKLAR.....	31
ÖZ GEÇMİŞ.....	35



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1 Tür sınırları değerlendirilen materyallerin etiket bilgileri.....	11
Çizelge 3.2 <i>Satyrium</i> örneklerinden DNA barkod bölgesinin çoğaltılması için izlenen PZR aşamaları	14
Çizelge 4.1 <i>Satyrium</i> türleri arasındaki Kimura-2 parametresine göre genetik uzaklık sonuçları.....	22



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.1 <i>Satyrium ilicis</i> bazı dış morfolojik karakterler.....	17
Şekil 4.2 <i>Satyrium marcidum</i> (erkek)-üst ve alt dış morfolojisi.....	18
Şekil 4.3 <i>Satyrium abdominalis</i> (dişi)-üst ve alt dış morfolojisi.....	18
Şekil 4.4 <i>Satyrium armenum</i> (dişi)-üst ve alt dış morfolojisi.....	18
Şekil 4.5 <i>Satyrium ilicis</i> (dişi)-üst ve alt dış morfolojisi	19
Şekil 4.6 <i>Satyrium zabni</i> (erkek)-)-üst ve alt dış morfolojisi	19
Şekil 4.7 <i>Satyrium ledereri</i> -üst ve alt dış morfolojisi.....	19
Şekil 4.8 <i>Satyrium spini</i> (erkek)- üst ve alt dış morfolojisi.....	20
Şekil 4.9 <i>Satyrium</i> popülasyonlarının mtCOI DNA fragmentlerinin agaroz jel elektroforez fotoğraf görüntüleri.....	21
Şekil 4.10 <i>Satyrium</i> popülasyonlarının barkod (mtCOI) dizileri kullanılarak oluşturulan neighbour-joining ağacı (NJ).	24
Şekil 4.11 <i>Satyrium</i> popülasyonlarının barkod (mtCOI) dizileri kullanılarak oluşturulan Maksimum olabilirlik ağacı (ML).....	26



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamalarıyla aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
C	Santigrat
µl	Mikrolitre
TR	Türkiye
[]	Bilimsel isimlerin yazımında sonradan ilave olan bilgi
°	Derece
Kısaltmalar	Açıklama
BOLDSYSTEMS	Barcode of Life Data System
CESA	Entomolojik Araştırmalar Merkezi Ankara
ICZN	Uluslararası Zoolojik Adlandırma Komisyonu
K2P	Kimura 2-Parametresi
MEGA	Moleküler Evrim Genetik Analizleri
mt cox1-COI	Mitokondriyal Sitokrom Oksidaz 1
NCBI	Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi Arama Veri Tabanı
NJ	Neighbour-Joining Analizi
rpm	Dakikadaki Devir Sayısı
PZR	Polimeraz Zincir Reaksiyonu
TEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
UV	Ultraviyole



1. GİRİŞ

Lycaenidae, dünya çapında 6.000'den fazla türü olan ve üyeleri ince kanatlı kelebekler olarak da adlandırılan Nymphalidae'nin ardından en büyük ikinci kelebek ailesidir. Bilinen kelebek türlerinin yaklaşık %30'unu oluştururlar. Bu aile, Polyommatae (maviler), Lycaeninae (bakırlar), Theclinae (sevbeniler), Curetinae (güneş ışınlıları), Miletinae (hasatçılar), Aphneinae (şeytanlar) ve Poritiinae de dahil olmak üzere yedi alt aileden oluşur. Bunlar arasında Lycaeninae alt ailesinde yar alan *Eumaeini* tribüsü, biyolojik olarak hızla çeşitlenen bir takson olduğu için dikkate değerdir. Yaklaşık 30 milyon yıllık tahmini yaşıyla bilinen en genç kelebek tribüslerinden birisidir (Espeland vd., 2018; Valencia-Montoya vd., 2021; Robbins vd., 2022). Yaklaşık 1200 Yeni Dünya ve 100'den fazla Palearktik türle, aynı zamanda dünyadaki gündüz kelebek türlerinin %7-8'ini oluşturmaktadır (Robbins, 2004; Weidenhoffer vd., 2004; Lamas, 2008).

Eumaeini'nin daha yüksek sınıflandırması üzerine yapılan çalışmalarda morfolojiye dayalı olarak önerilen birçok soy zayıf bir şekilde karakterize edildi (Robbins, 2004). Ayrıca daha sonra Calycopidina olarak adlandırılan *Atlides* ve *Lamprospilus* bölümleri morfolojik olarak kolayca tanımlandığı ifade edilse de filogenetik analizlerde bu karakterlerin, homoplasik olduğu rapor edildi (Duarte ve Robbins, 2010; Martins vd., 2019a). Son yıllarda moleküler analizlerle bu tribüsün içerdiği taksonların yerinin test edilmesine dayalı 187 *Eumaeini* bireyiyle yapılan moleküler analizlerde, sekiz soya ayrıldığı ve de morfolojik ile moleküler taksonomik açıdan çoğunlukla uyumlu olmadığı anlaşıldı (Valencia-Montoya vd., 2021).

Eumaeini, çeşitlilikle ilişkilendirilen çeşitli erkek ikincil cinsel organları için evrimsel olarak dikkate değerdir (Valencia-Montoya vd., 2021). Örneğin, Neotropikal kelebeklerden *Arcas cypria*'nın (Geyer, 1837) erkeklerindeki koku yastıkları, koku bantları, koku keseleri ve abdominal fırça organları göze çarpan diagnostik eşeysel karakterlerdendir (Martins vd., 2019b; Robbins vd., 2012). *Eumaeini* türlerinin %90'ından fazlası en az bir erkek ikincil cinsel organa sahiptir (Valencia-Montoya vd., 2021). Özellikle *Atlides* bölümü içindeki yedi erkek ikincil cinsel organ karakterleri, soy içinde, genellikle birden çok kez kazanılmış veya kaybedilmiştir. *Atlides* bölümündeki dişiler, bu organları akraba erkekleri tanımlamak için kullanır. Bu anlamda, erkek

ikincil cinsel organlarının evrimsel kazanımı, simpatrik çeşitlenmeyi kolaylaştırmış olabilir (Martins vd., 2019b).

Eumaeini üyeleri, Atacama Çölü gibi ihmal edilebilir düzeyde yağış alan bölgelerden, yıllık 800 cm³ yağış alan ormanlara kadar ve 4000 m yüksekliğe kadar çok çeşitli habitatlarda bulunabilir (Vargas ve Duarte, 2016; Bálint vd., 2019; Lamas vd., 2021). Tür dağılımı Palearktik'te yayginken, Yeni Dünya'da subarktikten Şili'nin orta vadisine kadar hemen hemen tüm bitki topluluklarında görülürler (Robbins, 2004). *Eumaeini*'nin bir soyu özellikle *Callophrys* cinsine ait üyeler Palearktik, Nearktik ve Neotropik Bölgelere dağılmıştır. *Callophrys* ve akrabalarının erken ayrışmasında coğrafyanın merkezi bir rol oynadığı öne sürüldü (Valencia-Montoya vd., 2021).

Eumaeini üyeleri, tırtıl formundayken karıncalar ile karşılıklı etkileşimler yaygın olarak görülür. Eski Dünya soylarında bu olay hızlı çeşitlenme ile ilişkilendirilmiştir (Eastwood vd., 2006). Hatta *Eumaeini* bireylerinin karıncalarla olan ilişkisi, isteğe bağlı olarak mirmekofil olabilen tırtıllar için düşmansız alan sağlayabilir ancak zorunlu karşılıklılık kaydedilmemiştir (Kaminski vd., 2010; Kaminski vd., 2012).

Eumaeini tribüsünün de dahil olduğu Theclinae altfamilyasındaki tribüslerde sistematik karmaşadan dolayı cins listesi başlangıç niteliğindedir. Özellikle *Eumaeini* tribüsü gibi alt kategori problemleri olan kalabalık bir takson için sağlam bir filogenetik ve evrim senaryosunun oluşturulması oldukça zordur. Bununla birlikte, bu tribüste sinonim taksonların ayıklanmasında çok ilerleme kaydedilmiş ve 21. yüzyılın ilk yıllarında en azından bir dereceye kadar istikrar sağlanmıştır. Alt aile ve tribüsleri için henüz iyi bir filogenetik hipotez bulunmamakla birlikte, en azından morfolojik olarak cins gruplarıyla sınırlandırılmıştır. Bazen cins içindeki türler, tür grupları olarak adlandırılırlar, ancak tür gruplarının taksonomik bir kategorizasyon derecesi hala günümüzde de taksonomistler tarafından tartışılmaktadır. Bunlardan en tartışılan cinslerden birisi *Satyrium* (Scudder, 1876) cinsidir ve Theclinae altfamilyasındaki renkleriyle göze çarpan keleklerdendir. Bu cinsin üyeleri yaklaşık 80 tür sayısı ile Holarktik eko-zonda kaydedilmiştir. *Satyrium* cinsinin *Nordmannia* Tutt, [1907]; *Strymonidia* Tutt, [1908]; *Armenia* Dubatolov ve Korshunov, 1984; *Superflua* Strand, 1910 ve *Nordmannia* veya *Nordmannia* ve *Fixsenia* Tutt, 1907 veya *Noredmannia* ve *Strymonidia* şeklinde kararlı olmayan farklı kombinasyonlarda altcins ya da tür grupları

şeklinde statü tartışması devam etmektedir (Tuzov vd., 2000; Korshunov, 2002; Huang vd., 2019).

Şu anda, *Satyrium* cinsinin Palaearktik türlerinin taksonomik konumunun yorumu oldukça belirsizdir (Gorbunov, 2001; Settele vd., 2008; Lafranchis vd., 2015). Mavi, beyaz veya turuncu saç çizgisi benzeri desenleriyle kanat morfolojisine sahip *Satyrium* üyeleri, Lycaenidae familyasındaki en ilgi çeken keleklerdendir. Yayılış alanları güney ve orta Avrupa'da (Portekiz, İspanya, Fransa, İtalya, İsviçre, Avusturya, Almanya, Polonya, Macaristan, Hırvatistan, Yunanistan, Türkiye) yaklaşık 54° Kuzey'e kadar yaşar. Ayrıca Lübnan, Irak, İran, Güney Ural'larda da dağılım gösterir. Cinsin türleri Fransa, Hollanda, İskandinavya, Estonya veya Letonya'nın kuzeybatısında ve İtalya'nın büyük bir bölümünde ve çoğu Akdeniz adasında bulunmaz. Alçak seviyelerden yaklaşık 2000 m'ye kadar açık çalılık yerlerde, çimenlik alanlarda, dağ çayırlarında ve ormanlık açıklıklarında yaşar.

Satyrium üyeleri tek ön kanat uzunluğu erkeklerde 14–16 milimetreye, dişilerde 15–17 milimetreye ulaşan büyük kanatlı keleklerdir. Kanatların üst tarafının temel rengi kahverengimsi, alt tarafı ise sarımsı bejdir. Dişilerde, arka kanatların üst tarafı genellikle kenarda kahverengimsi-turuncu lekeler gösterir. Arka kanatların alt tarafında büyük bir mavi nokta ve birkaç turuncu siyah kenarlıklı nokta vardır. Ön kanatların ve arka kanatların alt tarafı, parlak beyaz bir enine çizgi ile kesişir. Bazı üyelerinde arka kanatların kısa kuyrukları vardır.

