

Coleoptera (Insecta) Takımına Bağlı Böceklerin Filogenisi

Nilay GÜLPERÇİN*

Ege Üniversitesi Tabiat Tarihi Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bornova, İzmir

Özet

Filogeni çeşitli organizmalar arasındaki evrimsel akrabalık ilişkilerini ortaya koymaktadır. Bir grup organizmanın filogenisi o grup fertlerinin geçmişleri toplamına eşittir. Coleoptera takımına bağlı böceklerin filogenisi hem moleküler hem de morfolojik verilere dayalı olarak bilgi eksikliği nedeniyle tartışılmaktadır. Bu veri eksikliği genellikle biyolojik ve evrimsel nedenlere bağlıdır. Bu çalışmada Coleoptera takımına bağlı böceklerin filogenisinin ortaya konmasına yönelik bilgiler derlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Coleoptera, biyolojik çeşitlilik, filogeni

Phylogeny of Coleopteran Insects

Abstract

Phylogeny reveals relations with a variety of evolutionary relationship between organisms. A group of organism phylogeny equals the sum of the members of that group histories. Phylogenies of Coleopteraean insects based on both morphological and molecular data have sometimes been contentious, often lacking the data. This paucity of data is often due to real biological and historical causes. In this study information has been compiled for the demonstration of the phylogeny of Coleopteraean insects.

Keywords: Coleoptera, biological diversity, phylogeny

1. Giriş

Dünyada en fazla türe sahip oldukları için böceklerin evrimsel ilişkileri ve yaşamın evrimi anlamak için anahtar oldukları düşünülmektedir (Trautwein et al., 2012). Böceklere ait ilk fosillere yaklaşık 400 milyon yıl önce Amerika'da Karbonifer'in ikinci

* Nilay GÜLPERÇİN, nilay.gulpercin@ege.edu.tr

katı olan Pennsylvanien katmanında, Avrupa’da ise İskoçya’nın Orta Devon katmanlarında rastlanmıştır (Demirsoy, 1990).

Kanatsız böcekler **Paleozoyik Zaman [550-205 milyon yıl önce]**’ın **Devoniyen Devri (325-280 milyon yıl önce)**’inde ortaya çıkmıştır. **Karbonifer Devir (280-230 milyon yıl önce)**’de ise kanatları olan iki önemli böcek grubu meydana gelmiştir. Bunlar bugünkü hamamböceklerinin (**Dictyoptera**) atasını ve subakirelerinin (**Odonata**) kökenini oluşturan böceklerdir. Günümüzdeki böceklerin birçoğu kökenini **Mezozoyik Zaman [205-75 milyon yıl önce]**’ın **Triyas Devri (205-165 milyon yıl önce)**’nden alır. Böceklerin çeşitliliği **Mezozoyik Zaman**’da gittikçe artmış ve **Jura Devri**’nde en üst seviyeye ulaşmıştır. Bu dönemde çiçekli bitkilerin ortaya çıkması böceklerin hızla evrimleşmesini sağlamıştır. Bugün en yaygın gruplar olarak bilinen **Coleoptera** takımına bağlı böcekler de bu dönemde ön plana çıkmıştır. **Senozoyik Zaman [75 milyon→=]**’ın **Tersiyer Devri**’nde türleşme iyice artmış, böcekler çeşitlenme ve dallanma göstererek bugünkü düzeyine ulaşmıştır (Demirsoy, 1988).

Borror et al. (1964)’ye göre böcek türlerinin, Myriapoda benzeri atalardan oluştuğuna inanılmaktadır. Başın gelişmesi ve ardından gelen 3 segmentin hareketli segmente dönüşmesi; geriye kalan abdomen segmentlerindeki uzantıların yok olması veya azalması sonucu bu durum ortaya çıkmıştır.

2. Filogenetik Sistematik

Böceklerin kökenini, jeolojik zamanlardaki durumunu, gelişim ve evrim tarihini bilmek türler arasındaki farklılık ve benzerlikleri ortaya koymak açısından oldukça önemlidir. Bir grup organizmaya ait soyların gelişim ve tarihini inceleyen bilim dalı **filogeni** olarak adlandırılmaktadır (Mayr, 1969).

Hennig (1965), “**Filogenetik İlişki**” kavramının organizmaların üreme yeteneğine dayandığını, üremenin genellikle genetik olarak birbirinden izole edilmiş topluluklar içinde gerçekleştiğini bildirmektedir. Yeni türler bu toplulukların bir kısmının çevresel olarak ayrılması sonunda genetik izolasyonun meydana gelmesiyle oluşmaktadır. Dış koşullar ortadan kalksa da bu topluluklar arasında üreme ilişkisi olanaksızdır. Böylece belirli zamandaki mevcut tüm türler eski homojen yapıdaki üreyen topluluklardan ayrılma sonucu oluşmuşlardır.

