



**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

***AETHIONEMA* W.T.Aiton (*BRASSICACEAE*)
CİNSİNİN MOLEKÜLER FİLOGENİSİ**

ÖZGE SELİN BATUR

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim -Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
BİYOLOJİ Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

2014

***AETHIONEMA* W.T.Aiton (*BRASSICACEAE*) CİNSİNİN
MOLEKÜLER FİLOGENİSİ**

**MOLECULAR PHYLOGENY OF THE GENUS *AETHIONEMA*
W.T.Aiton (*BRASSICACEAE*)**

ÖZGE SELİN BATUR

**Prof. Dr. Ali A. Dönmez
Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Biyoloji Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2014

ÖZGE SELİN BATUR’ un hazırladığı “***Aethionema* W.T.Aiton (*Brassicaceae*)**
Cinsinin Moleküler Filogenisi” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI 'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Nezaket ADIGÜZEL

Başkan

.....

Prof. Dr. Ali A. DÖNMEZ

Danışman

.....

Prof. Dr. Yusuf MENEMEN

Üye

.....

Prof. Dr. Yasemin EKMEKÇİ

Üye

.....

Prof. Dr. Hatice MERGEN

Üye

.....

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS**
TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fatma SEVİN DÜZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

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

beyan ederim.

--/--/2014

ÖZGE SELİN BATUR

ÖZET

***AETHIONEMA* W.T. Aiton (*BRASSICACEAE*) CİNSİNİN MOLEKÜLER FİLOGENİSİ**

ÖZGE SELİN BATUR

Yüksek Lisans, Biyoloji Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali A. Dönmez

Aralık 2014, 132 sayfa

Bu çalışmada Türkiye’de ve diğer ülkelerde yetişen *Aethionema* W.T. Aiton cinsine ait türler moleküler teknikler kullanılarak çalışılmıştır. Çalışmamızda kloroplast DNA’sının trnL-F bölgesi ve rbcL-a bölgesindeki bazların dizilimine göre taksonların filogenetik ilişkileri incelenmiştir. *Aethionema* cinsine ait 40 takson çalışılmış ve bunlara ait yaprak örnekleri kendi arazi çalışmalarımız, kişisel koleksiyon ve bazıları da herbaryumlardan sağlanmıştır. Filogenetik analizlerde *Aethionema* cinsine ait türlerin yanısıra yakın akraba olduğunu düşündüğümüz 2 farklı cinsten de türler dış grup olarak analize eklenmiştir. Yaptığımız analizlerde *Aethionema* cinsinin türleri 3 grup olarak ayrılmıştır. Diğer yandan *Aethionema* cinsi içerisinde sınıflandırılan 4 türün aslında bu cinse ait olmadığı bu çalışmadaki moleküler verilerle de desteklenmiştir. Tek yıllık ve çok yıllık olarak iki yaşam formuna ayrılan *Aethionema* cinsinin tek yıllık türlerinin monofiletik bir grup oluşturduğu yapılan analizlerle gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda üzerinde çalıştığımız türlerin akrabalık ilişkileri, taksonomisi ve çeşitlenmesi tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Aethionema*, *Brassicaceae*, moleküler filogeni, rbcL, trnL-F.

ABSTRACT

MOLECULAR PHYLOGENY OF THE GENUS *AETHIONEMA* W.T.Aiton (*BRASSICACEAE*)

ÖZGE SELİN BATUR

Master of Philosophy, Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Ali A. Dönmez

December 2014,132 pages

In this study, the *Aethionema* species distributed in Turkey and other countries were studied by using molecular techniques. We investigated phylogenetic relationships according to sequences of trnL-F and rbcL-a regions in the chloroplast DNA. 40 taxa belonging to *Aethionema* were supplied from our field works, personal collections and some of them from the herbaria. In phylogenetic analysis, as well as *Aethionema* specimens, we added two different genus as outgroup taxa thought to be closely related to *Aethionema*. *Aethionema* species split into 3 groups in our analysis. On the other hand, molecular data in this study supported that 4 species in the genus not belong to this genus. *Aethionema* traditionally split into perennial or annual life forms, our analyses showed that annual species of *Aethionema* form a monophyletic group. According to our results, we discussed taxonomy, phylogenetic relationships, diversification of the *Aethionema* species which we deal with.

Key Words: *Aethionema*, *Brassicaceae*, Molecular Phylogeny, rbcL-a, trnL-F

TEŞEKKÜR

Prof. Dr. Ali A. Dönmez (Tez Danışmanı), yüksek lisans tez çalışmamın tez konusunun belirlenmesi, örnek sağlanması, bitki fotoğraflarının sağlanması, tez çalışmasının sonuçlandırılması ile süreç dahilinde sorunların aşılmasında yardımcı ve yön gösterici olmuştur.

Prof. Dr. Eric Schranz (Wageningen Üniversitesi) laboratuvar çalışmalarının gerçekleştirilmesi konusunda yardımcı olmuştur.

Laboratuvar çalışmaları ve filogenetik analiz çalışmalarında, Wageningen Üniversitesi'nden Doç. Dr. Freek Baker başta olmak üzere, Doç. Dr. Lars Chatrou, doktora öğrencisi Setareh Mohammadin, Zhen Wei ve teknik asistan Wilma Twigt yardımcı olmuştur.

Prof. Dr. Nezaket Adıgüzel (Gazi Üniversitesi) çalışma materyalinin temini konusunda yardımcı olmuştur.

Hacettepe Üniversitesi Avrupa Birliği (AB) Ofisi Erasmus Öğrenci Değişim Programı, çalışmanın yurtdışında gerçekleştirilebilmesi için gerekli maddi kaynağı sağlayarak yardımcı olmuştur.

Prof. Dr. Ihsan A. Al-Shehbaz ve Prof. Dr. Klaus Mummenhoff görüş alışverişinde bulunarak yardımcı olmuşlardır.