Satyrium üyeleri, çalılık ve kayalık yamaçlar, kireçtaşı otlakları, nehir kıyısındaki ormanlar ve benzeri yerler gibi sıcak, koru bakımından zengin alanlarda yaşar. Larva habitatı, genellikle sadece birkaç genç sürgünden oluşan, birkaç santimetre ile yaklaşık 1.5 m yüksekliğinde, kısa büyüyen, güneşli, genç çalılardır. Alplerde, tırtıllar genellikle kayalık yamaçlarda *Rhamnus pumila*, *R. alpina* ve *Rhamnus saxatilis* üzerinde gözlenir. *Satyrium* üyeleri yumurta kabuğunda sırasıyla larva olarak kış uykusuna yatar. Tırtıl formu, Orta Avrupa'da Haziran ayının başından ortasına kadar tamamen büyümüştür. Yetişkinler Haziran sonundan Ağustos başına kadar, güneyde ise Mayıs sonundan itibaren uçarlar. Yumurtalar tek tek veya genellikle 2-4 yumurtadan oluşan küçük gruplar halinde dallara bırakılır.

Türkiye genelinde nisbeten yaygın olarak bilinen *S. abdominalis* (Gerhard, [1850]), *S. acaciae* (Fabricius, 1787), *S. ilicis* (Esper, [1779]) türleri ile birlikte daha çok

Türkiye'nin doğusunda bilinen *S. marcidum* (Riley,1921), *S. zabni* Oorschot ve Brink, (1991) ve *S. armenum* (Rebel,1901) türleri taksonomik olarak *Nordmannia* Tutt, [1907] alt cinsinde yer almaktadır (Koçak ve Kemal, 2018). *Strymonidia* Tutt, [1908] alt cinsinde incelenen *S. spini* (Fabricius,1787) ve *S. w-album* (Knoch,1782) türlerinden ilki Palearktik bölgede yaygın iken, ülkemizin yarısından çoğunda tespit edilmiştir. Besin bitkisi Karaağaç (*Ulmus* sp.) olan monofag bir tür *S. w-album* dünya genelindeki yukarıdaki tür ile benzer yayılış gösterirken, ülkemizde kesintili olarak İç Anadolu'da, Kuzey, Güneybatı ve Doğu Anadolu'da kayıtları mevcuttur. *S. armenia* Dubatolov ve Korshunov, 1984 altcinsde yer alan *S. hyrcanicum* (Riley,1939) ve *S. ledereri* (Boisduval,1848), Türkiye ve Doğu komşularıyla birlikte Kafkaslar ve İran-Turan coğrafik bölgesinde, Yunanistan hariç (*S. ledereri* sadece Samos adasından bilinir) Avrupa'nın dışında yayılış gösterir (Koçak ve Kemal, 2018).

Satyrium cinsi içerisinde *S. abdominalis*, *S. armenum*, *S. hyrcanicum*, *S. ledereri*, *S. spini* ve *S. w-album* türleri dış morfolojik özelliklerine göre teşhis kolay ve ayırt edilebilir türlerdir. Fakat, *S. marcidum* ile *S. abdominalis* ve *S. zabni* ile *S. ilicis* türlerini dış görünüşü itibarıyla ayırt etmek zordur. *S. marcidum*'da ön kanat alt yüzünün anal bölgesindeki submarjinal benek genellikle bulunmaz veya çok silik olarak ortaya çıkar. Fakat *S. abdominalis*'te her zaman bulunur ve çok belirgindir. *Satyrium ilicis* türüne ait iki dişi örnek incelenmiş olup, *S. zabni*'de bulunmayan bir özellik dişilerin ön kanat üst yüzünde belirgin sarı-turuncu renkli postdiskal alan mevcuttur. Her iki türün erkeklerinde bu karakter bulunmaz. Ayrıca, her iki türde de kanadın alt yüzündeki desenler değişkenlik gösterir. Bu yüzden erkek bireylerin ayırımı zordur.

Günümüz kayıtlarına göre Türkiye, Irak ve İran'da yayılış gösteren İran-Turan coğrafik bölge elementi *Satyrium zabni* Oorschot ve Brink, 1991, orijinalinde *S. ilicis* subsp. *zabni* Oorschot ve Brink, 1991 olarak tanımlanmıştır. Fakat yazarlar 2004'de Türkiye Kelebeklerinin 17'nci çalışmasında daha önce alttür düzeyinde isimlendirdiği *S. zabni* bu sefer, hem dış morfolojik ve genital yapıdaki özellikler hem de türlerin simpatrik yayılışlarını değerlendirilerek tür düzeyine çıkarılmıştır (Oorschot vd., 2004).

Türkiye ve Kuzey komşusu Kafkaslarda yayılış gösteren *Satyrium armenum* (Rebel, 1901), orijinalinde *Thecla myrata* var. *armena* isim kombinasyonu ile Rebel tarafından 1901'de günümüzdeki Iğdır Kazıkoparan'dan (yazara göre o zamanlarda Kazıkoparan Rusya Ermenistan'ı olarak görülmektedir) sintiplere dayanarak alttür

düzeyinde önerilmiştir. Diğer taraftan çok daha önceden Lübnan'dan *Lycaena myrtale* olarak Klug tarafından 1834'de bir tür tanımlanmış olup, günümüzde Lübnan, İsrail ve Suriye'den bilinir.

Koçak (1977)'de Kars, Kazıkoparan (*Thecla myrtale* var. *armena* Rebel, 1901'nin tip yeri), Kop dağı (Gümüşhane), Pülümür (Tunceli) ve Şemdinli (Hakkari) materyallerini değerlendirmiş, *myrtale* Klug, 1843'den morfolojik, coğrafik ve habitat tercihleri üzerinden tespit ettiği farklılıkları dikkate alarak *Nordmannia* (s.str.) *armena* (Rebel,1901) isim kombinasyonu ile türe yükseltmiştir. Hesselbarth vd. (1995) yine morfolojik özelliklerini dikkate alarak *Satyrium myrtale armenum* (Rebel, 1901) olarak teklif etmiştir.

Sunulan tez çalışmasında Doğu Anadolu Bölgesine ait *Satyrium* türlerinin teşhisi için dış morfolojisi dikkate alınmıştır. Lepidopterler için evrensel barkod olan mitokondriyal sitokrom-I gen bölgesi ilk kez Türkiye'den altı *Satyrium* türü için elde edilmiştir. Moleküler taksonomik analizlerle cins içerisindeki filogenetik ilişkileri değerlendirilmiştir.



2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Lycaenidae familyası, mirmekofilin önemli bir rol oynadığı birçok türün karmaşık yaşam döngüleri nedeniyle bilim insanlarının ilgisini çekmiştir (Fiedler, 1991). Ayrıca, familyadaki birçok tür veya grup çok karmaşık evrimsel örüntüler göstermektedir (Lukhtanov vd., 2005, Vila vd., 2011).

Lycaenidlerin, yumurtaları olağanüstü bir çeşitlilik ve morfolojik karmaşıklık gösterir. Bu değişkenlik muhtemelen, bu aşamada yaşam döngüsünün diğer aşamalarında işleyenlerden farklı olan seçici baskılara verilen tepkisidir (García-Barros ve Martín, 1995). Bu familyaya ait yumurtaları tanımlama göreviyle ilgili birkaç makale ele alınmıştır, ancak özellikle Clark ve Dickson (1971) ile Downey ve Allyn (1981; 1984) gibi klasik çalışmalar, sırasıyla Güney Afrika ve Kuzey Amerika türleriyle ilgili ayrıntılı açıklamalar sağlamıştır.

Satriyum üyelerinin çoğunlukta olduğu önemli Lycaenid kelebeklerinin araştırıldığı çalışma, yaşam öyküsü çalışmasında özellikle bazıları yumurtanın ince yapısını incelemek için benzeri görülmemiş bir fırsat sağlayan taramalı elektron mikroskobu (TEM) kullanan yumurta aşamasının tanımlarını içerir. Bu çalışmaların temeli, Downey ve Allyn (1981; 1984) tarafından yapılan, tür tanımlarıyla birlikte TEM fotoğrafları sağlayan ve koryonik yapılar için bir terminoloji derleyen çalışmaya dayanmaktadır. Lycaenid yumurtası, düzleştirilmiş direklerle küreseldir. Yumurta, Downey ve Allyn'e (1984) göre dört farklı alandan oluşur. Üst kısmındaki mikropil bölgesi ve farklı türlerde sayıları değişen mikropil bölgesini çevreleyen genellikle yaprak şeklindeki mikropil rozetini oluşturan halkalardan oluşur. Halka, halkadan uzaklaştıkça boyutları artan hücreler tarafından oluşturulan geçiş bölgesi ile çevrilidir. Tüberkül-aerophile bölgesi, yumurta koryon yüzeyinin çoğunu kaplar ve yumurtaya tipik görünümünü verir. Tüberküller, yumurta yüzeyindeki hücreleri sınırlayan kaburgaların kesişme noktalarından kaynaklanan türlerin çoğunda bulunan çıkıntılardır. Son olarak mikrofilin ters kutubu kaide kısmı, yumurtanın bırakıldığı bitki ile temas halindedir ve genellikle yumurta tipik koryonik yapılıdır ve çok ince bir koryona sahiptir (Downey ve Allyn, 1984; Thomas vd., 1991).

Munguira (1989) tarafından İber Yarımadası'nda, TEM kullanılarak ayrıntılı *Satyrion* ultrayapısı tanımlamaların ilk derlemesi, 13 tür için yapılmıştır. Diğer bazı

türler, doğa tarihi kayıtlarıyla veya farklı taksonomik gruplarla ilgili monograflarda tanımlanmıştır (Thomas vd., 1991, Sarto ve Masó 1991; García-Barros vd., 2013)

Satyrium üyelerinin de yer aldığı Lycaenidlerin yumurta morfolojisi, taksonomi ve farklı kelebek gruplarında evrim çalışması için çeşitli yazarlar tarafından değerlendirilmiştir. Bunlardan en bilinenleri García-Barros ve Martín (1995) ile Freitas ve Brown (2004) Nymphalidae için, Hernández-Roldán vd. (2012) Hesperidae için, Llorente ve Castro (2007) ve Hernández-Mejía vd. (2014a;b) Pieridae için rapor edilen çalışmalarıdır.

Filogenetik yeniden yapılanmada olgunlaşmamış aşamalardan (yumurta dahil) karakterlerin yararlılığı sıklıkla kabul edilmiş olsa da bu tür bilgilerin bu bağlamda etkili bir şekilde birleştirilmesi anekdot olarak kalır. Ancak bu bilgi, gizli filogenetik ilişkileri ortaya çıkarmanın yanı sıra moleküler kanıtlara dayalı sınıflar için gözlemlenebilir teşhis özellikleri sağlamada çok önemli bir rol oynayabilir (Wahlberg vd., 2005; Dinca vd., 2011; Cancela vd., 2014). Genel evrimsel ilişkiler, yumurtanın ayrıntılı incelenmesiyle izlenebilir ve ayrıca genel olarak tür tanımlaması için yararlı olan ayırt edici özel karakterlere sahip olabilirler. Morfoloji temelinde teşhis edilemeyenler zaten lycaenidlerin arasında bilinmektedir (Talavera vd., 2013). Bu nedenle, açıklanan yumurta özelliklerinden bazıları, en az iki supraspesifik grubun teşhisine katkıda bulunabilir. Yumurtalar, larvalar ve yetişkinler gibi daha aktif yaşam evrelerine göre yapısal olarak basit olsalar da ekzokoryon (dış kabuk) yüzeyinin tek başına önemli miktarda bilgi sağlaması dikkat çekicidir. Diğer farklı türler ile birleştirildiğinde, yumurta morfolojisinin yalnızca teşhislere değil, aynı zamanda bu kelebek taksonunun filogenetik çözünürlüğünü iyileştirmeye de etkili bir şekilde katkıda bulunabileceği düşünülmüştür (Freitas ve Brown, 2004). Her ne kadar yumurta morfolojisi bazı gruplarda ayırt edici karakterleri bakımından sınıflandırma ve taksonomik çalışmalarda kullanılmış olsa da kelekelerin erken gelişim dönemlerine ait yumurtadan, larva, pupa ve ergine kadar olan gelişim süreçleriyle ilgili bilgilerin son derece yetersiz olması, değerlendirmelerin az sayıdaki türlerle sınırlı kalmasına sebep olmaktadır.