Hennig (1965)’e göre, organizmaların morfolojik benzerliklerine göre sınıflandırılması evrim teorisi için yol gösterici olmuştur. Çünkü organizmalar arasındaki morfolojik farklılıklar **filogenetik** gelişmenin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Birbirine çok benzeyen organizmalar farklı olanlardan daha yakın akrabadırlar. Bu nedenle organizmaların morfolojik benzerliklerinin oluşumu ve sınıflandırmaları, coğrafi dağılımı **filogenetik ilişkilerin** derecesinin belirlenmesine ve evrim teorisine dayanak olmuştur. Sadece morfolojik farklılıklar değil organizmaların fizyolojik fonksiyonları ve davranış biçimlerindeki farklılıklar içinde de bazı tarihsel kökenler bulunmaktadır.

Evrin teorisinin doğal sonucuna göre, organizmalar arasındaki farklılığın tarihin gelişim süreci içinde karakterlerin değişmesi sonunda çıktığını belirten Hennig (1965), **filogenetik ilişkinin** araştırılmasında organizmalar arasındaki benzerlik ve farklılıkların

dışında, daha önceki koşullarda karakterler arasındaki uyum ve ayrılığın da önemli olduğunu vurgulamıştır.

Coleoptera takımına bağlı böceklerin filogenisinden önce kanatsız ve kanatlı böceklerin filogenisi konusuna değinmek oldukça yararlı olacaktır.

2.1. Apterygota alt sınıfına bağlı böceklerin filogenisi

Demirsoy (1988)'a göre kanatsız böcekler, bugünkü Apterygota ve tüm diğer Tracheata türleri gibi stigmaları bulunan kara hayvanlarıydı. Trake solungaçları, trakelerin önemli ölçüde yapısına katıldığı kanatlar gibi ilk olarak trakesiz gelişmiş; daha sonra işlev gören trakeler ortaya çıkmıştır. Kanatlar gibi trakelerin de, yaşamının büyük kısmını sularda geçiren böceklerde oluşması olanaksızdır. Böylece kanatlı böcekler kara biyotoplarını işgal ederken, bir kısmı da larvalarının uyumuyla suya geçmiştir. Kimi araştırmacılara göre kanatsız böceklerin kanatsızlığı kanatlı formlardan Neoteinik çağda ayrılmasıyla oluşmuştur (Imms, 1957).

2.2. Pterygota alt sınıfına bağlı böceklerin filogenisi

Imms (1957)'e göre kanatlı böceklerin orijini hakkında kesin bir bilgi olmamakla birlikte Üst Karbon Devri'nin alt dönemlerinde nesli tükenmiş takımlara ait fosil kalıntıları bulunmuştur. Karbon döneminin sonu ya da Üst Devon'da kanat oluşumu tamamlanmış, bugün Thysanoptera takımına bağlı böceklerde belirgin olan göğüs yan lobları son iki göğüs segmentinin gelişmesiyle ortaya çıkmıştır. Kanatların kaslarla aktif hale gelmesi, bu böceklerin gelişmesine ve dallanmasına neden olmuştur. Kanatlı böcekler ait fosillerden Palaeodictyoptera, Prodonata, Protoblattoidea ve Protorthoptera takımları içinde Protoblattoidea ve Protorthoptera takımlarının geçiş takımları olduğu sanılmaktadır. Bu takımlardan ilk ikisi **Palaeoptera** olarak, diğer ikisi **Neoptera** olarak kabul edilmiştir.

Günümüzde **Palaeoptera** grubuna ait böcekler Paleozoyik faunanın hayatta kalan üyeleridir. Bu böcekler her ne kadar kanat kıvrırma yeteneğinden yoksun; ön ve orta kanat damarlarına sahiplerse de diğer birçok açıdan farklılık göstermektedir. **Neoptera** grubuna ait böcekler ise katlanabilen kanatlara sahiptir. Bu kanat katlama yeteneği üçüncü axillary skleritinin hareketinden oluşmuştur.

Borror et al. (1989)'ye göre **Neoptera** grubuna ait böcekler aşağıdaki üç alt bölümü içermektedir.

1. Polyneoptera (**Orthopteroid takımlar**)
2. Paraneoptera (**Hemipteroid takımlar**)
3. Oligoneoptera (**Endopterygot takımlar**)

Borror et al. (1989)'e göre **Neoptera** grubuna bağlı böcekler Karbon Döneminin geniş anlamda Orthopteroid böcek grubunun temsilcileri olarak görünmektedir. Günümüz Neoptera üyeleri ise anatomik açıdan **Orthopteroid** (Polyneoptera) takımlardan Dictyoptera, Isoptera, Zoroptera, Grylloblattodea, Orthoptera, Phasmida, Plecoptera, Dermaptera ve Embioptera takımlarına ait türlerdir (Imms, 1957).

Daha üst Karbon Dönemi'nde Palaeodictyoptera ve Prodonata'ya bağlı böceklerin yeni değişikliklere uğradıkları ve şu anda Palaeoptera'ya bağlı tamamen yok olan iki takım ortaya çıktığı bildirilmiştir. Bunlar Megasecoptera ve Protoephemeroptera'dır. Geri kalan bütün Exopterygot takımlar **Hemipteroid takımları** oluşturmuştur (Imms, 1957).