Beni bu süreç boyunca desteklemiş olan canım Ailem'e, yardımlarını esirgemeyen sevgili arkadaşım Ayla Batu'ya, hayatıma girdiği andan itibaren bana mutluluk veren bu süreçte yanımda olan Kenan Çevik' e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ETİK.....	i
ÖZ	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ.....	1
2. MATERYAL VE METHOD.....	5
2.1. Bitki Örneklerinin Elde Edilmesi.....	5
2.2.1. Genomik DNA İzolasyonu.....	9
2.2.2. Agaroz Jel Elektrophorezi.....	10
2.2.3. PZR Amplifikasyonu ve Saflaştırılması.....	16
2.2.4. PZR Ürünlerinin Dizileme İşlemi İçin Hazırlanması.....	17
2.2.5. Sekanslama.....	19
2.2.7. Filogenetik Analizler.....	47
3. BULGULAR.....	24
3.1. Moleküler İnceleme.....	24
4. TAKSONOMİ.....	35
5. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	59
KAYNAKLAR.....	64
EK 1.....	70
EK 2.....	94
ÖZGEÇMİŞ.....	118

SİMGELER VE KISALTMALAR

APG: Angiosperm Filogeni Grubu

µl: Mikrolitre

RaXML: Randomized Axelerated Maximum Likelihood

ml: Mililitre

µM: Mikromolar

1. GİRİŞ

Brassicaceae (*Cruciferae*) familyası 338 cins ve 3709 tür içeren, dünya genelinde yayılış gösteren monofiletik bir gruptur [1, 2]. Bu cinslerin 308 tanesi (%92) 44 oymak içerisinde sınıflandırılmıştır [3]. Bu grup aynı zamanda ekonomik olarak önemli birçok süs ve besin olarak kullanılan bitkileri de içermektedir. Türkiye *Brassicaceae* türleri sayısı bakımından dünyanın en zengin ülkelerinden ikincisidir. Türkiye’de bu familyaya ait 571 tür bulunmaktadır [1].

Son zamanlarda Angiosperm Filogeni Grubunun (APG) moleküler verilere dayanarak yaptığı sınıflandırma biçimleri kabul görmeye başlamıştır [4, 5]. Bu gelişmeler sonucunda birçok bitki ailesinin evrimsel ilişkilerini açıklamak ve soyların daha güvenilir biçimde sınıflandırılması için ailelerin filogenetik ağaçları oluşturulmuştur. Hızlı bir şekilde artış gösteren filogeni çalışmaları, daha önce yapılan taksonomik sınıflandırmalarındaki hata oranının yüksek olduğunu göstermektedir. Morfolojiye göre yapılan klasik taksonomi çalışmaları gen düzeyindeki değişimleri göz önünde bulunduramadığı için çoğu zaman hatalı tanımlamalara yol açmaktadır. Literatürde genelde morfolojiye dayandırılarak yapılan sınıflandırma sistemlerinde, yeni moleküler teknik ve uygulamaları ile birçok eksik ve yanlış sınıflandırılmış takson ve akrabalık ilişkileri belirlenmiştir. Bu duruma verilebilecek en güzel ve açıklayıcı örneklerden biri; daha önceleri yapılan taksonomik çalışmalarda *Arabidopsis*, *Capsella*, *Neslia* ve *Arabis pendula* sırasıyla; *Sisymbrieae*, *Lepidieae*, *Euclidieae* ve *Arabideae* oymakları içerisinde sınıflandırılmış olmasıdır [6]. Fakat moleküler veriler bu dört cinsin çok yakın akraba taksonlar olduğunu ve bu yüzden bu 4 cinsin aynı oymak altında sınıflandırılması gerektiğini göstermektedir [7, 8].

Al-Shehbaz [1] ve arkadaşlarının yapmış olduğu filogenetik sınıflandırmada genel olarak *Brassicaceae* taksonları 3 tane soy altında toplanmıştır. Filogenetik analizler sonucu oluşturulan yeni oymak sınıflandırması, *Brassicaceae* familyasının evrimsel ilişkilerini anlamamıza yardımcı olmuştur [9]. Yapılan bu yeni sınıflandırma sayesinde gelecekte yapılacak birçok çalışma için önemli bir referans kaynağı oluşturulmuştur. Bu şekilde soy ağacının tanımlanmasından sonra araştırmacılar oluşabilecek sorulara karşı farklı yaklaşımlarda çözümlerler getirmiştir.

Famalya Türkiye Florası'nın birinci cildinde [10] 86 cins ve 464 tür olarak verilmiştir. Bu famalyanın Türkiye'deki nicel durumu onuncu ciltte 88 cins ve 526 türdür [11]. Yapılan en son taksonomik çalışmalara göre Türkiye *Brassicaceae* famalyası 91 cins, 571 tür ile temsil edilmektedir. *Brassicaceae* famalyasının yayılış kökeninin, yüksek *Brassicaceae* eşitliliğinin görüldüğü İran-Turan bölgesi olduğu düşünülmektedir [12].

Yeni bilgiler ışığında *Brassicaceae* famalyasının klasik taksonomik sınıflandırması dünya ölçeğinde yeniden yapılmıştır [13, 14]. *Brassicaceae* famalyasının cinslerini tanımlama açısından bakıldığında şimdiye kadar 5 adet sınıflandırma görmekteyiz [15, 6, 16, 17, 1]. Bu yaklaşımlardan en yakın tarihli olanı, *Brassicaceae* famalyasına Al-Shehbaz ve arkadaşları tarafından uygulanmıştır [1]. Yapılan bu çalışmada cinslerin sınıflandırılması ile birlikte famalya kökeninin tartışması, genetik sınırlarının belirlenmesi konuları tartışılmıştır. Kloroplast geni olan *ndhF* ile yapılan moleküler çalışmalar sonucunda morfolojinin evrimi, soylara özgü sınırlamalar, oymak düzeyinde sınıflandırma güvenilir bir şekilde belirlenmiştir [1].

Diğەر yandan bu famalyanın bazı morfolojik karakterlerine göre yapılan filogenetik analizde [18] cinslerin akrabalık ilişkileri yeniden kurulmuştur. Yapılan son alışmalar *Brassicaceae* famalyasının 338 cinsi ve 3700 türünü 25 adet oymak içerisinde sınıflandırmıştır [18]. Moleküler verilere göre yapılan çalışmalarda [7, 19, 20] ise hem şimdiye kadar kurulmuş olan filogenetik ilişkiler test edilmiş hem de yeni düzenlemelere gidilmiştir.

Geçmiş yıllarda yapılan çalışmalar ile gen ekspresyonları, genom yapıları ve bazı özel karakterlerin evrimi hakkında çok fazla bilgi elde edilmiştir. Fakat bu çalışmaların odaklandığı nokta genellikle *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. türü olmuştur. Bu yüzden artık *Arabidopsis* merkezli anlayıştan uzaklaşıp, farklı türlerin genom analizleri üzerinde çalışılarak, tüm aileyi kapsayacak yeni açıklamalar geliştirmek gerekmektedir [21].