Stradomsky ve Fomina (2019), mitokondriyal COI gen bölgesi ve nükleer ribozomal ITS2 bölgesine dayalı moleküler çalışmalarında, *Satyrium* cinsinin monofiletik olmadığını gösterdi. Bu çalışmada araştırmacılar *Satyrium* cinsinden *Fixsenia*

Tutt, 1907 cinsine aktarılan iki türü: *Fixenia pruni* (Linnaeus, 1758), comb. resurr. (*Satyrium*'dan) ve *Fixeni aherzi* (Fixsen, 1887), comb. resurr. şeklinde rapor ettiler.

Robbins vd. (2022), en genç ve tür açısından en zengin kelebek tribüslerinden biri olan *Eumaeini* bireyleri ile yaptıkları çalışmada, 'diploid' kalıtımı olan otozom dizilerini, Lepidopteran Z cinsiyet kromozomunu ve maternal kalıtılan mitokondriyal protein kodlayıcı genlerine dayalı daha yüksek bir sınıflandırma önermişlerdir. Aynı çalışmada, protein kodlayan genlerin üç veri setini kullanarak filogenetik ilişkileri tahmin etmişlerdir. Bu bulgular, cinsiyet kromozomunun, *Eumaeini* gibi hızla farklılaşan bir kuşakta filogenetik ilişkileri çözmek için yararlı olabileceğini düşündürmektedir. Burada, kromozomal tanımlanan 202 *Eumaeini* türünün filogenetik analizine dayanan kapsamlı bir alt tribüs sınıflandırması önermişlerdir. İkinci olarak, her alt tribüste göze çarpan biyolojik ve biyocoğrafik özellikleri rapor etmişlerdir. Önerilen sınıflandırmayı özet veri kümeleriyle entegre ederek, daha sonra hızlı veya yavaş çeşitlendirme ile ilişkili taksonları ve özellikleri belirlemeye çalışmışlardır. Amaç, çeşitli faktörlerin *Eumaeini* taksonlarındaki çeşitlenmeyi etkilemiş olabileceği hipotezini ilerletmektir.

Eumaeini keleklerinin de yer aldığı Lepidoptera üyeleri için yapılan özellikle biyolojik tür kavramı çerçevesindeki değerlendirmelerde cinsiyete bağlı genler, hibrit kısırlığı ve yaşayabilirliği üzerinde orantısız derecede büyük bir etkiye sahip oldukları için üreme izolasyonunda yer almıştır (Payseur vd., 2018; Presgraves, 2018).

Kronforst vd. (2013), *Heliconius* kelebek topluluğundan beş türü temsil eden 32 kelebeğin tam genom dizilerini karşılaştırarak, genom çapında introgresyon modellerini incelemişlerdir ve türleşme sürecinde sapmanın nasıl geliştiğini rapor etmişlerdir. Araştırmacılar, bu cinsin türleri arasında görülen hibridleşmede ilk sapmanın genomun küçük bir bölümüyle sınırlı olduğunu, büyük ölçüde bilinen kanat deseni genlerinin etrafında kümелendiğini belirtmişlerdir.

Müze örnekleri kullanılarak *Eumaeini* keleklerinin tam genomlarının dizilenmesi, muazzam miktarda filogenetik veri sağlamıştır (Cong vd., 2016; 2017; Robbins vd., 2022).



3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Sunulan bu tez araştırması için kullanılan *Satyrium* örnekleri CESA (Centre for Entomological Studies Ankara) koleksiyonundaki Doğu Anadolu Bölgesi popülasyonlarından oluşmaktadır (Çizelge 3.1). Bu tabloda kullanılan coğrafik kodlamalar Koçak ve Kemal'in (2019) çalışmasından referans alınmıştır.

Çizelge 3.1 Tür sınırları değerlendirilen materyallerin etiket bilgileri

No	Taksonun Adı	Toplandığı yer	CESA ID
1	<i>Satyrium ledereri</i> (Boisduval,1848)	1♀: Iğdır, Tuzluca ex larva, 14 5 2012. M.Kemal & A.Koçak leg. (Cesa).	LepDNA ledereri01-Cesa,
2	<i>Satyrium armenum</i> (Rebel,1901)	1♂4♀: Van, Bahçesaray, 2km S. Kırmızıköprü (65Au), 1540m, 6 7 2016, M.Kemal & A.Koçak leg.; 1♂: Hakkari, Yüksekova, Vargözü kvş., Köprü 1690m, 10 6 2021; 1♂: Tunceli, Ovacık, Munzur vadisi (62Em2), 1160m, 2 6 2022, M. Kemal & H. Uçak leg. (Cesa).	LepDNA armenum02-Cesa
3	<i>Satyrium ilicis</i> (Esper,[1779])	1♂: İçel, Gülnar 4km SW Zeyne (33Kd), 750m, 1 5 2018; 1♂: Hakkari, Yüksekova, Dağlıca, 1610-1650m, 10 6 2021; 1♀: Hakkari, Yüksekova, Dağlıca, Yukarı İncirli 1500, 12 6 2021, M. Kemal & H. Uçak leg. (Cesa).	LepDNA ilicis03-Cesa
4	<i>Satyrium abdominalis</i> (Gerhard,[1850])	1♀: Erzurum, Pazaryolu Akbulut (25Nb), 1550m, 11 7 1985, A. Koçak leg.; 1♀: Van Çatak, Havarengler vadisi (65Dp), 2100m, 11 7 2006; 2♂: Van, Bahçesaray, Paşaköy (65Ai), 1600m, 12 6 2016; 2♂: Bahçesaray, Altındere (65At1), 1970m, 4 7 2016; 1♀: Bahçesaray, Paşaköy (65Ai), 1600m, 6 7 2016; 1♂: Bahçesaray, Yukarı Mukus Vadisi (65Am2), 1780m, 6 8 2016; 3♂: Bahçesaray Krapet yolu, Meteo (65Aç), 2570m, 10 8 2016; 1♂: Van, Çatak, Saklıvadi (65Df), 2010m, 12 7 2016; 1♀(GP3429): Saklıvadi (65Df), 2025m, 15 7 2016; 1♂2♀ (GP3430♀): Hakkari, Ağaçdibi (30Bç), 1250m, 15 6 2018; 1♂: Hakkari, Ağaçdibi (30Bç), 1375m, 7 7 2018; 1♂: Adıyaman, Kahta, Aydınpınar 1.8km E. (02Fc), 900m, 6 5 2018; 1♂: Çatak, Dalbastı (65Dü), 1635m, 1 6 2019; 3♂2♀(GP3431♀): Van, Gevaş, Artos Dağı (65Fp), 1950m, 18 6 2020; 1♂: Gevaş, Artos Dağı (65Fz), 2000m, 20 6 2019; 1♀: Gevaş, Artos Dağı (65Fz), 2300m, 24 7 2020; 1♀ (GP3432): Gevaş, Artos Dağı (65Fv) 2200m, 23 7 2020, M.Kemal & A.Koçak leg.; 1♀: Hakkari Yüksekova, Dağlıca, Bozkaya 1310m, 11 6 2021; 1♂1♀: Şemdinli Karaağaç Öveç, 1400m, 11 6 2021; M.Kemal & H. Uçak leg.; 1♀: Tunceli, Ovacık, Mercan vadisi, Şahverdi 1700-1830m, 27 6 2021, M.Kemal & S.Seven leg.; 2♂: Hakkari, Çukurca D., Işıklı yolu Loc1, 1400m, 7 6 2022; 1♂: Van, Çatak, Şehzadepınarı (65Dk) 1400m; 3♂1♀: Van Çatak, Dalbastı (65Dn1) 1600m; 1♂: Çatak N (65Dcm), 1730m, 12 6 2022, M.Kemal & H. Uçak leg.; (Cesa).	LepDNA abdominalis 04-Cesa

Çizelge 3.1 Tür sınırları değerlendirilen materyallerin etiket bilgileri (devam)

No	Taksonun Adı	Toplandığı yer	CESA ID
5	<i>Satyrium marcidum</i> (Riley,1921)	1♂: Van Çatak Elmacı (65Dx) 1800m, 30 6 2016; 1♂: Hakkari Ağaçdibi (30Bç) 1250m 15 6 2018, M.Kemal & A. Koçak leg.; 1♀ (GP3428): Hakkari, Şemdinli, Karaağaç, Öveç, 1400m, 11 6 2021, M. Kemal & H. Uçak leg. (Cesa).	LepDNA marcidum05-Cesa
6*	<i>Satyrium zabni</i> Oorschot ve Brink,1991	1♂1♀: Hakkari, Ağaçdibi (30Bç), 1250m, 15 6 2018, M.Kemal & A.Koçak leg.; Hakkari Çukurca Yeşilçeşme (30Aj), 1260m, 08 06 2022; 1♂1♀: Hakkari, Şemdinli Karaağaç, Öveç, 1507m, 11 6 2021, M. Kemal & H. Uçak leg. (Cesa).	LepDNA zabni06-Cesa
7	<i>Satyrium spini</i> (Fabricius,1787)	1♂: Malatya, Beydağı TP (44Lc), 1275m, 20 6 2015; 1♂: Van Çatak, Darboğaz (65Dg) 1950m, 12 7 2016;1♂: Bahçesaray, Yukarı Mukus vadisi (65Am1), 1770m, 6 7 2016; 1♀: Bahçesaray, Paşaköy (65Ai), 1600m, 15 7 2016; 1♀: Bahçesaray, Liman (65Ac3) 2320m, 10 8 2016; M.Kemal & A.Koçak leg.; 1♂: TR Van Çatak S. Dalbastı (65Dn1) 1600m, 12 6 2022, M. Kemal & H. Uçak leg. (Cesa).	LepDNA spini07-Cesa

*Bu örnek için mtCOI barkodu 658 bazdan kısa elde edildi.

3.2 Yöntem

3.2.1 Morfolojik Yöntemler

Lepidoptera takımındaki taksonlar dış morfoloji araştırmalarında kanat desen ve renkleri önemli diagnostik karakterlerdir. Bu çalışmadaki materyaller ayrı ayrı etiketlendi ve kanat morfolojisi ortaya çıkarılması için gerilerek, 55°C’de 3 günden fazla süre etüvde kurumaya bırakılmıştır. İyice kurumuş örnekler alt ve üst yüzeyinden Canon EOS70D makro lensli kamera ile fotoğrafları çekildi. *Satyrium* cinsinin üyeleri özellikle çalışılan materyaller için tür teşhisinde kullanılmak üzere abdomendeki farklar (boyut, renk vb.), kanat desen ve renkleri ortaya çıkarılmıştır (Şekil 4.1). Ayrıca marjinal bölgedeki beneklerin sayısı, dizilişi ve gelişmişlik durumları, beneklerin renklenmesi, ön kanadın üst yüzündeki erkek koku organının (androconia) bulunup bulunmaması, arka kanat anal bölgedeki kuyruk ve loblarının boyutları, bazı türlerde postdiskal bölgedeki beyaz renkli kesik çizgilerden oluşan bandın yapısı incelenmesi için detayların fotoğrafı kaydedilmiştir.