Endopterygot takımlar ise ilk önce monofiletik grup olup olmadıkları sorusuyla karşımıza çıkmaktadır. Çünkü **Hymenoptera** ve **Coleoptera** takımına ait böcekler önemli zorluklar çıkarmaktadır. Kalan takımlar ise Tillyard (1918-1920; 1935)'in çalışmalarından bu yana **Panorpoide kompleks** oluştururlar (Onursal & Uğur, 1997):

1. Hymenoptera
2. Neuroptera, Coleoptera, Strepsiptera (**Neuroptroid takımlar**)
3. Lepidoptera, Trichoptera, Mecoptera, Siphonaptera, Diptera (**Panorpoide takımlar**)

Panorpoide kompleks merkezinde birbirleriyle ilgili fakat farklı dal oluşturan Mecoptera ile Neuroptera takımları bulunmaktadır. Neuroptera takımı göz önüne alındığında Megaloptera'nın yakın döneme ait pek çok ilkel Endopterygot'u içerdiği şüphesizdir.

Imms (1957)'e göre Siphonaptera takımına ait böcekler çok farklı olmalarına rağmen larvalarının Nematocera Diptera bireyleri ile benzerlik göstermesinden dolayı **Panorpoide kompleks**'ten çıkmıştır. Hymenoptera, Coleoptera ve Strepsiptera takımları ile tam olarak açıklanamayan filogenetik problemler yaşanmaktadır. Çünkü Mezozoyik Döneme ait kanat fosilleri çok az olup, erken döneme (Alt Permiyen) ait kın kanatlı fosil kalıntıları elitra parçaları ile genelleme yapılamamaktadır.

Strepsiptera takımına ait böcekler ise bazı araştırmacılarca Coleoptera, bazıları tarafından Hymenoptera takımı ile ilişkilendirilmiştir. Symphyta larvalarının Panorpoide böcek larvalarına benzerliği ile Symphyta kanat damar şekillerinin kolaylıkla Megaloptera deseninden gelmiş olacağı gerçeği Hymenoptera takımına ait böceklerin Neuroptera ve diğer Panorpoide takımlarla birlikte ortak atadan geldiği düşüncesini ortaya çıkarmıştır.

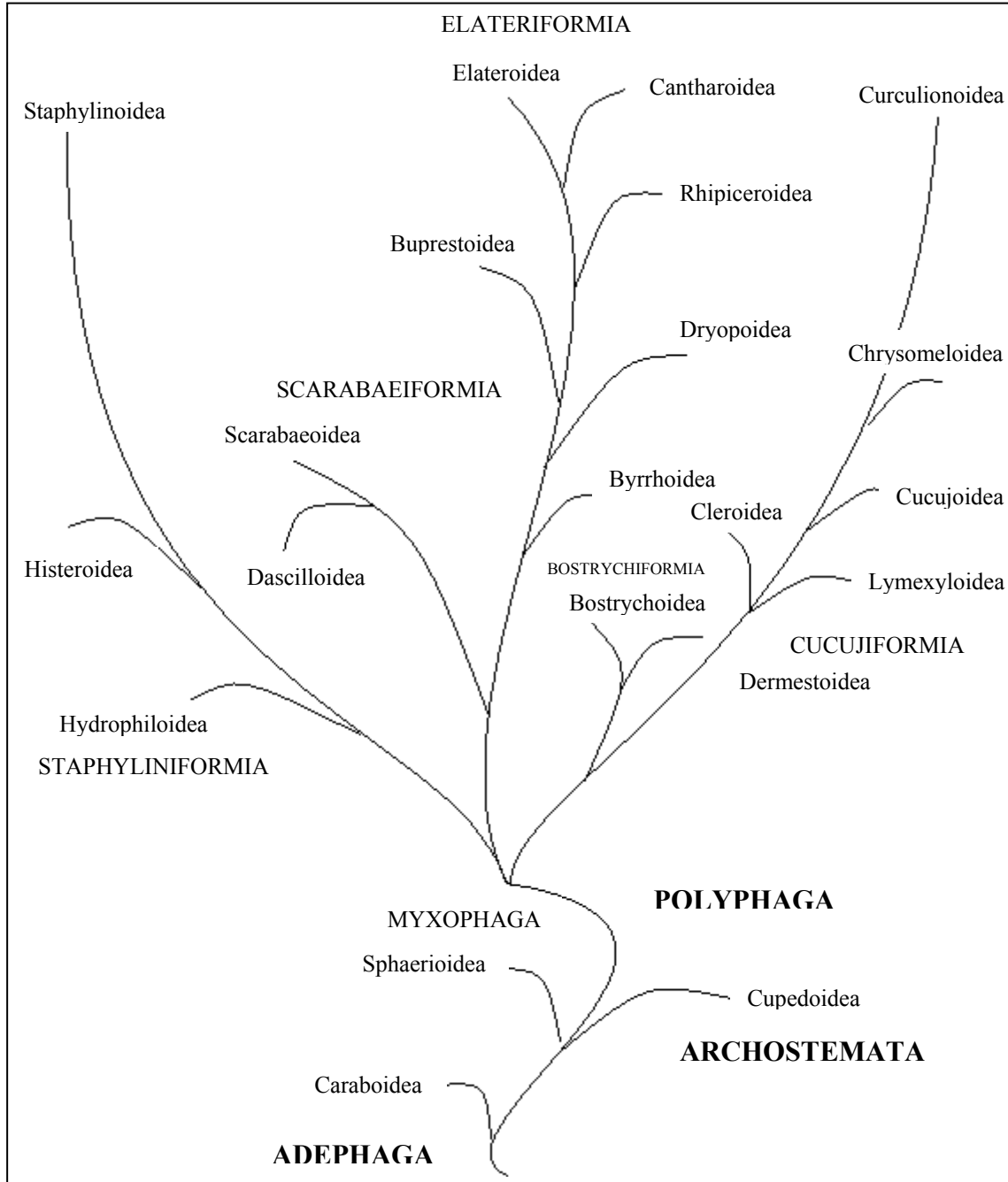
3. Coleoptera Takımına Bağlı Böceklerin Filogenisi