Famalyanın cinslerine genel olarak baktığımız zaman akrabalık ilişkileri tam olarak belirlenmemiş taksonlarla karşılaşmaktayız. Bu taksonlardan biri de *Aethionema*'dır. İlk kez De Candolle'nun Regni Vegetabilis Systema Naturale eserinde *Aethionema* cinsi ile ilgili bilgiler görüyoruz [22]. De Candolle cinsin morfolojisi ile verdiği genel bilgilerin yanı sıra 9 *Aethionema* türünden eserinde bahsetmektedir. Fakat Türkiye'de yetişen *Aethionema* cinsi üzerinde düzenli ilk bilgiler Boissier tarafından verilmiştir [23]. Daha sonra bu cins Türkiye Florası için

Hedge tarafından yeniden yazılmıştır [10]. Hedge'in bu yayını oldukça kapsamlı bir çalışma olmasına rağmen, daha sonraki yıllarda bu cinsin taksonomisi üzerine yapılan çalışmalar ve Türkiye'de yeni tanımlanan taksonlar nedeniyle taksonomik açıdan yeniden çalışılması gerekmektedir.

Aethionema cinsi sınıflandırılmasında yaşam süreleri (tek veya çok yıllık) ve meyve morfolojisi tür seviyesinde oldukça önemlidir [24]. *Aethionema* cinsi yaşam formu, meyve morfolojisi, çiçek yapısı, renk, heterokarpi ve kromozom sayısı ($n=7, 8, 11, 12, 14, 16, 18, 21, 22, 24, 30$) açısından geniş bir varyasyon göstermektedir [25]. Taksonomik olarak tanımlanması zor bir taksondur. Filogenetik çalışmalar sonucunda belirlenen oymaklardan *Aethionemae* içerisinde 2 tane cins ve 57 tane tür bulunmaktadır [1]. Bu türlerin yayılış alanı öncelikli olarak Orta Doğu ve Batı Avrupa'dır. *Aethionema* cinsinin çeşitlenme merkezi Türkiye'dir [10]. Bunun yanı sıra birkaç tür Türkmenistan'ın doğusuna doğru, İspanya'nın ve Fas'ın batısına doğru yayılış göstermektedir. Bu oymaktan *Moriera* cinsi de Afganistan, İran ve Türkmenistan'da yayılış gösterir. Schulz [6] *Aethionema* cinsini *Thlaspi* ve *Lonopsidium* ile birlikte *Lepidieae* oymağın içine yerleştirmiştir. Ama moleküler çalışmalar *Aethionema* cinsinin bu iki cinsle yakın akraba olmadığını göstermiştir. Schulz [6] *Moriera* cinsini *Iberidinae* suboymakunun içine yerleştirmiştir fakat bu cins daha çok dikenli *Aethionema*'ya benzerlik göstermektedir. Son yıllardaki çalışmalarla *Moriera* ve *Aethionema* aynı oymak içine alınmıştır [18].

Türkiye Florası'nda 20 tanesi endemik olmak üzere 41 tane *Aethionema* türü bulunmaktadır [26, 11, 27]. Cins'e ait olan türler Ek 1'de verilmiştir. Familya genelinde yapılan tüm analizlerde *Aethionema* cinsinin familyanın geri kalanına kardeş grup olduğu görülmüştür [1, 2, 18, 28, 29]. Bunun yanısıra *Cleomaceae*, *Brassicaceae* familyasına kardeş familya olarak gösterilmiştir [30, 31]. Moleküler çalışmalara göre, *Brassicaceae* familyası 2 ana gruba ayrılmıştır bunlardan bir tanesi de *Aethionema*'dır [32, 33]. *Brassicaceae* familyası üzerinde yapılan moleküler çalışmalarda [33, 34, 7] *Aethionema* cinsinin *Brassicaceae* içinde temel bir cins olduğu görülmüş ancak diğer cinslerle olan akrabalık ilişkileri henüz tümüyle anlaşılamamıştır.

Hedge'in çalışmasından sonra bu cinsin taksonomik revizyonu yayınlanmamıştır. Tüm *Aethionema* taksonlarını kapsayan moleküler bir çalışma olmamasına rağmen, bazı *Aethionema* taksonlarını içeren çalışmalar mevcuttur [18]. Bitkiler

üzerine yapılan çalışmalar son yıllarda sistematik çalışmalar ile sınırlı kalmayıp moleküler çalışmaları da bünyesine katmıştır. DNA çalışmaları, dizi analizleri ile sistematik olarak sorunlu birçok taksonun akrabalık ilişkileri çözümlenmiştir.

Brassicaceae familyası ve *Aethionema* cinsinin literatür özetinden de görülebileceği gibi bu cinsin taksonomik ve filogenetik ilişkisi yeterince aydınlatılamamıştır. Bu tez çalışması kapsamında yapılan moleküler araştırma ile cinsin türüçi filogenetik ilişkisi aydınlatılmaya çalışılmıştır.

Bu tez çalışmasında aşağıda belirttiğimiz hedeflerin gerçekleştirilmesi planlanmıştır.

1. *Aethionema* taksonları üzerinde yapılacak ayrıntılı çalışmalar ile cinsin taksonları arasındaki akrabalık ilişkileri ve familya içindeki cinsler arası ilişkileri aydınlatılacaktır.
2. Çalışmalar sonucunda Dünya'nın farklı yerlerinde yayılış gösteren *Aethionema* cinsinin moleküler filogenisi güvenilir ve sağlam bir şekilde oluşturulacaktır.
3. Tez sahibi öğrenci yurtdışında Dr. Eric Schranz'ın gözetmenliği altında, moleküler filogeni çalışmalarının temelini oluşturan analiz yöntem ve metotlarını öğrenecektir.
4. *Aethionema* cinsinin filogenetik ağacının oluşturulması sonucunda, ilerleyen yıllarda *Brassicaceae* familyasının genel filogenisinin sorunlu ve eksik kısımlarını aydınlatılacak çalışmalar için veri oluşturabilmek mümkün olacaktır.
5. *Aethionema* (*Brassicaceae*) cinsinin moleküler filogenisi ve familya içindeki akrabalık ilişkisini belirleme çalışmasının uluslararası işbirliği halinde yapılması planlanmıştır. Bu cinsin türlerinin yaklaşık 4/5'i Türkiye'de yaşamaktadır. Planlanan çalışmanın başarısı için Türkiye örnekleri bu çalışmaya katılmıştır. Bu sebeple çok uluslu gerçekleşen bilimsel bir çalışmada Türk öğrencinin yetiştirilecek olması planlanan en önemli amaç ve hedeflerdendir.
6. Söz konusu moleküler filogenetik çalışmanın gerçekleştirilmesi *Brassicaceae* taksonomisi ve filogenisinde dünya literatüründe belli yere sahip olacaktır.