3.2.2 Moleküler Yöntemler

3.2.2.1 DNA İzolasyon

Bu çalışmada kullanılan *Satyrium* üyelerine ait bireylerin total genomik DNA izolasyonu için arka bacak femur dokusu kullanılmıştır. Femur dokusu yoğun bir kitin tabakası ile sarılı olduğundan, bu sert tabakanın uzaklaştırılması için fiziksel ve kimyasal yöntemler kullanılmıştır. İlk aşamada dokunun parçalanmasını kolaylaştırmak için ve yüzeyindeki kontaminasyon riskini yok etmek için %96'lık etanolle üç kez yıkandı. Daha sonra alkolün uzaklaştırılması için oda sıcaklığında 2-3 saat bekletilmiştir. İkinci aşamada kurutulan doku santrifüj tüplerine alınarak 70 µl dH₂O distile su ilave edilmiştir. Tüpler gün aşırı sürede oda sıcaklığında bekletilmiş ve şişirilmesi sağlanmıştır. Daha sonra dokunun ani parçalanmasının sağlanması için -54° C'de 24 saat tutularak dondurulmuştur. Tüplerde dondurulan örnekler daha sonra 14.500 rpm'de santrifüjlenerek dokuların parçalanması sağlanmıştır. Fiziksel parçalama sonrası, kimyasal muamele için dokunun sindirilmesi ve eritilmesi için deterjan özellikli enzimatik solüsyonlar eklenmiştir. Bu işlem aşamaları sırasıyla;

1. Her bir bireye ait femur parçalarının bulunduğu tüplere 10 µl Ekstraksiyon Solüsyonu ve 2,5 µl Tissue Preparation solüsyonu RED Extract-N-AmpTM Tissue kitinden eklenmiştir. Daha sonra tüpler vortekslendi ve kısa spin santrifüjü yapılmıştır.
2. Daha sonra solüsyonların dokuya fikse olması için oda sıcaklığında 10 dakika bekletilmiştir. Bu süreç içerisinde aralıklı olarak 2-3 kez vortekslenmiş ve kısa spin santrifüjü yapılmıştır.
3. Solüsyonlardaki enzimlerin aktivasyon etkinliğini arttırmak için Termal Döngü Cihazı kullanılmıştır. Aşamalar enzim aktivasyonu için, 10 dakika 35° C, sonra 20 dakika daha 55° C, daha sonra da enzimin inaktivasyonu için 3 dakika 95° C'de termal ısı kullanılmıştır.
4. Son aşamada elde edilen çıplak total genomik DNA'ya 10 µl Neutralization Solüsyon B eklenerek, 4° C'de PZR aşaması için saklanmıştır.

3.2.2.2 Barkod Bölgesinin (mtCOI) PZR ile Çoğaltılması

Barkod bölgesinin çoğaltılması için Polimeraz Zincir Reaksiyonu yöntemi ile Termal Döngü Cihazı kullanılarak yapılmıştır. Total Genomik DNA içerisinde yer alan barkod bölgesinin (mtDNA) çoğaltılmasında REDExtract-N-AmpTM Tissue PCR kiti kullanılmıştır. Lepidoptera üyelerinin barkodlanmasında kullanılan evrensel primerler LepF: 5'-ATTCAACCAATCATAAAGATATTGG-3' ve LepR: 5'-AAACTTCTGGATGTCCAAAAAATCA-3' bu çalışmada da tercih edildi. Sunulan çalışmada uygulanan PZR aşamaları Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 *Satyrium* örneklerinden DNA barkod bölgesinin çoğaltılması için izlenen PZR aşamaları

PZR Aşamaları	Sıcaklık	Zaman	Döngü sayısı
Ön denatürasyon	94° C	2 dakika	1
Denatürasyon	95° C	40 saniye	
Primer bağlanması	45° C	40 saniye	5
Uzama	72° C	1 dakika	
Denatürasyon	95° C	40 saniye	
Primer bağlanması	51° C	40 saniye	36
Uzama	72° C	1 dakika	
Son uzama	72° C	10 dakika	1

Çoğaltılan barkod fragmentinin niteliğinin ve niceliğinin test edilmesi için agaroz jel elektroforezi yapılmıştır. Her bireye ait PZR ürünlerinden 2µl'lik örnekler, bu çalışma için hazırlanan %1'lik agaroz jele yüklenerek, elektriksel akıma (70 volt) tabi tutulmuştur. Fragment uzunluklarının kontrolü için 3 kb'lık markör kullanılmıştır ve fragmentler yeterince açılınca UV görüntüleyiciye alınarak fotoğrafı çekilmiştir. Bu işlem sonrasında filogenetik analizlerde kullanılmak üzere *Satyrium* üyelerine ait barkod dizilerinin okunması MacroGen (Amsterdam/Netherland) şirketi tarafından yapılmıştır.

3.2.2.3 Barkod Dizilerinin Kontrolü ve Veri Setinin Oluşturulması

Barkod fragmentlerinin Ab1 formatında gelen okuma dosyası Codoncode v. 4.1.1 hizalama programında incelenmiş ve nükleotidler kromatogramları üzerinde

kontrol edilmiştir. İkili ve çoklu karşılaştırılma için veri seti, moleküler taksonomik analizler için NCBI GenBank ve BOLDsystem DNA kütüphanelerinden diğer *Satyrium* üyelerine ait barkodların indirilmesi ile hazırlanmıştır (Anonim 2022a; 2022b). Bu çalışmanın materyallerini oluşturan yedi türe ait barkod dizileri MEGA v. 6.06 programında .fasta formatında kaydedilmiştir.

3.2.2.4 Genetik Uzaklık ve Tür Sınırlarının Belirlenmesi

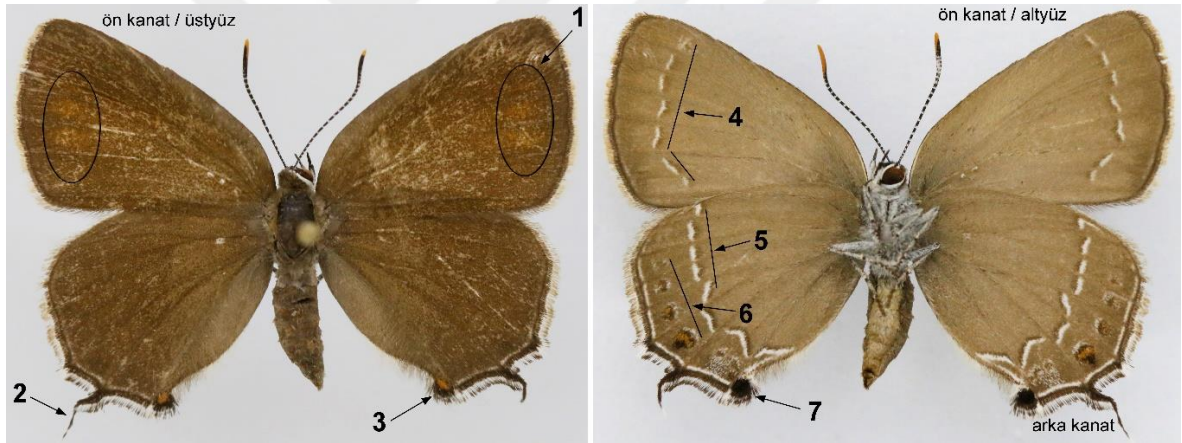
Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki *Satyrium* popülasyonlarının gen dizisindeki taşıdığı nükleotid farklılıklarının ortaya çıkarılması için Clustal-w (ikili-çoklu) parametresi karşılaştırılmalı yöntemle ve genetik uzaklıklarının hesaplanması için de Kimura-2 parametresi ile hesaplanmıştır. Tür sınırlaması ve tür içi mesafelerin ölçülmesinde Neighbour-joining Metodu (NJ) MEGA v. 6.06 programında ve Maksimum Olabilirlik kladistik algoritmaları kullanılmıştır (Kimura, 1980; Felsenstein, 1985; Saitou ve Nei, 1987; Tamura vd., 2013).



4. BULGULAR

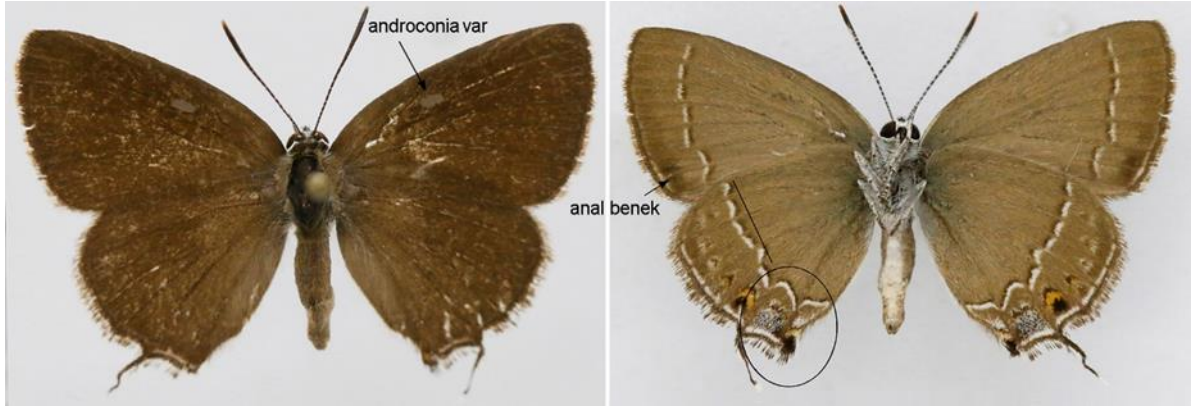
4.1 *Satyrrium* Türlerinin Teşhisi ve Morfolojik İncelemeleri

Bu cinsteki taksonlarda kanadın üst yüzü genellikle açık kahverengi ile koyu kahverengi arasında çeşitli tonlarda ortaya çıkar. Alt yüzündeki zemin renkleri ise yine açık kahverengi ile açık gri tonlara doğru (*S. ledereri*'de olduğu gibi) değişkenlik gösterebilir. Fakat asıl farklılıklar marjinal bölgedeki beneklerin sayısı, dizilişi ve gelişmişlik durumları, beneklerin renklenmesi, ön kanadın üst yüzündeki erkek koku organının (androconia) bulunup bulunmaması, arka kanat anal bölgedeki kuyruk ve loblarının boyutları, bazı türlerde postdiskal bölgedeki beyaz renkli kesik çizgilerden oluşan bandın yapısı gibi karakterler belirleyici olabilmektedir (Şekil 4.1).

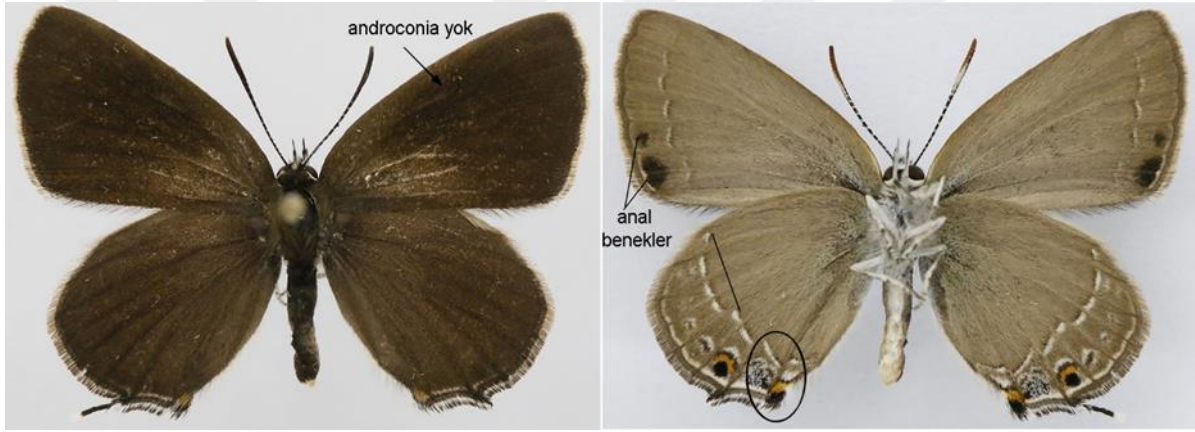


Şekil 4.1 *Satyrrium ilicis* bazı dış morfolojik karakterler: (1) Ön kanat üst yüzü postdiskal benek, (2) arka kanat kuyruk, (3) ve (7) arka kanat lobu, (4) ön kanat alt yüzü postdiskal çizgi, (5) arka kanat alt yüzü postdiskal çizgi, (6) arka kanat turuncu submarjinal benekler

Sunulan tezde yedi *Satyrrium* türüne ait bireylerin dış morfolojisi (kanat desenleri ve renkleri, abdomen yapısı vb.) detaylı şekilde incelenmiş ve kanadın üst-alt görünümleri fotoğraflanarak diagnostik özellikleri ortaya çıkarılmıştır. Türkiye'nin doğusunda yayılış gösteren *Satyrrium* cinsi taksonları *S. armenum* (alt yüzü açık grimsi mavi) ve *S. ledereri* (arka kanadın alt yüzündeki marjinal benekler çok gelişmiştir, submarjinal bölgedeki turuncu bantlar yay şeklinde dizilir) dışındaki diğer türlerin dış morfolojik açıdan ayrılması zordur (Şekil 4.4 - 4.7).