Coleoptera takımı dünyada eşsiz tür zenginliğine sahip bir takımdır. 350.000'in üzerinde tanıtımı yapılmış tür ile dünyadaki organizmalar içinde en çok türü içeren takım olarak gösterilmektedir (Caterino et al., 2002). Coleoptera takımına bağlı böceklere ilişkin en eski fosiller alt Permiyen döneme aittir. Bu dönemden sonra Coleoptera takımı birçok farklı forma ayrılarak çeşitlenme ve dallanma göstermiştir (Ponomarenko, 1995).

Coleoptera takımına bağlı böcekleri diğer böceklerden ayıran en önemli özellik ön kanatlarının sertleşerek elitra'ya dönüşmesidir. Elitra hem abdomenin üst yüzeyini hem de ince olan zarımsı alt kanadı korumakta ve uçuş sırasında alt kanatlardan ayrılıp açılarak uçuş faaliyetine yardımcı olmaktadır. Bunun dışında basit bir göğüs iskeleti ve az sayıda göğüs kaslarına sahip olmaları da ayırıcı bir özelliktir. Coleoptera takımına ait dört alttakım Permiyen ve Erken Trias Dönemde birbirlerinden ayrılmakta ve farklılaşmaktadır (Madison, 2002).

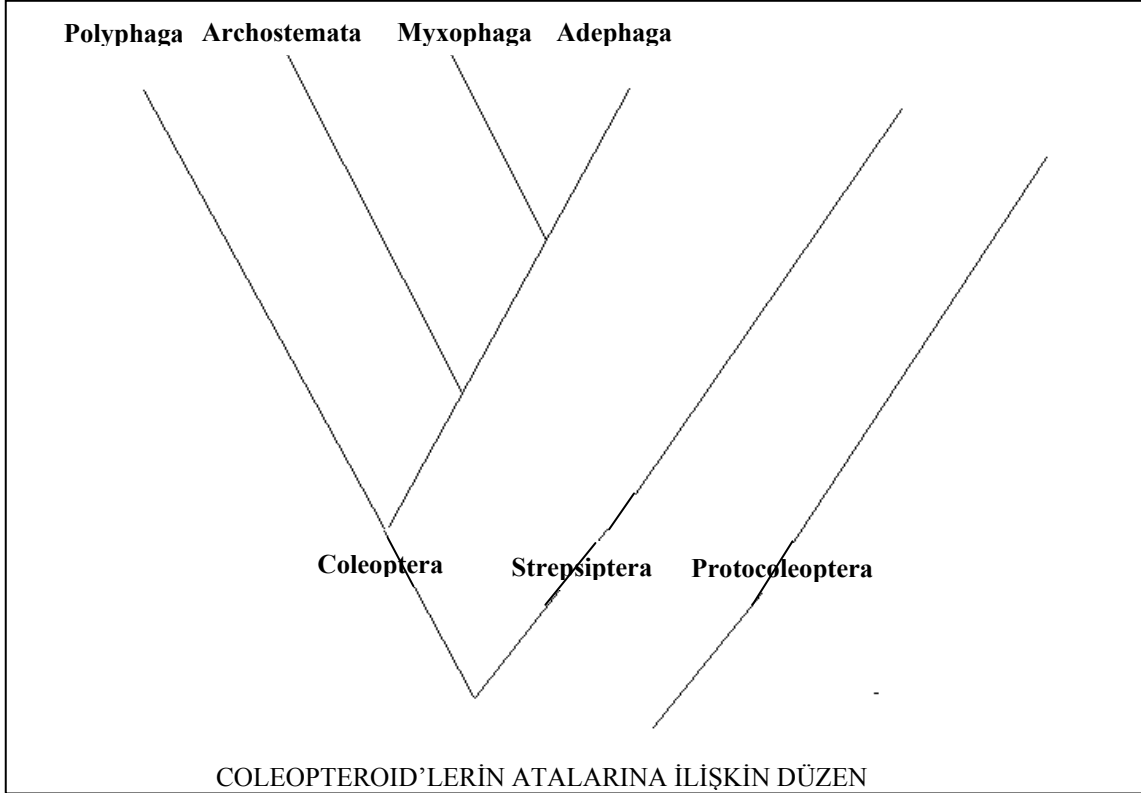
Imms (1957)'e göre Coleoptera takımına ait böceklerin Endopterygot türlerden bağımsız olarak meydana geldiği düşünülmüş ancak kanıtlanamamıştır. Coleoptera takımına ait böceklerin Neuroptera benzeri bir atadan geldiği fikri daha fazla benimsenerek desteklenmiştir.