2 .MATERYAL VE METOD

Yapılan çalışmada çoğu Türkiye dağılımlı olan cinse ait 40 taksonun moleküler filogenisinin aydınlatılması amaçlanmıştır. Bu çerçevede elde edilen bitki örnekleri ile (Bkz. 2.1) sırasıyla DNA eldesi, PZR uygulaması ve çeşitli filogenetik analizler ile çözümlenmesi aşamaları takip edilmiştir. İzlenilen metot ve yöntemler aşağıda sırasıyla sunulmuştur. Tez çalışmaları kapsamında yürütülen, moleküler sistematik analizler Hollanda- Wageningen Üniversitesi Biyosistemik Grubunun laboratuvarında yapılmıştır. Filogenetik analizlerin temelini oluşturan dizi analizleri için 2 adet gen kullanılmıştır. Bu genler kloroplast genleri olarak bilinen trnL-F ve rbcL-a'dır. TrnL-F; 752 ila 1097 bp arasında baza sahip, trnL (UAA) 5'ekzon - trnF (GAA) ekzonunu içeren kloroplast üzerinde yer alan bir gen bölgesidir. RbcL geni de kloroplast geni olarak bilinir. RbcL-a bölgesi, rbcL geninin yaklaşık olarak ilk 600 bp'lık kısmına denk gelir ve genelde barkodlama çalışmaları için tercih edilen bir bölgedir. Bunun sebebi de bu gen bölgesinin yavaş evrim geçirmesinden kaynaklanmaktadır.

Bu genlerin dizi analizleri belirlendikten sonra filogenetik analizler için; RaXML- Maximum Likelihood ve Mr. Bayes programları kullanılmıştır. Analizlerde Maximum Likelihood ve Bayesian yöntemleri tercih edilmiştir, bunların sebep ve sonuçları bulgular kısmında açıklanmıştır.

2.1. BİTKİ ÖRNEKLERİNİN ELDE EDİLMESİ

Bitki örneklerinin bir kısmı herbaryumlardan, geri kalan kısmı ise daha önce aynı bitki üzerinde çeşitli çalışmalar yapmış kişilerin kişisel koleksiyonlarından temin edilmiştir. Her tür için bir adet örnek çalışmaya dahil edilmiştir. Moleküler çalışmalarda kullandığımız bitkilerin lokalite ve toplayıcıları Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Moleküler çalışmada kullanılan örnekler

Takson	Toplayıcı adı & no	Lokalite	trnL-F	rbcL-a
<i>A. acarii</i>	Y. Gemici 7694	Kütahya	+	+
<i>A. arabicum</i>	Schranz 6.2	Ankara	+	+
<i>A. caespitosum</i>	B. Özüdoğru 1138	Sivas	+	+
<i>A. capitatum</i>	Dönmez 4494	Mersin	+	+
<i>A. carneum</i>	TNRC 2636	-	+	+
<i>A. cordatum</i>	E. Schranz 20.1	Ankara	+	+
<i>A. coridifolium</i>	A.A .Dönmez 5371	Erzincan	+	+
<i>A. demirizii</i>	N. Adıgüzel 3010	-	+	+
<i>A. diastrophis</i>	E. Ö. Inceoglu	Ankara	+	+
<i>A. dumanii</i>	M. Vural 4162	Ankara	+	+
<i>A. eunomioides</i>	H.D & Z.A 4300	Kayseri	+	+
<i>A. fimbriatum</i>	A.A. Dönmez 9707	Hakkari	+	+
<i>A. froedinii</i>	A.A. Dönmez 14361	Diyarbakır	+	+
<i>A. glaucinum</i>	Adıgüzel 3131	-	+	+
<i>A. grandiflorum</i>	E. Schranz 2.2 N.	-	+	+
<i>A.heterocarpum</i>	A.A. Dönmez 5094	Şanlıurfa	+	+
<i>A.huber-morathii</i>	N. Adıgüzel 3007	-	+	+

<i>A. iberideum</i>	A.A. Dönmez 11989	Bitlis	+	+
<i>A. karamanicum</i>	K. Eruğrul 1215	Karaman	+	+
<i>A. lepidioides</i>	N. Adıgüzel 4992	-	+	+
<i>A. lycium</i>	N. Adıgüzel 3254	-	+	+
<i>A. marashicum</i>	B. Yıldız 1037	Kahramanmaraş	+	+
<i>A. membranaceum</i>	N. Adıgüzel 3938	-	+	+
<i>A. munzurense</i>	P.H. Davis 31296	Tunceli	+	+
<i>A. oppositifolium</i>	A.A. Dönmez 6119	Erzincan	+	+
<i>A. orbiculatum</i>	D. Phitos 1963	-	+	+
<i>A. papillosum</i>	Balls 1096 A.A.	-	+	+
<i>A. saxatile</i>	AY122451	NCBI gen bankası	+	+
<i>A. speciosum</i>	B. Yıldız 1354	Kahramanmaraş	+	+
<i>A. spicatum</i>	N. Adıgüzel 3135	-	+	+
<i>A. schistosum</i>	A.A. Dönmez 13862	Antalya	+	+
<i>A. stenopterum</i>	E. Schranz 2.10	-	+	+
<i>A. stylosum</i>	N. Adıgüzel 3121	-	+	+
<i>A. syriacum</i>	A.A. Dönmez 10742	Siirt	+	+
<i>A. trinervium</i>	A.A. Dönmez 11001	Bitlis	+	+

<i>A. thesiifolium</i>	N. Adıgüzel 5233	-	+	+
<i>A. turcica</i>	N. Adıgüzel 2789	-	+	+
<i>A. umbellatum</i>	E. Schranz 20.5	-	+	+
<i>A. armenum</i>	A. A. Dönmez 17906		+	+
<i>A. alanyae</i>	N. Adıgüzel		+	+
<i>Cleome spinosa</i>	DQ649093.1	NCBI gen bankası	+	+
<i>Moriera spinosa</i>	E. Schranz (taze yaprak)	Botanik Bahçesi	<i>Moriera spinosa</i>	E. Schranz (taze yaprak)

2.2. Genomik DNA İzolasyonu

Elde edilen örneklerden DNA izolasyonu işlemi CTAB protokolu takip edilerek yapılmıştır (Wageningen Üniversitesi, Biyosistemik Laboratuvarı Protokolü).

Wageningen Üniversitesi Biyosistemik grubu tarafından revize edilmiş CTAB protokolu için aşağıda belirtilen basamaklar takip edilmiştir.