Şekil 4.2 *Satyrium marcidum* (erkek)-üst ve alt dış morfolojisi (erkek, kanat açıklığı 25 mm)-Hakkari Ağaçdibi (30Bç) 1250 m, 2018



Şekil 4.3 *Satyrium abdominalis* (dişi)-üst ve alt dış morfolojisi (dişi, kanat açıklığı 24 mm)-Van, Çatak, Dalbastı 1600 m, 2022



Şekil 4.4 *Satyrium armenum* (dişi)-üst ve alt dış morfolojisi (dişi, kanat açıklığı 22.5 mm) Van, Bahçesaray, Kırmızıköprü (65Au) 1540 m, 2016



Şekil 4.5 *Satyrium ilicis* (dişi)- üst ve alt dış morfolojisi (dişi, kanat açıklığı 29 mm)-
Hakkari, Yüksekova, Dağlıca 1650 m, 2021



Şekil 4.6 *Satyrium zabni* (erkek)-üst ve alt dış morfolojisi (erkek, kanat açıklığı 28 mm)-
Hakkari, Şemdinli, Karaağaç, Öveç, 1507 m, 2021



Şekil 4.7 *Satyrium ledereri*-üst ve alt dış morfolojisi (dişi, kanat açıklığı 24 mm)-İğdır,
Tuzluca, 2012

Özellikle *Satyrrium marcidum* ile *S. abdominalis* ve *S. ilicis* ile *S. zabni* çoğunlukla karıştırılan türler olarak bilinmektedir. Ancak, *S. marcidum* erkek bireylerinde ön kanat üstyüzünde androconia pullarının bulunmasıyla karakterize edilirken, *S. abdominalis*'ta bu erkek koku organı bulunmamaktadır. Ayrıca *S. marcidum*'da ön kanat marjinal bölgedeki kahverengi benekler silik ve belirgin değildir. *S. abdominalis*'ta bu benekler çok belirgindir ve gelişmiştir (Şekil 4.2 - 4.3).



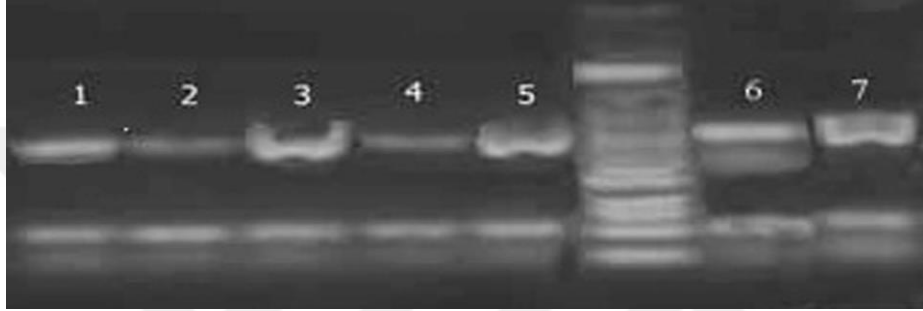
Şekil 4.8 *Satyrrium spini* (erkek)- üst ve alt dış morfolojisi (erkek, kanat açıklığı 26 mm)- Malatya Beydağı Tabiat Parkı (44Lc) 1275 m, 2015

Dış görünüşü itibariyle ayırması zor olan diğer iki tür ise *S. ilicis* ile *S. zabni*'dir. Her iki türün ön kanat açıklığı boyutlarını karşılaştırdığımızda *S. ilicis* daha büyük olduğu belirlendi (Şekil 4.5 - 4.6). Esasen *Satyrrium* cinsi içerisinde *S. ilicis* ön kanat açıklığı ortalama 29-31mm olarak en büyük türdür (Bu türün yayılışı Türkiye'nin batısı ve iç kesimlerinde daha yaygın iken, doğusunda sadece Bitlis, Erzurum, Erzincan, Iğdır ve Tunceli illerinden kesintili olarak yayılmış gösterir). Hakkari kaydı ise bu çalışma ile ortaya çıkmış, yeni bir il kaydıdır (Çizelge 3.1). Diğer bir ayırt edici özelliği dişi bireyin ön kanadın üstyüzündeki postdiskal bölgede yer alan turuncu renkli benektir. Batıdaki popülasyonlarında bu benek daha belirgin ve geniş alan kapsarken, Hakkari popülasyonlarında daha küçük ve az belirgin olarak gözükmemektedir (*S. zabni*'de bu benek bulunmaz) (Şekil 4.5 - 4.6). Ayrıca arka kanat lobunun altyüzü genellikle turuncu renkte olup, incelenen Hakkari örneklerinde *S. zabni*'da olduğu gibi çok belirgin olmasa da hafif mavi renkli alana sahiptir. Diğer taraftan submarjinal bölgedeki turuncu renkli benekler daha iyi gelişmiştir (*S. zabni*'de az gelişmiştir). Ön ve arka kanatlardaki postdiskal çizgiler *S. zabni*'ye göre nisbeten kalın ve belirgindir (Şekil 4.5 - 4.6).

4.2 Moleküler Bulgular

4.2.1 *Satyrrium* Türlerinin mtCOI Geni Fragment Kontrolü

Polimeraz zincir reaksiyonu (PZR) sonrasında elde edilen PZR ürünleri agaroz jel elektroforezinde koşturularak büyüklükleri (658 baz çifti) ve kalitesi markör ile karşılaştırılarak kontrol edildi ve fotoğrafı çekildi (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 *Satyrrium* türlerinin mtCOI DNA geni fragmentlerinin elektriksel alana tabi tutulduktan sonraki agaroz jel elektroforezi fotoğraf görüntüsü. Markörün büyüklüğü 3 kilo baz ve artış aralığı 100 baz çiftidir

4.2.2 *Satyrrium* Türleri Arasındaki Genetik Uzaklık Sonuçları

Sunulan tez çalışmasında farklı coğrafyalardan elde edilen *Satyrrium* türlerine ait barkod dizileri arasında site başına baz değişimlerinin sayısı yüzde olarak gösterilmektedir. Standart hata tahminleri, köşegenin üzerinde gösterilmiştir ve bir önyükleme yöntemi ile (1000 tekrarlı) elde edilmiştir (Çizelge 4.1).

Analizler, Kimura 2-parametre modeli kullanılarak yapılmıştır. Siteler arasındaki evrimsel hız değişimi, bir gama dağılımı ile modellenmiştir (Model parametresi = 2). Sonuç tablosunda 8 türe ait 17 popülasyonun genetik uzaklık değerleri 0.03 ila 0.06 arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Bu çalışmada sunulan *S. ledereri* popülasyonu ile (MW500194 - MW502506) popülasyonları arasında önemli bir genetik uzaklık belirlenmemiştir. *Satyrrium ledereri* ile *S. abdominalis*, *S. marcidum*, *S. w-album*, *S. acaciae* ve *S. armenium* ile 0.03 genetik uzaklığa sahipken, *S. ledereri* popülasyonunun *S. spini* ve *S. ilicis* ile 0.04 genetik mesafe belirlenmiştir.

Çizelge 4.1 *Satyrium* türleri arasındaki Kimura-2 parametresine göre genetik uzaklık sonuçları

Populasyonlar			K2P-Genetik uzaklıkları											
Satyrium ledereri Türkiye Populasyonu														
EULEP5112-17 Satyrium_ledereri_MW500194	0.00													
EULEP5113-17 Satyrium_ledereri_MW502506	0.00	0.00												
IRANB349-08 Satyrium_abdominalis	0.03	0.03	0.03											
Satyrium_abdominalis_Turkiye_populasyonu	0.03	0.03	0.03	0.00										
Satyrium_marcidum_Turkiye_populasyonu	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00									
Satyrium_armenium_Turkiye_populasyonu	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03								
EULEP6183-20 Satyrium_acaciae	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03							
EULEP830-15 Satyrium_w-album_MW502549	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04					
EZRMN252-08 Satyrium_acaciae_ HQ005164	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	0.00	0.04				
Satyrium_ilicis_Turkiye_populasyonu	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06			
Satyrium_spini_Turkiye_populasyonu	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06			
Satyrium_spini_Turkiye_populasyonu	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.01		
ATLAS735-22 Satyrium_spini	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06	0.01	0.01	
ABOLD055-16 Satyrium_spini_MN143136	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.01	0.00	0.01
BIBSA1252-15 Satyrium_ilicis_MN145111	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.06	0.06	0.06
EULEP6296-20 Satyrium_ilicis	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.06	0.06	0.06