Ancak “**Tshekardocoleus**” fosilinin bulunmasıyla Coleoptera takımına bağlı türlerin Megaloptera benzeri bir atadan, erken Permiyen dönemde türediği sanılmaktadır. Coleoptera takımı içinde Archostemata, Adephaga ve Polyphaga alttakımına ait fosillerin ise Geç Permiyen dönemine kadar ulaştığı tahmin edilmektedir. Crowson’un teorisine göre Coleoptera takımı bu dönemde Archostemata, Adephaga ve Polyphaga olarak üç kola ayrılmaktadır. Başlangıçta Polyphaga alttakımı içindeki türler odun ve fungus yiyen canlılar iken, Kretase döneminde çiçekli bitkilerin gelişimiyle değişim geçirmişlerdir. Coleoptera takımına ait türlerin % 80’inden fazlası bu alttakım içinde bulunmaktadır (Şekil 1) (Gillot, 1982).



Şekil 1. Coleoptera takımına ait filogeni diyagramı (Gillot, 1982).

Diğer böcek takımlarıyla karşılaştırıldıklarında Coleoptera takımına bağlı böceklerin soyuna ait filogeni iyi bilinmemektedir (Maddisson, 2002). Coleoptera takımının çok geniş biyoçeşitliliğe sahip olması ayırıcı karakterlerin saptanmasını zorlaştırdığından soy ağacının oluşturulmasını da güçleştirmektedir (Caterino et al., 2002). Endopterygot'lar sıklıkla Strepsiptera takımına yakın olarak gösterilse de bunun tartışmaya açık bir konu olduğu Kukulova-Peck & Lawrence (1993) tarafından bildirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Coleoptera ve Strepsiptera takımlarının oluşturdukları Coleopteroid'lerdeki filogenetik ilişki (Kukulova-Peck & Lawrence, 1993).

Coleoptera takımına bağlı Archostemata, Myxophaga, Adephaga ve Polyphaga alttakımları bulunmaktadır. Polyphaga ve Adephaga alttakımı Coleoptera takımına bağlı bütün böceklerin % 99'unu oluşturmaktadır.

3.1. Alttakım: archostemata

Archostemata alttakımı çoğunlukla ilkel coleopter'leri içine almaktadır. Güvenilir fosil örnekleri ve dünyada en yaygın bulunan türleri içermesi nedeniyle çok eski bir grup olduğu bilinmektedir (White, 1983). Archostemata alttakımı Cupedoidea üstfamilyası içinde Cupedidae, Micromalthidae ve Ommatidae familyalarını içine alan küçük bir alttakımdır (Lawrence & Britton, 1994). Bu alttakıma bağlı türlerin iplik ya da boncuk dizisi şeklinde antenlere ve fosillerdeki kanat kalıntılarında elitra'ya sahip olduğu anlaşılmaktadır (White, 1983). Odun dokusunda beslenen türleri içine alan Archostemata alttakımına bağlı böcekler erken Paleozoyik coleopter'lere benzemektedir (Madison, 2002).

3.2. *Alttakım: myxophaga*

Coleoptera takımının diğer küçük alttakımı Myxophaga'dır. Bu alttakım Microsporoidea üstfamilyası içinde Microsporidae, Hydroscaphidae, Cyanthoceridae ve Torridincolidae familyalarını içine almaktadır (Lawrence & Britton, 1994). Myxophaga alttakımı küçük vücutlu olup, sucul coleopter'leri içine alan ve bitki döküntüleri altlarını tercih ettiği bilinen 100'den az türü bulunan küçük bir alttakımdır (Madison, 2002).

3.3. *Alttakım: adepghaga*

Adepghaga, Coleoptera takımının ikinci geniş alttakımıdır. Archostemata ve Myxophaga alttakımlarının sahip oldukları gibi sadece bir üstfamilyaya sahiptir. Bu üstfamilya Caraboidea üstfamilyasıdır. Caraboidea üstfamilyası dokuz familya ile önemli derecede tür çeşitliliği göstermektedir (Lawrence & Britton, 1994). Arka coxa'lar tarafından bölünmüş birinci abdomen segmentlerine sahip olmalarıyla Adepghaga alttakımına bağlı türler diğer coleopter'lerden ayrılmaktadır (White, 1983). **Adepghaga** alttakımı içinde Carabidae, Cicindellidae, Dytiscidae ve Gyrinidae gibi takımlara ait böcekler bulunmaktadır. Adepghag türlerin çoğu predatör yaşamaktadır (Madison, 2002).

3.4. *Alttakım: polyphaga*

Coleoptera takımına bağlı türlerin çoğunluğu Polyphaga alttakımı içindedir. Polyphaga alttakımı; Staphylinidae, Scarabaeidae, Lucanidae, Buprestidae, Elateridae, Lampyridae, Meloidae, Tenebrionidae, Coccinellidae, Chrysomelidae, Cerambycidae, ve Curculionidae gibi takımları içine alan ve böceklerin % 85'ini kapsayan en geniş alttakımdır. Bu böceklerin çoğu fitofag olarak yaşamaktadır (Madison, 2002). Diğer üç alttakım ile karşılaştığında bu alttakımı Coleoptera takımına ait tür çeşitliliği için adeta bir patlama göstermektedir. Polyphaga alttakımına bağlı türler Adepghagalarda olduğu gibi arka coxaların ayırdığı birinci abdomen segmentlerine sahip değillerdir.