Yaprak materyallerinin homojenizasyonu

1. 1-10 mg kuru bitki materyalleri 2 ml reaksiyon tüplerine konuldu.
2. Bu tüplere 5 adet küçük homojenizasyon boncukları eklendi. Hazırlanan reaksiyon tüpleri elektrikli öğütücüye konuldu.
3. 2 dakika boyunca 70 rpm de homojenize edildi. Daha sonra bitki materyallerinin pudra şekline dönüşüp dönüşmediği kontrol edildi. Gerekirse tekrar homojenize edildi.
4. Reaksiyon tüplerine 1 ml CTAB buffer'ı eklenir. İyice karıştırılır ve 55 derecede 30 dakika boyunca inkübe edildi.
5. Daha sonra 1 ml kloroform/isoamilalkol eklendi. 1 dakika boyunca vortekste iyice karıştırıldı.
6. Tüpler 13.000 rpm de 2 dakika boyunca santrifüj edildi. Bu işlem sonucunda tüplerde iki tabaka görüldü. Bunlardan biri alt kısma çökelmiş organik kısım, üst tabakada ise su ,DNA ve diğer polisakkaritleri içeren kısımdır.
7. Süpernatant (DNA'nın bulunduğu kısım) 1.5 ml yeni tüplere transfer edildi.
8. Kloroform reaksiyonu yeniden tekrarlandı (1 ml kloroform/Isoamilalkol). 2 dakika boyunca 13.000 rpm de santrifüj edildi.
9. Süpernatant 1.5 ml' lik tüplere transfer edildi.
10. 2/3 hacminde soğuk isopropanol eklendi, iyice karıştırılıp 30 dakika boyunca -20 derecede çökelmeye bırakıldı.
11. 10 dakika boyunca 13.000 rpm de santrifüj edildi, böylece DNA tüpün altına çöker üst kısım hızlı bir şekilde uzaklaştırıldı.
12. 1 ml yıkama bufferi eklenir. 5 dakika santrifüj edildi ve üst kısım yine hızlı bir şekilde uzaklaştırıldı. Tüplerdeki tüm etanol uzaklaştırıldıktan sonra DNA'lar kuruması için oda koşullarında bırakıldı.

13. Kurumuş DNA peletleri 90 mikrolitre resuspanسیون bufferı içerisinde çözöldü.
14. Aynı tüplerin üzerine 180 mikrolitre MQ su, 135 mikrolitre NH₄AC (2.5 M), 1 ml soğuk %96 EtOH eklenir iyice karıştırılır ve -20 derecede çökelmeye bırakıldı.
15. 10 dakika boyunca 13.00 rpm de santrifüj edilir üst kısım hızlı bir şekilde uzaklaştırıldı.
16. 1 ml %70 etanol eklenir ve 5 dakika boyunca santrifüj edildi santrifüjden sonra süpernatant kısmı hızlı bir şekilde uzaklaştırıldı. Tüplerdeki tüm etanollerin alındığından emin olduktan sonra havada kurumaya bırakıldı.
17. Kuru DNA peletleri 100 mikrolitre TE tamponu içerisinde tekrar suspanse hale getirildi.
 - TE Tamponu: 10 mM Tris, 1 mM EDTA, pH=7.6
18. Elde edilen DNA'ların kalite kontrolü için Nanodrop ya da agaroz gel elektroforezi kullanıldı.

Yapılan bu tez çalışmasında agaroz jel elektroforezi tercih edilmiştir.

2.3. DNA örneklerinin agaroz jel elektroforezi ile kontrol edilmesi

Jel elektroforez tekniğı DNA moleküllerini büyüklüklerine göre ayırt etmeye yarayan bir yöntemdir. Nötral PH'lı ortamlarda DNA molekülleri fosfat grubu taşıdığı için negatif yüklüdür. Bu yüzden elektrik alanı içerisinde pozitif kutuba (anot) doğru hareket ederler.

Jel elektroforezi sırasında DNA moleküllerinin kutuplara hareketi; büyüklüğü, şekli ve elektrik yükü ile alakalıdır. DNA molekülleri elektrik alanı içerisinde hareket ederken, daha hafif olan fragmentler en önde ağır olanlar ise en geriden takip eder.

Bu yöntemde agaroz jelin konsantrasyonu ise hangi ağırlıkta DNA moleküllerinin ayrılacağını belirler (Şekil 2.3.1).

0.3	5.0-60
0.6	1.0-20
0.8	0.8-10
1.0	0.4-8
1.2	0.3-7
1.5	0.2-4
2.0	0.1-3

Agaroz jel konsantrasyonu DNA büyüklüğü (Kb)

Şekil 2.3.1. DNA büyüklüğüne göre hazırlanması gereken Agaroz Jel Konsantrasyonu.

DNA fragmentlerinin ağırlığını belirlemek için %5'lik agaroz jel kullanıldı. Spektrofotometrenin dalga boyu 260 nm'ye ayarlanıp izole edilen DNA'ların absorbanları ölçüldü ve miktarları belirlendi.

Ağırlıkları belirlenmiş olan DNA fragmentleri ile bir sonraki basamak olan Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PZR) aşamasına geçildi.

2.4. PZR amplifikasyonu ve saflaştırılması

2.4.1. PZR prensibi

Polimeraz zincir reaksiyonu DNA fragmenti üzerinde direkt olarak seçilen spesifik bir bölgeyi çoğaltmaya yarayan bir yöntemdir. Bu çoğaltma işlemi sırasında özel olarak sentezlenmiş primerlerden yararlanır. Bu tez çalışmasında kullanılan primerlerin listesi şekil 2.4.1. de verilmiştir. Bu primerler, DNA üzerinde çoğaltmak istenilen özel bölgeye uyumlu ve eşleşebilen tek zincirli olarak sentezlenir.

a. **Denatürasyon (94 C°)**; çift zincirli DNA iki ayrı zincire ayrılır.

b. **Annealing (50-60C°)**; bu basamakta primerler hidrojen bağları yıkılmış ve

ayrılmış kalıp DNA zincirlerinde kendisiyle uyumlu sekansları içeren bölgelere tutunur.

c. **Uzama (72 C°)**; Bu basamakta belirtilen sıcaklık değeri DNA polimeraz enziminin (Taq Polimeraz) çalıştığı optimal sıcaklıktır. Polimeraz enzimi, dNTPs'leri 5'-3' yönünde eklemeye başlar.