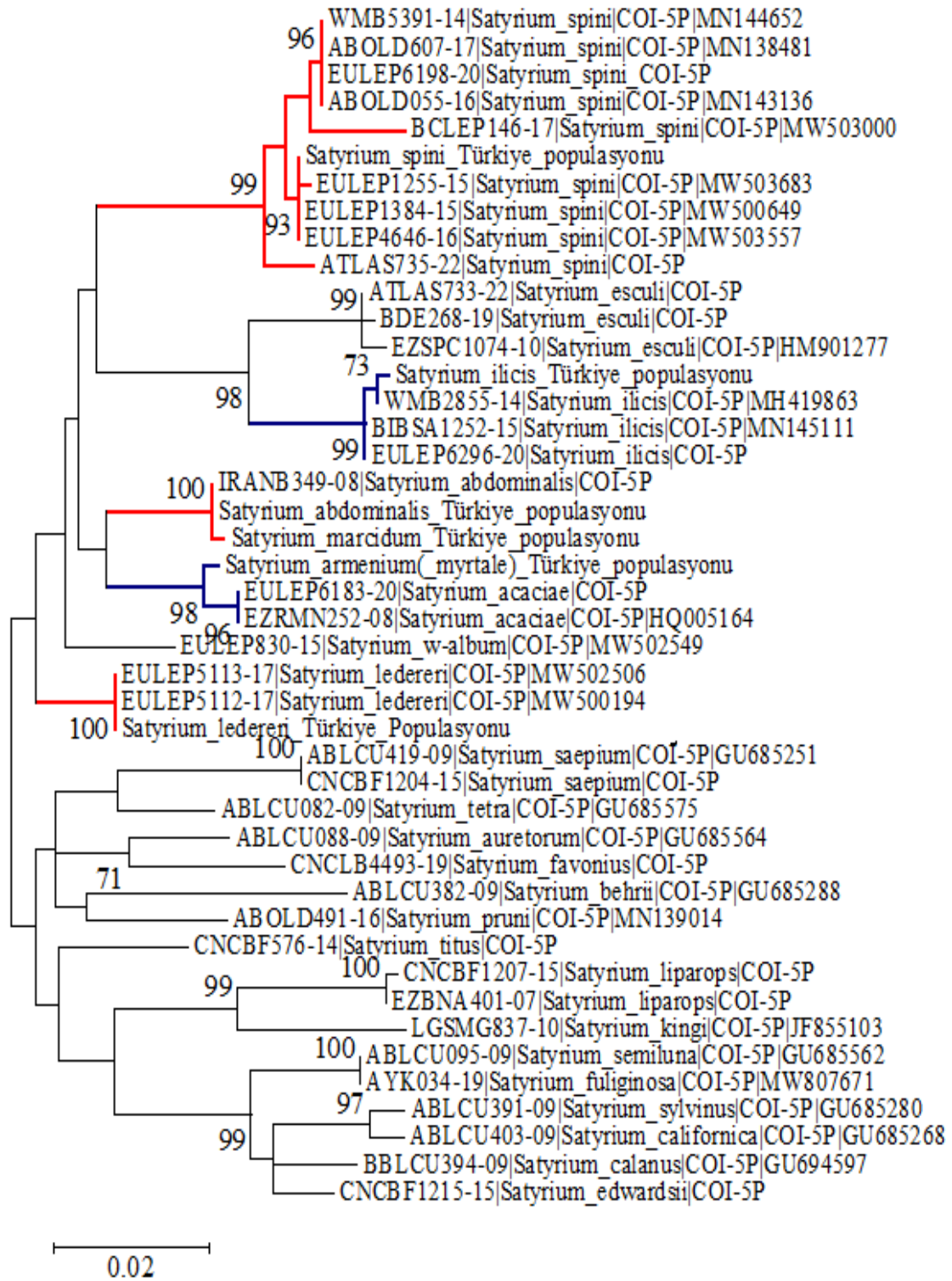
S. abdominalis ile *S. marcidum* popülasyonları arasındaki genetik mesafe 0.02'den küçük olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada sunulan *S. ilicis* popülasyonu türün diğer popülasyonları arasındaki genetik uzaklık 0.00 olarak belirlenmiştir. *S. ilicis* popülasyonunun diğer türlerle arasındaki genetik mesafe *S. ledereri* popülasyonu ile 0.04, *S. abdominalis*, *S. w-album*, *S. armenium* popülasyonlarıyla 0.05 ve *S. acaciae*, *S. spini* popülasyonları ile 0.06 olarak tespit edilmiştir.

4.2.3 *Satyrrium* Türlerinin mtCOI Genine Dayalı Filogenisi

Doğu Anadolu Bölgesine ait *Satyrrium* türlerinin filogeni tahmini için neighbour-joining (NJ) ve Maksimum olabilirlik (ML) ağaçları yapılandırılmıştır.

Kimura 2-parametresine göre hesaplanan neighbour-joining (NJ) ağacına göre *Satyrrium spini* popülasyonları aynı kladta güçlü destekle kümelenmiştir. Hemen kardeş klad olarak *S. esculi* popülasyonları güçlü destekle bağlanmıştır. Kardeş pozisyonlu olarak bu klada *S. ilicis* kladı bağlanmıştır. İkinci ana kladı *S. abdominalis*-*S. marcidum* grubu ile *S. armenium*-*S. acaciae* grubunu oluşturmuştur. Bu klada bazal olarak *S. w-album* popülasyonu bağlanmış ve *S. ledereri* popülasyonlarının oluşturduğu ana klad diğer ana klada kardeş pozisyonlu yerleşmiştir.

Kardeş pozisyonlu türler *S. saepium* ile *S. tetra* ve *S. auretorum* ile *S. favonius* ve *S. pruni* ile *S. behrii* kardeş pozisyonlu bir ana kladı oluşturmuşlardır. İkinci ana kladta *S. liparops* popülasyonları ile *S. kingi* popülasyonu kardeş pozisyonlu yerleşmişlerdir. Bu klada kardeş grup olarak bağlanan iki alt kladtan oluşan altı tür yerleşmiştir. İlki *S. sylvinus* ile *S. californica* popülasyonlarından oluşmuştur. İkinci alt klad ise *S. semiluna* ile *S. fuliginosa* popülasyonlarından ve *S. calanus* ve *S. edwardsii* popülasyonlarından oluşmuştur. Bu büyük klada *S. titus* popülasyonu kardeş pozisyonlu bağlanmıştır.

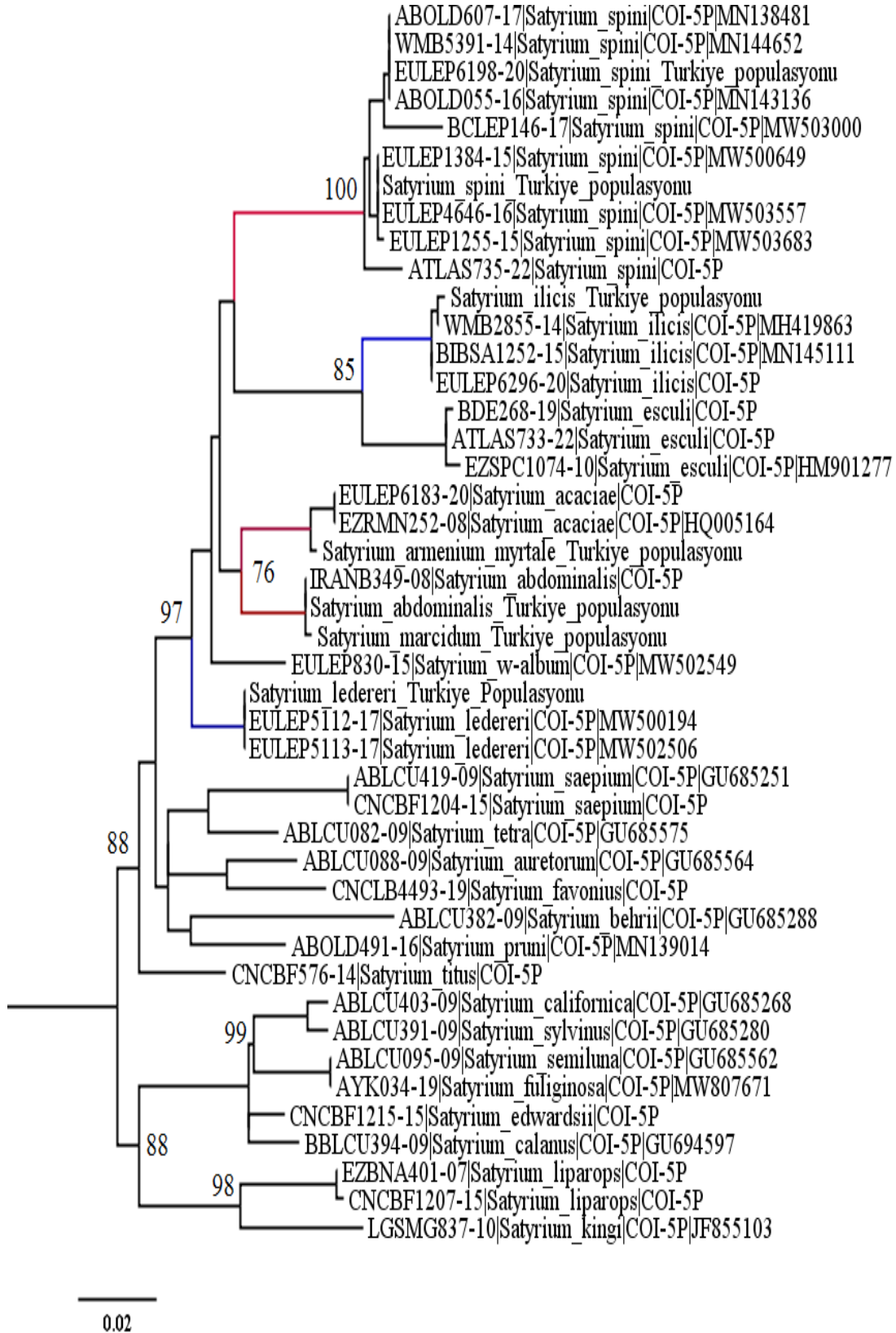


Şekil 4.10 *Satyrium* popülasyonlarının barkod (mtCOI) dizileri kullanılarak oluşturulan neighbour-joining ağacı (NJ)

Satyrium popülasyonlarından oluşan maksimum olabilirlik ağacına göre sırasıyla ilk ana kladı *S. spini* popülasyonları oluşturmuştur. Bu klada kardeş grup olarak *S. ilicis* ile *S. esculi* popülasyonlarından oluşan kladlar yerleşmiştir. İkinci ana klada *S. acaciae* popülasyonları ile *S. armenium* Türkiye popülasyonu kardeş pozisyonlu olarak, *S. abdominalis* İran popülasyonu ile Türkiye popülasyonu ve *S. marcidum* Türkiye popülasyonu kardeş pozisyonlu yerleşmiştir. Bu klada bazal pozisyonlu *S. w-album* popülasyonu (MW502549) bağlanmıştır. Bu büyük klada yakın pozisyonlu yerleşen *S. ledereri* popülasyonları monofiletik klad oluşturmuştur.

Maksimum olabilirlik ağacının diğer yarısına yerleşen *S. saepium* popülasyonları *S. tetra* popülasyonu ile kardeş pozisyonlu, bu klada politomik *S. auretorum* ile *S. favonus* popülasyonları ve *S. behrii* ile *S. pruni* popülasyonları bağlanarak klad oluşturmuştur. Bu klada bazal olarak *S. titus* popülasyonu bağlanmıştır.

Bir ana kladı dokuz türün popülasyonlarından oluşan iki alt klad oluşturmuştur. İlk alt klada *S. californica* ile *S. sylvinus* popülasyonları ve *S. semiluna* ile *S. fuliginosa* popülasyonları ve politomik olarak *S. edwardsii* ile *S. calanus* popülasyonları bağlanmıştır. İkinci alt klada *S. liparops* popülasyonları ve *S. kingi* popülasyonu kardeş pozisyonlu yerleşmiştir.



Şekil 4.11 *Satyrium* popülasyonlarının barkod (mtCOI) dizileri kullanılarak oluşturulan Maksimum olabilirlik ağacı (ML)

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Dünya çapında artan tahribat ve doğal ekosistemlerin bozulması, türlerin feci yok oluşlarını hızlandırmaktadır. Çoğu türün tanımlanmadan kaldığı göz önüne alındığında, biyoçeşitliliği kataloglama ve açıklama çabalarına öncelik verilmelidir. Kriptik türler üzerine yapılan araştırmalar son yirmi yılda katlanarak arttı, büyük ölçüde DNA dizilerinin artan mevcudiyetiyle desteklendi. Şifreli türlerin tanımlanması, Linnaean sınıflandırma sistemi benimsenmeden önce bile biyologları ve doğa bilimcileri zorladı. Tür tanımlarının çoğu, morfolojik veya tipolojik tür kavramı olarak kabul edilebilecek kavramla uyumludur. Çünkü bu tür tanımları, Mayr'ın 'biyolojik tür kavramı'nın şimdi ilk somut örneğini dile getiren klasik hayvan türleri ve evriminden önceye dayanmaktadır. Türleşmeye her zaman morfolojik değişim eşlik etmediğinden, biyolojik türlerin gerçek sayısı muhtemelen daha fazladır. Bu nedenle çoğu tür olan nominal türlerin mevcut çetelesi tamamen morfolojik gerekçelerle betimlenmiştir.