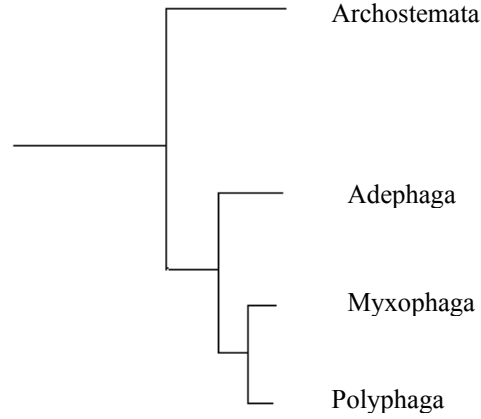
4. Coleoptera Takımına Bağlı Böcekler İçin Önerilen Filogeni Hipotezleri

Coleoptera takımına bağlı böcekler üzerindeki filogenetik çalışmaların, Heteroptera, Homoptera, Lepidoptera, Hymenoptera ve Diptera takımına bağlı türlere göre daha yetersiz olduğu bilinmektedir. Son zamanlarda bu konuda filogenetik olarak gözden geçirilen morfolojik karakterlere ilişkin bazı veriler bulunmakla birlikte moleküler düzeyde ayrıntılı bir bilgi henüz bir araya getirilememiştir Coleoptera takımına bağlı böceklerle ilişkin en eski fosiller Alt Permiyen Döneme aittir (Ponomarenko, 1995). Coleoptera takımına bağlı dört alttakım Permiyen ve Erken Trias Dönemde birçok farklı forma ayrılarak çeşitlenme ve dallanma göstermiştir (Madison, 2002).

Coleoptera takımının alttakımları için aşağıdaki iki filogeni modeli öne sürülmüştür.

4.1. *“Polyphaga + myxophaga” hipotezi*

“Polyphaga+Myxophaga” filogenisi ilk kez Crowson (1960) tarafından ortaya atılmış olup, sonradan yapılan birçok çalışmayla desteklenmiştir. Bu modelde Polyphaga ve Myxophaga alttakımlarının birbirleriyle yakın akraba olduğu hipotezi bu takımlara ait türlerin larvalarındaki bacakların eklem sayılarının az olmasına dayandırılmaktadır (Crowson, 1960). Ayrıca Klausnitzer (1975), üst kanatlardaki kitinsel yapı ve arka kanatlardaki damar sayılarındaki azlık nedeniyle Myxopaga ve Polyphaga alttakımlarına akraba olarak Adepghaga alttakımından da söz etmiştir (Şekil 3).

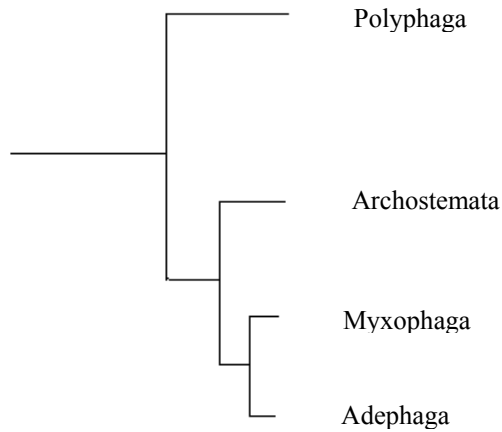


Şekil 3. “**Polyphaga + Myxophaga**” hipotezi (Maddison, 2002).

Beutel ve Haas (2000) tarafından yapılan çalışmada ise tüm alttakımlara bağlı larva ve erginlerin iç ve dış yapılarına ait karakterler ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu çalışmayla kas özellikleri, iskeletin yapısı, kanat eklemleri ve damarlarına ilişkin karakterler saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar “**Polyphaga+ Myxophaga**” filogeni modelini desteklemektedir.

4.2. “**Basal polyphaga**” hipotezi

“**Myxophaga+Polyphaga**” modeline alternatif bir hipotez Lawrence ve Newton (1982) tarafından ilk kez ortaya atılmış ve daha sonra Kukalova-Peck ve Lawrence (1993) tarafından desteklenmiştir. “**Basal Polyphaga**” olarak adlandırılan bu modele Myxophaga alttakımına yakın Adephaga alttakımı ile Coleoptera takımına bağlı diğer yakın grupları içine alan Polyphaga alttakımı da yerleştirilmiştir (Şekil 4). Polyphaga alttakımına bağlı türlerin diğer üç alttakıma ait türlere yakın akraba olduğu hipotezi kanat karakterlerine; Archostemata, Adephaga ve Myxophaga alttakımına bağlı türlerdeki cervical skleritin kayba uğramasına dayandırılmaktadır (Lawrence and Newton, 1982; Kukalová-Peck & Lawrence, 1993).



Şekil 4. “**Basal Polyphaga**” hipotezi (Madison, 2002).