Bu üç basamağın ardarda (20-30 kez) tekrarlanması sonucunda ilgili DNA bölgesinin çok sayıda kopyası meydana getirilmiş olur.

trnL-F (c)	5'- CGACACCCRGATTYGAAGTGG3'-	Dumolin-Lapegue et al. 1997
------------	------------------------------	--------------------------------

trnL-F (d)	5'-CTCGTGTCAACAGTTCAAAT-3'	Dumolin-Lapegue et al. 1997
------------	----------------------------	--------------------------------

rbcL-F	5'-ATGTCACCACAAACAGAGACTAA-3'	Huang & Shi 2002
--------	-------------------------------	------------------

rbcL-R	5'-GTAAAATCAAGTCCACCGCG-3'	Fofana et al. 1997
--------	----------------------------	-----------------------

Şekil 2.4.1. Kullanılan primerler ve nükleotid dizileri

2.4.2. PZR Karışımının Hazırlanması

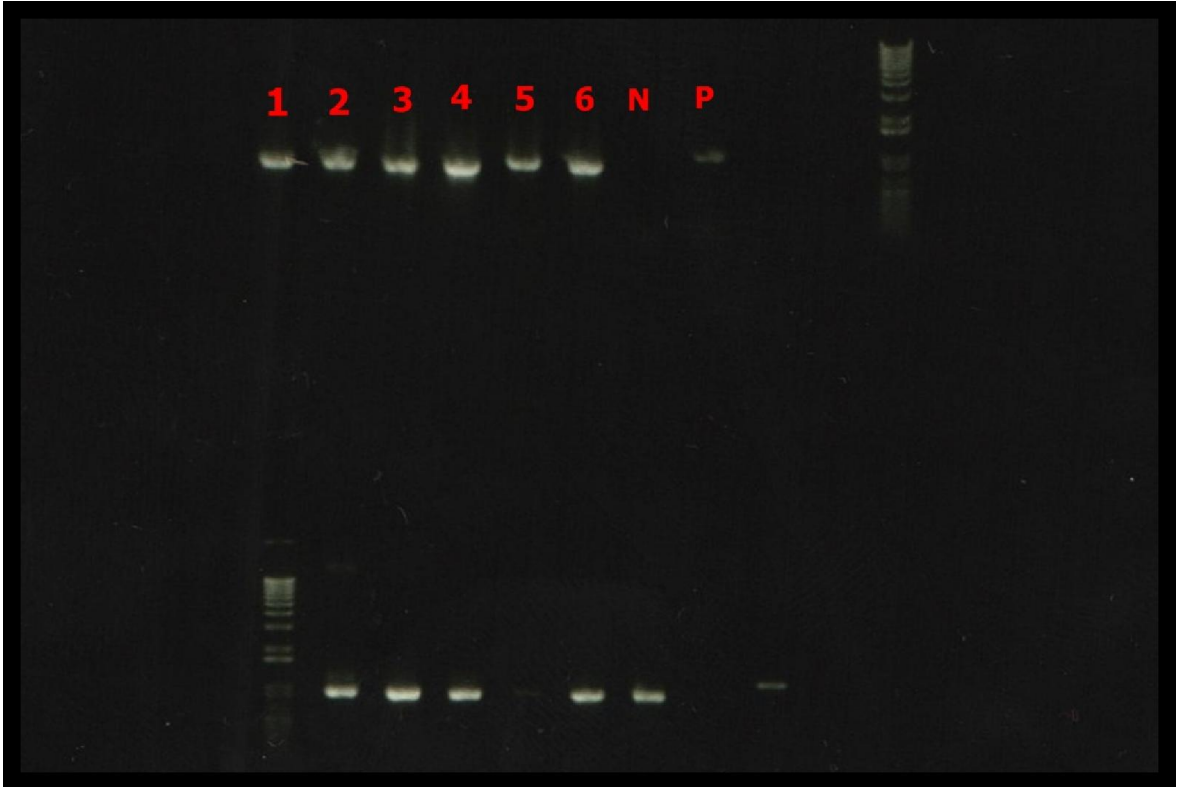
Bu çalışmada PZR karışımı aşağıdaki protokole uygun bir biçimde hazırlandı.

PZR karışımının içeriği;

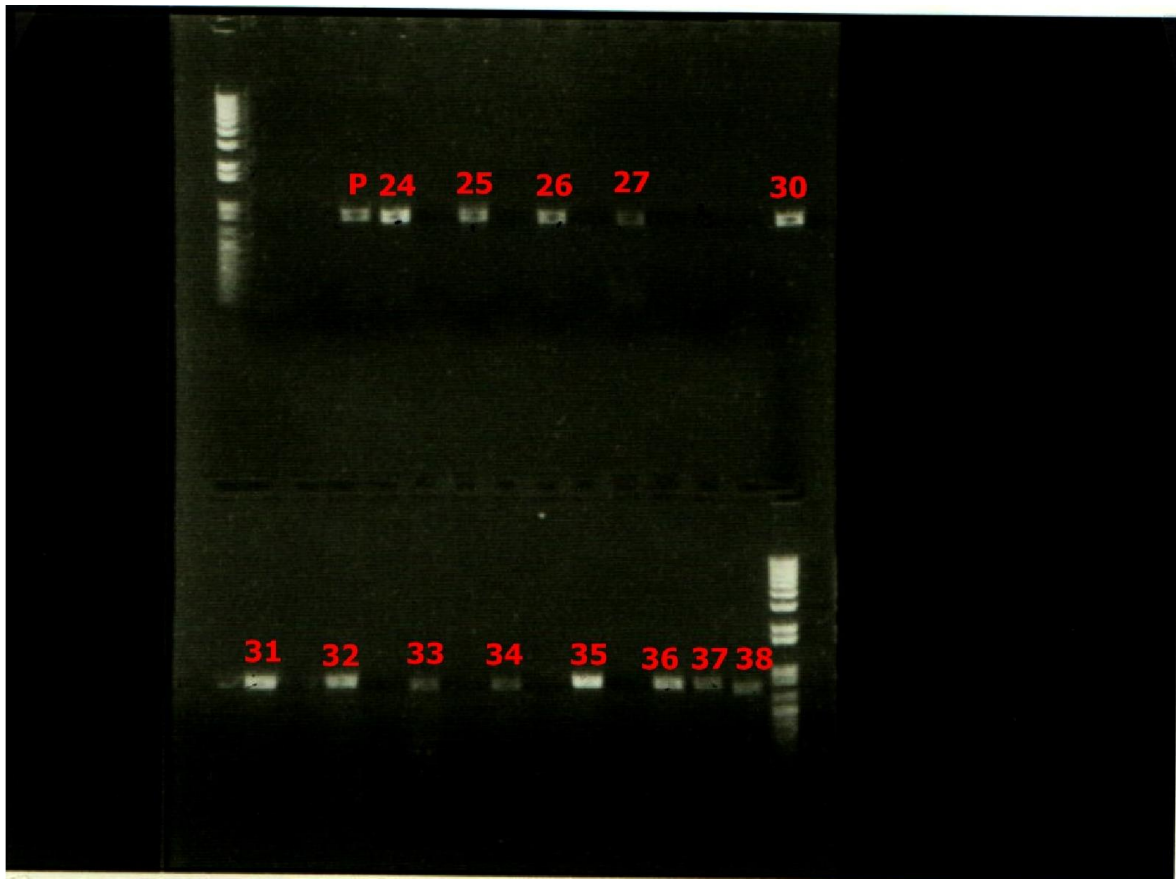
1. 10× Tampon 1 µl
2. BSA 1 µl
3. dNTP 0.4 µl
4. İleri (forward) primer 0.35 µl (10 pmol/ µl)
5. Geri (reverse) primer 0.35 µl (10 pmol/ µl)
6. Taq polimeraz 0.08 µl
7. Su (10 µl'ye tamamlanır)