Yaşam ağacı boyunca türler içindeki beklenmedik genetik çeşitlilik, çeşitlilik tahminlerimizde olası bölgesel ve taksonomik önyargılar hakkında birkaç soru sormaktadır. Böcekler gibi büyük ve çeşitli grupları bilinmeyen sayıda olan taksonlar yeni türleri saklıyor mu? Çünkü bir "tür" içindeki genetik çeşitliliği, morfolojik olarak durağan kladogenezin yeterince takdir edilmeyen mekanizmalarını da (yani, morfolojik değişiklik olmaksızın yeni türlerin çeşitlendirilmesi gibi) içermektedir.

Sunulan tez çalışmasında Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki *Satyrium* cinsine ait türlerin morfolojik ve moleküler teşhislerinin yapılması amaçlandı. Öncelikle dış morfolojik karakterleri ortaya çıkarıldı. Buna göre *Satyrium ledereri*, *Satyrium armenum*, *Satyrium ilicis*, *Satyrium abdominalis*, *Satyrium marcidum*, *Satyrium zabni* ve *Satyrium spini* türleri teşhis edildi. *Satyrium* cinsi içerisinde *S. abdominalis*, *S. armenum*, *S. hyrcanicum*, *S. ledereri* ve *S. spini* türleri dış morfolojik özelliklerine göre kolay teşhis edilmiştir (Şekil 4.1 - 4.7). Fakat *Satyrium marcidum* ile *S. abdominalis* ve *S. zabni* ile *S. ilicis* türlerini dış görünüşü itibarıyla aşağıda dile getirilen bazı karakterler dikkate alınmıştır. *S. marcidum*'da ön kanat alt yüzünün anal bölgesindeki submarjinal benek genellikle bulunmadığı veya çok silik olarak gözlenmiştir. Fakat *S. abdominalis*'te belirgin ve diagnostik karakterlerinden birisi olarak bilinmektedir (Şekil 4.3, 4.4). *Satyrium ilicis* türüne ait iki dişi örnek incelenmiş olup, *S. zabni*'de

bulunmayan bir özellik dişilerin ön kanat üst yüzünde belirgin sarı-turuncu renkli postdiskal alan mevcuttu. Ancak her iki türün erkeklerinde bu karakter bulunmadığı ve ayırt edilemediği gözlenmiştir. Fakat *S. ilicis*'te nisbeten kalın postdiskal çizgiler (*S. zabni*'de ince ve zayıf) her iki eşeyde de belirgindir. Bu karakter iki türü ayırt etmede bir dereceye kadar yardımcı olmuştur. Diğer taraftan, her iki türde de kanadın alt yüzündeki desenler değişkenlik göstermiştir (Şekil 4.4, 4.5). Bu yüzden erkek bireylerin ayrımı morfolojik olarak zor olmuştur. Morfolojik sonuçlara göre kanat desenleri, kanat rengi ve kanat üzerinde bulunan benekler ve çizgiler dikkate alındığında *S. armenum*, *S. ledereri*, *S. spini* türlerinin dışındaki taksonların henüz belirgin ayırt edici (diagnostic) karaktere sahip olmadığı, türleşmenin kesin sınırlarını çizmede başlangıç aşamasında olduğunu söylemek mümkündür.

Moleküler filogenetik belirteçlerin yaygın kullanımı, yaşamın ve çeşitliliğinin anlaşılmasında bir atılım ve sistematikte bir tür devrime yol açmıştır. Filogenetik çalışmalar, doğa bilimcilerin yüzyıllardır arzuladıkları bir şey olan, doğal grupların tanınmasına destek sağlar. Kelebeklerde, diğer organizma gruplarında olduğu gibi, geniş bir fikir birliğine sahip yeni bir genel sınıflandırma önerilmiştir. Aynı zamanda, DNA dizilerinin analizine dayalı filogenetik çalışmalar, çeşitli ailelerde ve soylarda yürütülmüştür. Bununla birlikte, filogenetik ilişkileri hala tam olarak anlamıyoruz ve pek çok organizmada fenotipik karakterlerin nasıl ve neden ifade edildiğini veya değiştirildiğini bilmiyoruz. Moleküler filogenetikteki son gelişmelerin ortaya çıkardığı en büyük zorluklardan biri, genellikle doğa bilimcilerin kafasını karıştıran bir durum olan, genetik ve morfolojik kanıtlar arasındaki eşitsizliktir. Sunulan çalışmada Doğu Anadolu Bölgesindeki bazı *Satirium* türlerinin genetik uzaklık ve moleküler taksonomik analizleri yapılmıştır. Türler arasındaki Kimura 2- parametresine göre hesaplanan genetik mesafe 0.00-0.06 arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1). *S. spini*, *S. ilicis*, *S. abdominalis* ve *S. ledereri* popülasyonlarının tür sınırları sonuçlarına göre kararlı türler olarak gözükmektedir. Ancak *S. abdominalis* popülasyonları ile *S. marcidum* Türkiye popülasyonu arasındaki genetik mesafe 0.02 değerine yakın olmakla birlikte farklı tür değerlendirmesi için yetersiz kalmıştır. Aynı şekilde *S. acaciae* popülasyonları ile *S. armenium* popülasyonu arasındaki genetik uzaklık da 0.02 değerinin altındadır. *Satirium* türlerinin filogeni tahminleri bir köksüz ve köklü ağaç algoritmaları ile yapılmıştır (Şekil 4.10-4.11). Her iki ağacın topolojileri birbiriyle

benzer olması ve destek değerlerinin güçlü olması çalışmanın güvenilirliğini arttırmaktadır. Her iki algoritma da da *S. spini*, *S. ilicis*, *S. abdominalis* ve *S. ledereri* popülasyonlarının monofiletik kladlar halinde gruplanması farklı türler olduğunu desteklemektedir. Ancak *S. marcidum* popülasyonu *S. abdominalis* popülasyonlarıyla ve *S. armenium* popülasyonu da *S. acaciae* popülasyonları ile kladistik açıdan tür seviyesinde bir ayrım belirlenemedi. *S. zabni* örneğinin barkod boyu 658 bazdan küçük olması nedeniyle moleküler analizlere eklenememiştir. Bu nedenle yalnızca morfolojik değerlendirmesi yapılmıştır. Bu nedenle cins içerisinde bu popülasyonun tür sınırlaması yapılamamıştır. Bu sonuçlara göre morfolojik olarak teşhis edilen yedi türün dört tanesi (*S. spini*, *S. ilicis*, *S. abdominalis* ve *S. ledereri*) moleküler analizlerde de kararlı türler olduğu, iki türün (*S. marcidum*, *S. armenium*) ise henüz türleşme aşamasında olması nedeniyle tür altı seviyede kaldığı belirlenmemiştir. Bu nedenle morfolojik karakterlere göre popülasyonlardaki varyasyonlar ata popülasyondan ayrımı ve belirlenen genetik mesafeler bu cinsteki türleşmeyi desteklemektedir. Herhangi bir tanımla, türleşme genetik ayrışmayı gerektirir. Morfolojik olarak ayrımı zor olan türlerde, eğer bir popülasyon, kendisini bulduğu ortamda neredeyse optimal bir fenotipi ifade edebiliyorsa, o zaman hayatta kalma ve üreme yeteneğinde çok az değişiklik vardır veya hiç yoktur, dolayısıyla farklı seçim çok azdır veya hiç yoktur. Bu, fenotipik esnekliği genetik evrim üzerinde bir kısıtlama olarak görmek ve çevre kaynaklı varyasyonun evrimsel potansiyelini göz ardı etmek için uzun süredir sezgisel bir neden olmuştur. Geniş yayılışlı türlerde artan ekolojik esneklik ile tutarlıdır. Bununla birlikte, ekolojik esnekliğin genetik ayrışmayı ne ölçüde önlediği veya yavaşlattığı, farklı coğrafyalardan popülasyonların incelenmesi ve barkodlanması ile belirlenebilir.

Sonuç olarak, sunulan çalışmada Doğu Anadolu bölgesindeki yedi *Satriyum* türünün dış morfolojik özellikleri ortaya çıkarıldı ve teşhis edildi. Bunlardan altı tanesinin mtCOI barkodları ile yapılan analizlerle, genetik uzaklıkları ve moleküler taksonomisi hesaplandı. Bu sonuçlara göre *S. spini*, *S. ilicis*, *S. abdominalis* ve *S. ledereri* kararlı türler olarak, *S. marcidum*, *S. armenium* türleşme sürecinde olan popülasyonlar olduğu belirlendi.



KAYNAKLAR

- Anonim. (2022a). Barcode of life data system. Erişim tarihi: 14 Mart 2023. Erişim adresi: <http://www.boldsystems.org/index.php>
- Anonim. (2022b). National center for biotechnology information. Erişim tarihi: 14 Mart 2023. Erişim adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/?term=Satyrium+COI>
- Bálint, Z., Katona, G., Kertész, K. (2019). A new species of *Penaincisalia* (Lepidoptera: Lycaenidae) from Peru. *Opuscula Zoologica*, 50(2), 137-144.
- Cancela, J.P., Munguira, M.L., García-Barros, E. (2014) Immature stages and adult morphology as a contribution to the phylogeny of the West Palaearctic lycaenid butterflies (Lepidoptera: Lycaenidae). *Annales de la société entomologique de France*, 50, 418-430.
- Clark, G.C., Dickson, C.G.C. (1971). ***Life Histories of the South African Lycaenid Butterflies*** (1. ed.). Purnell Yayıncılık: Cape Town, Güney Afrika.
- Cong, Q., Shen, J., Borek, D., Robbins, R.K., Otwinowski, Z., Grishin, N.V. (2016). Complete genomes of hairstreak butterflies, their speciation, and nucleomito-mitochondrial incongruence. *Scientific Reports*, 6(24863), 1-15.
- Cong, Q., Shen, J., Borek, D., Robbins, R.K., Opler, P.A., Otwinowski, Z. (2017). When COI barcodes deceive, complete genomes reveal introgression in hairstreaks. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 284 (1848), 20161735.
- Dinca, V., Dapporto, L., Vila, R. (2011). A combined genetic-morphometric analysis unravels the complex biogeographical history of *Polyommatus icarus* and *Polyommatus celina* Common Blue butterflies. *Molecular Ecology*, 20, 3921-3935.
- Downey, J.C., Allyn, A.C. (1981) Chorionic sculpturing in eggs of Lycaenidae. Part I. *Bulletin of the Allyn Museum*, 61, 1-29.
- Downey, J.C., Allyn, A.C. (1984) Chorionic sculpturing in eggs of Lycaenidae. Part II. *Bulletin of the Allyn Museum*, 84, 1-44.
- Duarte, M., Robbins, R.K. (2010). Description and phylogenetic analysis of the Calycopidina (Lycaenidae, Theclinae, Eumaeini): a subtribe of detritivores. *Revista Brasileira de Entomologia*, 54(1), 45-65.
- Espeland, M., Breinholt, J., Willmott, K.R., Warren, A.D., Vila, R., Toussaint, E.F.A. (2018). A comprehensive and dated phylogenomic analysis of butterflies. *Current Biology*, 28(5), 770-778.
- Eastwood, R.G., Pierce, N.E., Kitching, R.L., Hughes, J.M. (2006). Do ants enhance diversification in lycaenid butterflies? Phylogenetic evidence from a model myrmecophile. *Jalmenus evagoras*. *Evolution*, 60(2), 315-327.
- Felsenstein, J. (1985). Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap. *Evolution*, 39, 783-791.
- Fiedler, K. (1991). The tricky nature of skewed frequency tables: An information loss account of distinctiveness-based illusory correlations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 60, 24-36.
- Freitas, A.V.L., Brown, K.S. (2004). Phylogeny of the Nymphalidae (Lepidoptera). *Systematic Biology*, 53, 363-383.
- García-Barros, E., Martín, J. (1995). The eggs of European *Satyrine* butterflies (Nymphalidae): external morphology and its use in systematics. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 115 (1), 73-115.