5. Moleküler Filogeni

Günümüzde böceklerin sınıflandırılması daha çok morfolojik karakterler kullanılarak yapılması ile beraber (Ikawa et al., 2007; Solodovnikov & Schomann, 2009; Weide et al., 2010) son yıllarda sınıflandırılmada moleküler tekniklerin kullanımı böcek taksonomisine yeni bir boyut kazandırmıştır (Behura, 2006; Chatzimanolis et al., 2010; Elven et al., 2010). Moleküler sistematik alanda; moleküler biyolojik araçlar arasında olan DNA hibridizasyon, PCR, PCR-RFLP, RAPD gibi tekniklerin hızlı bir şekilde gelişmesiyle birlikte bu teknikler kullanılarak ortaya çıkartılan moleküler bilgiler, taksonlar arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmada kullanılmaktadır (Sato et al., 2009).

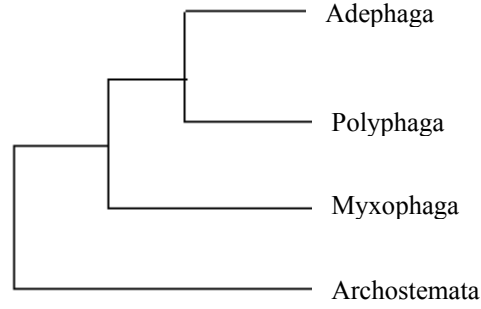
Moleküler sıralama ve filogenetik hesaplama analizlerinde teknolojik gelişmelerin artmasıyla böceklerin akrabalıkları büyük ölçüde desteklenmektedir (Trautwein et al., 2012).

Coleoptera takımına bağlı böceklerin filogenisini açıklamada diğer takımlarda türleri de ayırmaya yardımcı olan DNA analizi ve veri zinciri uygulamaları ile ilgili çalışmalar son hızla devam etmektedir. Caterino et al. (2002), yaptıkları çalışmada Coleoptera takımına bağlı türler arasındaki yakınlığı 18s rDNA veri zinciri analizi ile ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada her bir alttakımın monofilisi “**Köksüz Ağaç Modeli**” hipotezi ile desteklenmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. “**Köksüz Ağaç Modeli**” hipotezi (Caterino et al., 2002).

Bu soy ağacı Myxophaga alttakımına yakın Adephaga ve Archostemata alttakımlarını; ve bu iki alttakıma yakın Polyphaga alttakımını kapsamaktadır. Daha sonra böcek takımlarında çeşitlilik gösteren geniş bir soy ağacının köklerini araştıran bazı bilim adamları Coleoptera takımının monofiletik olmadığı sonucuna varmışlardır. Coleoptera takımına bağlı böceklerin filogenisini açıklamaya uygun bir soy ağacı oluşturmanın gerekliliğini savunan Caterino et al. (2002) Polyphaga+Adephaga’yı bu alttakımlara akraba olan Myxophaga alttakımı ile birlikte; Archostemata alttakımını ise bu alttakımlardan ayrı göstermişlerdir (Şekil 6). Caterino et al. (2002), küçük alttakımların daha az örneklendiğini ve gelecekte yapılacak DNA çalışmalarında daha iyi örneklere ihtiyaç duyulacağını belirterek buldukları sonuçlardan kuşkulandıklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca Coleoptera takımına bağlı böceklerin filogenisini çözmede 18s rDNA veri zinciri analizinin daha etkili bir yöntem olduğunu ve örnekleme boşluğunu dolduracağını savunmaktadırlar.



Şekil 6. Coleoptera takımı ve alttakımlarının filogenisi (Caterino et al., 2002).

6. Sonuçlar ve Tartışma

Coleoptera takımına bağlı böceklerin filogenisinin ortaya çıkarılması için yapılan çalışmaların bu konuyu açığa kavuşturamamış olması bu canlıların inanılmaz tür zenginliği ve çeşitliliğinden kaynaklanmaktadır. Bu türler içindeki morfolojik karakterlerin çeşitliliği, ayırıcı karakterlerin saptanmasını zorlaştırmaktadır. Filogeni için en çok tartışılan iki hipotez öncelikle Polyphaga alttakımını en geniş alttakım olarak diğerlerinden ayırmaktadır. Günümüzdeki birçok araştırmacı “**Polyphaga+Myxophaga**” hipotezini savunmasına rağmen, kanat karakterleri ile ilgili yapılan çalışmalar “**Basal Polyphaga**” hipotezini de desteklemektedir (Madison, 2002). DNA zinciri ile ilgili yapılan çalışmalar alttakım karakterlerini desteklemek için önerilmektedir. Coleoptera takımına bağlı sözkonusu dört alttakım arasındaki yakınlık ile ilgili DNA çalışmalarının devam etmesiyle bu konuda cevaplanamamış soru kalmayacaktır (Stephens, 2003).