2.4 3. PZR Ürünlerinin Agaroz Jelde Kontrolü

10 µl PZR ürünü, 1 µl yükleme çözeltisi ile karıştırıldı, Etidyum bromür (1 µl) içeren %1'lik agaroz jele (60ml 1×TAE × +0.5 g agaroz) yüklendi ve yaklaşık 60 dakika boyunca 40 V'luk sabit voltaj uygulandı. Her tür için elde edilen jel görüntüleri aşağıda yer almaktadır. Sıra numaraları çizelge 1.2 deki türlerin sırasına göre yazılmıştır. P pozitif N negatif kontrolü ifade etmektedir.







2.4.5. PZR ürünlerinin dizileme işlemi için hazırlanması

1. PZR fragmentlerinin saflaştırılması

Bu işlem Qiagen PZR saflaştırma kolonları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu kolonlar 100 bp ve daha büyük fragmentleri bağlama özelliğine sahiptir, silika membran içerir, kolonlara eklenen PZR ürünlerinde bulunan tuzlar, enzimler ve diğer gereksiz bileşimler kolonlardan tutulmadan atılır, DNA ise bu kolonlara tutunur. Saflaştırma işleminden sonra elde edilen ürünlerin yine %1'lik agaroz jellerde kalite kontrolü yapıldı.

2.5. DNA dizi analizi

DNA dizi analizi işlemi DNA molekülündeki baz dizilimlerini belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Sekanslama işleminde direkt olarak PZR ürünlerini kullanmak gereksiz vakit kaybını engeller.

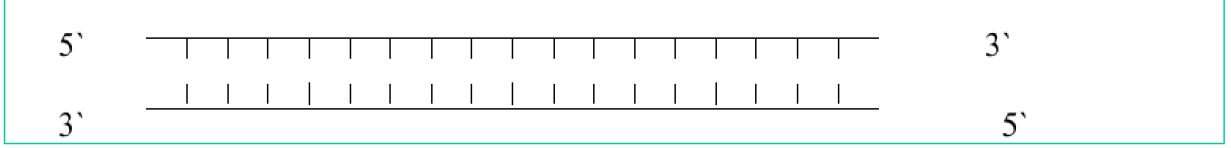
Sekanslama işlemi gerçekleştirilirken kalıp olarak direkt PZR ürünleri kullanılır. Fakat yukarıda da bahsettiğimiz gibi bu PZR ürünlerinin tuz, enzim gibi istenmeyen yan ürünlerden arındırılması gerekmektedir.

PZR işlemi sırasında birden fazla primer kullanılarak çoğaltılan bölge, sekanslama işlemi sırasında yalnızca tek adet primer kullanılarak doğrusal bir çoğaltma işlemi gerçekleştirilir.

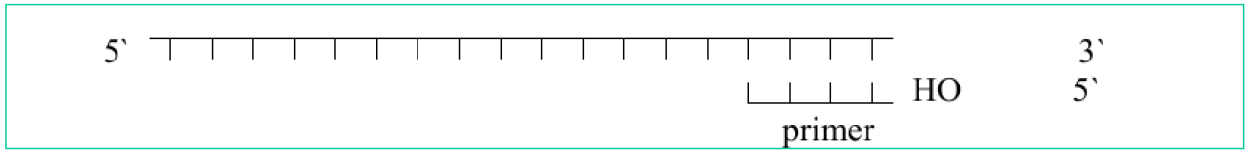
Bu işleme dikkat edilirse PZR aşamasından oldukça farklılık gösterir, 2 adet primer ve üstsel bir şekilde çoğalma aşamalarını sekanslama da göremeyiz. Sekanslama işleminde dNTP'lere ek olarak ddNTPs de görmekteyiz. ddNTPs'lerin önemli bir özelliği çoğaltılan bölgeye eklendiği zaman sentezin o noktada durmasını sağlamasıdır. Çünkü bu moleküller 3' pozisyonunda hidroksil grubu içermez, bu yüzden kendisinden sonra gelen nükleotiti buraya eklenemez. Bu kullanılan 4 adet ddNTPs'lerin her biri farklı floresan moleküllerle işaretlenmiştir. Bu sayede zincire en son eklenen ddNTPs'ler (ddATP, ddTTP, ddCTP, ddGTP) arasındaki fark anlaşılabilir. Elektroforezis sırasında bu floresan moleküller detektör tarafından tespit edilir.

Sekanslama işleminin şematik gösterimi aşağıdadır;

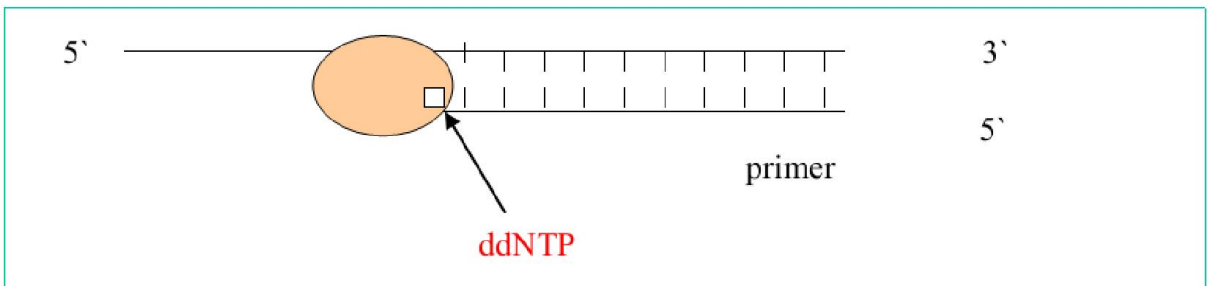
a) Kalıp olarak çift zincirli DNA'nın kullanılması