- García-Barros, E., Munguira, M.L., Stefanescu, C., Vives, A. (2013). Fauna Iberica, Lepidoptera: Papilionoidea. *Museo Nacional de Ciencias Naturales*, 37(3), 1198-1213.
- Gorbunov O.G. (2001). A new genus of Tinthiini (Lepidoptera, Sesiidae) from the Western Palaearctic. *Melittia, a Lepidopterological Almanac*, 1, 137-143.
- Hernández-Roldán, J. L., Munguira, M. L., Wagner, W., Vila, R. (2012) Comparative analysis and taxonomic use of the morphology of immature stages and natural history traits in European species of *Pyrgus* Hübner (Lepidoptera: Hesperidae, Pyrginae). *Zootaxa*, 3470, 1-71.
- Hernández-Mejía, B.C., Flores-Gallardo, A., Llorente, J. (2014a) Morfología del corion en especies de los géneros *Ascia* y *Ganyra* y su comparación con otros géneros próximos de Pierinae (Lepidoptera: Pieridae). *Southwestern Entomologist*, 39 (1), 119-134.
- Hernández-Mejía, B.C., Flores-Gallardo, A., Llorente, J. (2014b) Morfología del corion en la subfamilia Coliadinae (Lepidoptera: Pieridae). *Southwestern Entomologist*, 39 (4), 853-885.
- Hesselbarth, G., Oorschot, H., Wägener, S. (1995). Die Tagfalter der Türkei unter Berücksichtigung der angrenzenden Länder. *Zobodat*, 1994, 209-210.
- Huang S-Y, Wang M, Da W, Fan X-L. (2019). New discoveries of the family Epicopeiidae from China, with description of a new species (Lepidoptera, Epicopeiidae). *ZooKeys*. 822, 33-51.
- Kaminski, L. A., Freitas, A.V.L., Oliveira, P. S. (2010). Interaction between mutualisms: ant-tended butterflies exploit enemy-free space provided by ant tree hopper associations. *American Naturalist*, 176(3), 332-334.
- Kaminski, L.A., Rodrigues, D., Freitas, A.V.L. (2012). Immature stages of *Parrhasius polibetes* (Lepidoptera: Lycaenidae): host plants, tending ants, natural enemies and morphology. *Journal of Natural History*, 46(11/12), 645-667.
- Kimura, M. (1980). A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal of Molecular Evolution*, 16, 111-120.
- Koçak, A. Ö. (1977). Studies on the family Lycaenidae (Lep.) I. New taxa and records from East Turkey. *Atalanta*, 8 (1), 41-62.
- Koçak, A. Ö., Kemal, M. (2018). A synonymous and distributional list of the species of the Lepidoptera of Turkey. *Memoirs*, 8, 1-487.
- Koçak, A. Ö., Kemal, M. (2019). First updated geographical codes used in the publications of the Cesa. *Priamus*, 17 (4), 319-360.
- Korshunov, Y. P. (2002). *Bulavousyie cheshuekrylyie Severnoi Aziyi*. (3. ed). KMK Yayıncılık: Barnaul, Rusya.
- Kronforst M. R., Hansen M. E. B., Crawford, N. (2013). Hybridization reveals the evolving genomic architecture of speciation. *Cell Reports*, 5, 666-677.
- Lafranchis, T., Delmas, S., Mazel, R. (2015). Le contact *Iphiclidus feisthamelii* - *I. podalirius*. Statut de ces deux taxons (Lepidoptera, Papilionidae). *Revue de l'Association Roussillonnaise d'Entomologie*, 24(3), 111-132.
- Lamas, G. 2008. La sistemática sobre mariposas Lepidoptera: Hesperioidea y Papilionoidea. In J. E., Llorente, A. Lanteri (Eds.), **Contribuciones taxonómicas en ordenes de insectos hiperdiversos**. (3. ed., Vol. 3, pp. 57-70). Science Presses: Unam, México.

- Lamas, G., McInnis, M.L., Busby, R.C., Robbins, R.K. (2021). The lycaenid butterfly fauna (Lepidoptera) of Cosñipata, Peru: annotated checklist, elevational patterns, and rarity. *Insecta Mundi*, 61, 1-34.
- Llorente, J., Castro, J. (2007). Estudios en Sistemática de Dismorphiini (Lepidoptera: Pieridae) I: Morfología de huevos y su importancia taxonómica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 31 (118), 145-164.
- Lukhtanov, V. A., Kandul, N. P., Plotkin, J. B. Dantchenko, A. V., Haig, D., Pierce, N. E. (2005). Reinforcement of pre-zygotic isolation and karyotype evolution in *Agrodiaetus* butterflies. *Nature*, 436, 385-389.
- Martins, A.R.P., Duarte, M., Robbins, R. K. (2019a). Phylogenetic classification of the Atlides section of the Eumaeini (Lepidoptera, Lycaenidae). *Zootaxa*, 4563(1), 119-134.
- Martins, A.R.P., Duarte, M., Robbins, R.K. (2019b). Hairstreak butterflies (Lepidoptera, Lycaenidae) and evolution of their male secondary sexual organs. *Cladistics*, 35(2): 173–197.
- Munguira, M.L. (1989) ***Biología y biogeografía de los Licénidos Ibéricos en peligro de extinción (Lepidoptera, Lycaenidae)***. Ediciones Universidad Autónoma de Madrid: Madrid, Spain.
- Oorschot, H. V., Brink, H. (1991). Rhopalocera of Turkey 6 On the geographical variation of *Satyrrium ilicis* (Esper) with description of *S. ilicis zabni* n. ssp. from South East Turkey (Lepidoptera, Lycaenidae). *Entomologische berichten*, 51 (3), 38-43.
- Oorschot, H., Brink, H., Coutsis, J. G. (2004). Rhopalocera of Turkey 17 *Satyrrium ilicis zabni* raised to species level (Lepidoptera: Lycaenidae). *Phegea*, 32 (4), 137-145.
- Payseur, B. A., Presgraves, D. C., Filatov, D. A. (2018). Sex chromosomes and speciation. *Molecular Ecology*, 27, 3745-3748.
- Presgraves, D. C. (2018). Evaluating genomic signatures of “the large X-effect” during complex speciation. *Molecular Ecology*, 27, 3822-3830.
- Robbins, R. K. (2004). Atlas of Neotropical Lepidoptera. In J. B. Heppner (Ed.), ***Introduction to the checklist of Eumaeini (Lycaenidae)*** (2. ed., Vol. 1, pp. 339-415). Scientific Publishers: Mexico.
- Robbins, R. K., Martins, A.R., Busby, R. C., Duarte, M. (2012). Loss of male secondary sexual structures in allopatry in the Neotropical butterfly genus *Arcas* (Lycaenidae: Theclinae: Eumaeini). *Insect Systematics & Evolution*, 43(1), 35-65.
- Robbins, R. K., Cong, Q., Zhang, J., Shen, J., Busby, R.C., Faynel, C. (2022). Genomics-based higher classification of the species-rich hairstreaks (Lepidoptera: Lycaenidae: Eumaeini). *Systematic Entomology*, 47(3), 1-25.
- Saitou, N., Nei, M. (1987). The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution*, 4, 406-425.
- Sarto, V., Masó, A. (1991). Confirmación de *Cacyreus marshalli* Butler, 1898 (Lycaenidae, Polyommatainae) como nueva especie para la fauna europea. *Boletín de Sanidad Vegetal y Plagas*, 17, 173-183.
- Settele, J., Kudrna, O., Harpke, A., Kühn, I., Swaay, C., Verovnik, R. M. W., Schweiger, O. (2008). Climatic risk atlas of European butterflies. *BioRisk*, 10, 1-710.

- Stradomsky, B. V., Fomina, E. S. (2019). Some nuances of molecular phylogeny of the genus *Satyrrium* Scudder, 1876 (Lepidoptera: Lycaenidae). *Caucasian Entomological Bulletin*, 15(1), 203-205.
- Talavera, G., Lukhtanov, V.A., Pierce, N.E., Vila, R. (2013) Establishing criteria for higher-level classification using molecular data: the systematics of *Polyommatus* blue butterflies (Lepidoptera, Lycaenidae). *Cladistics*, 29, 166-192.
- Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A., Kumar, S. (2013). MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*, 30, 2725-2729.
- Thomas, J.A., Munguira, M.L., Martín, J., Elmes, G.W. (1991). Basal hatching by Maculinea butterfly eggs: a consequence of advanced myrmecophily? *Biological Journal of the Linnean Society*, 44, 175-184.
- Tuzov, V. K., Bogdanov, P. V., Churkin, S. V., Dantchenko, A. V., Devyatkin, A. L., Murzin, D. J., Samodurov, G. D., Zhdanko, A. B. (2000). ***Guide to the Butterflies of Russia and Adjacent territories (Lepidoptera, Rhopalocera): Libytheidae, Danaidae, Nymphalidae, Rionidae, Lycaenidae***. Pensoft: Moscow, Russian.
- Weidenhoffer, Z., Bozano, G.C., Churkin, S. (2004). Guide to the butterflies of the Palearctic region. In G. C. Bozano (Ed.). ***Omnes Artes, Milano: Lycaenidae***. Omnes artes Yayıncılık: Italya.
- Wahlberg, N., Braby, M.F., Brower, A.V.Z., De Jong, R., Lee, M.M., Nylin, Zakharov, E. (2005). Synergistic effects of combining morphological and molecular data in resolving the phylogeny of butterflies and skippers. *Proceedings of the Royal Society B*, 272, 1577-1586.
- Valencia-Montoya, W.A., Quental, T.B., Tonini, J.F.R., Talavera, G., Crall, J. D., Lamas, G. (2021). Evolutionary trade-offs between male secondary sexual traits revealed by a comprehensive phylogeny of the hyperdiverse tribe Eumaeini (Lepidoptera: Lycaenidae). *Proceedings of the Royal Society of London B*, 288 (1950), 202-251.
- Vargas, H.A., Duarte, M. (2016). First host plant record for *Strymon davara* (Hewitson) (Lepidoptera, Lycaenidae) in the highly humanmodified coastal valleys of the Atacama Desert. *Revista Brasileira de Entomologia*, 60(4), 352-355.
- Vila, R., Bell, C.D., Macniven, R., Goldman-Huertas, B., Ree, R.H., Marshall, C.R., Pierce, N.E. (2011) Phylogeny and palaeoecology of *Polyommatus* blue butterflies show Beringia was a climate-regulated gateway to the New World. *Proceedings of the Royal Society B*, 278, 2737-2744.

ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Umut İÇEN

Eğitim Bilgileri

Lisans : Biyoloji Öğretmenliği
Üniversite : Necmettin Erbakan Üniversitesi
Fakülte : Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi
Bölüm : Biyoloji Öğretmenliği
Mezuniyet Yılı : 2014





VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih. 07/07/2023

Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki *Satyrium* (SCUDDER, 1876) (Lycaenidae/Lepidoptera) Cinsine Ait Türlerin Morfolojik ve Moleküler Taksonomisi

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmamın, kapak sayfası, giriş, ana bölümler ve sonuç bölümlerinden oluşan toplam 56 (ellialtı) sayfalık kısmına ilişkin, 07/07/2023 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre tezin benzerlik oranı %1 (bir) dir.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit match size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

07/07/2023
Tarih ve imza

Adı soyadı: Umut İÇEN

Öğrenci no: 20910001170

Anabilim dalı: Biyoloji

Programı:

Statüsü: (X) Yüksek lisans () Doktora

DANIŞMAN

UYGUNDUR

ENSTİTÜ ONAYI

UYGUNDUR