Kaynaklar

- [1]. Behura, S. K., Molecular Marker Systems in Insects: Current Trends and Future Avenues. **Molecular Ecology**, 15, 11, 3087-3113, (2006).
- [2]. Borror, D. J. ve De Long, D. M., An Introduction to the Study of Insects. Hold, Rinehart and Winston, Inc. USA, 765 s., (1964).
- [3]. Borror, D. J., Triplehorn, C. A. ve Johnson, N. F., Study of Insects. Sounders College Publishing USA, 808 s., (1989).
- [4]. Beutel, R. G. ve Haas, F., Phylogenetic Relationships of the Suborders of Coleoptera (Insecta). **Cladistics**, 16: pp. 103-141, (2000).
- [5]. Caterino, M. S., Shull, V. S., Hammond, P. M. ve Volger, A. P., Basal relationships of Coleoptera inferred from 18s rDNA sequences. **Zoologica Scripta**, 31, 41-49, (2002).
- [6]. Chatzimanolis, S., Cohen, I. M., Schomann, A. ve Solodovnikov, A., Molecular Phylogeny of the Mega-Diverse Rove Beetle Tribe Staphylinini (Insecta, Coleoptera, Staphylinidae). **Zoologica Scripta**, 39, 5, 436-449, (2010).
- [7]. Crowson, R. A., The phylogeny of Coleoptera. **Annual Review of Entomology**, 5, 111-134, (1960).
- [8]. Demirsoy, A., Kalıtım ve Evim. Meteksan Matbaacılık ve Teknik Sanayi Ticaret Limited Şirketi, Ankara, 902 s., (1988).
- [9]. Demirsoy, A., Yaşamın Temel Kuralları, Omurgasızlar / Böcekler, Entomoloji, Cilt II, Meteksan A.Ş., 889 s., (1990).

- [10]. Elven, H., Bachmann, L. ve Gusarov, V. I., Phylogeny of the Tribe Athetini (Coleoptera: Staphylinidae) Inferred from Mitochondrial and Nuclear Sequence Data. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, 57, 1, 84-100, (2010).
- [11]. Gillott, C., Classification and Identification "Entomology". Plenum Press, New York, 692 s., (1982).
- [12]. Hennig, W., Phylogenetic Systematics. **Annual Review of Entomology**, 10, 97-116, (1965).
- [13]. Ikawa, T., Onodera, S., Okabe, H., Hoshizaki, S. ve Cheng, L., Occurrence and Density of Halobates Micans (Hemiptera: Gerridae) in the Eastern South Indian Ocean. **Entomological Science**, 10, 2, 213-215, (2007).
- [14]. Imms, A. D., The Classification of Insects. "Textbook of Entomology" Late University Reader in Entomology Cambridge, 702 s., (1957).
- [15]. Klausnitzer, B., Probleme der Abgrenzung von Unterordnungen bei den Coleoptera. **Entomologische Abhandlungen staatliches Museum für Tierkunde in Dresden**, 40, 269-275, (1975).
- [16]. Kukalova-Peck, J. ve Lawrence, J. F., Evolution of the Hind Wing in Coleoptera. **The Canadian Entomologist**, 125, 181-258, (1993).
- [17]. Lawrence, J. F. ve Newton, A. F., Evolution and classification of beetles. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 13, 261-290, (1982).
- [18]. Lawrence, J. F. ve Britton, E. B., Classification and Keys. In: Australian Beetles. Melbourne University Press, pp. 36-38, (1994).
- [19]. Maddisson, D. R., Tree of Life Web Project. <http://tolweb.org/tree?group=Coleoptera&=Endopterygota>. (22.12.2006), (2002).
- [20]. Mayr, E., Sistematik Zoolojinin Prensipleri (Çeviren: N. Lodos) Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 298, 319 s., (1969).
- [21]. Onursal, S. S. ve Uğur, A., Böceklerin filogenisi. **Türkiye Entomoloji Dergisi**, 21, 1, 65-80, (1997).
- [22]. Ponomarenko, A. G., The geological history of beetles. Pp. 155-171 in Pakaluk and Slipinski, (1995).
- [23]. Sato, J. J., Wolsan, M., Minami, S., Hosoda, T., Sinaga, M. H., Hiyama, K., Yamaguchi, Y. ve Suzuki, H., Deciphering and Dating the Red Panda's Ancestry and Early Adaptive Radiation of Musteloidea. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, 53 (3): 907-922, (2009).
- [24]. Solodovnikov, A. ve Schomann, A., Revised Systematics and Biogeography of 'Quediina' of Sub-Saharan Africa: New Phylogenetic Insights into the Rove Beetle Tribe Staphylinini (Coleoptera: Staphylinidae). **Systematic Entomology**, 34, 3, 443-466, (2009).
- [25]. Stephens, S. A., Phylogenetic Relationships of the Suborders of Coleoptera. <http://www.beetlelady.com>. (08.01.2007), (2003).
- [26]. Trautwein, M. D., Wiegmann, B. M., Beutel, R., Kjer, K. M. ve Yeates, D. K., Advances in Insect Phylogeny at the Dawn of the Postgenomic Era. **Annual Review of Entomology**, 57: 449-468 (2012).
- [27]. Weide, D., Thayer, M. K., Newton A. F. ve Betz, O., Comparative Morphology of the Head of Selected Sporophagous and Non-Sporophagous Aleocharinae (Coleoptera: Staphylinidae): Musculature and Hypopharynx-Prementrum Complex. **Journal of Morphology**, 271, 8, 910-931, (2010).
- [28]. White, R. E., A Field Guide to the Beetles of North America. Houghton Mifflin Company, Boston, (1983).