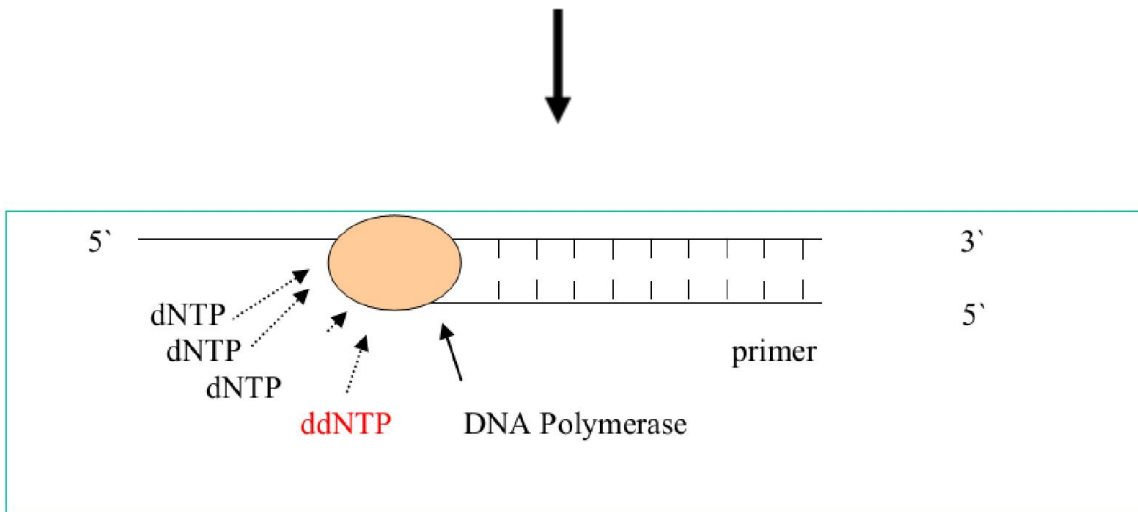
b) Primerin tek zincirli DNA'ya tutunması



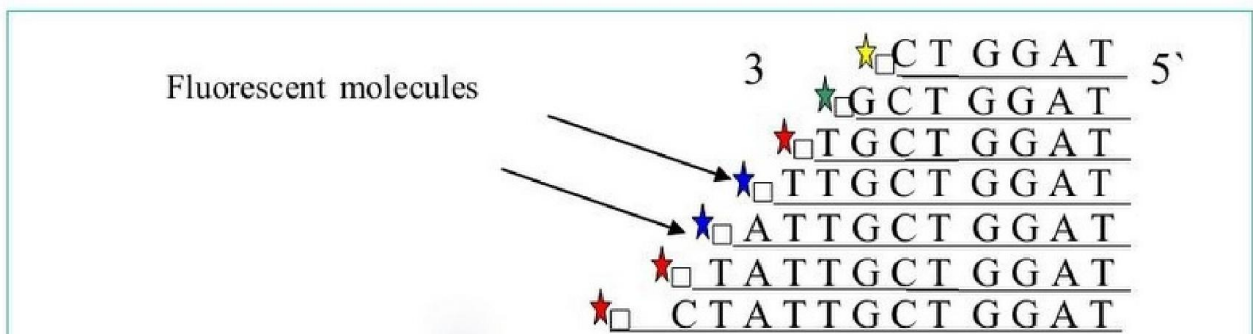
c) Polimerazın yeni dNTP'ler ekleyerek zincir sentezi gerçekleştirmesi



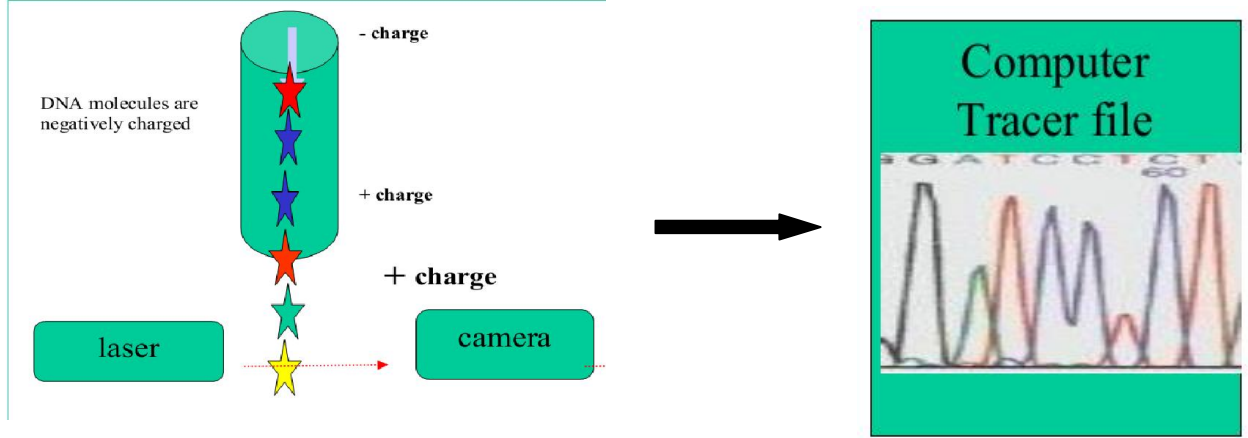
d) Polimeraz enziminin ddNTPs eklemesi ile sentezin sonlanması



e) Tüm fragmentlerin 3' ucunda ddNTPs'ler ile işaretlenmesi



f) Kapillerde meydana gelen Jel- Elektroforezi



2.5.1. Sekanslama reaksiyonun hazırlanması ve uygulanması

The Big Dye Terminator Dizileme kiti

Dizileme işlemini gerçekleştirmek için bu çalışmada Big Dye Terminator Cycle kiti kullanıldı. Kullanılan kitin içerisinde; DNA taq polimeraz, dNTPs, dye terminatör, magnezyum klorid gibi bileşenler hazır bir şekilde bulunmaktadır. Sekanslama karışımını hazırlarken, bu hazır kitin içerisine dilüsyon tamponu, primerler ve saflaştırılmış DNA'yı eklemek yeterli idi. Daha sonra izlenen basamaklar aşağıdaki gibidir;

1. Sekanslama karışım miktarı hesaplandı. Bu karışımlar forward ve reverse primerler için ayrı ayrı hazırlandı. İçerikte kullanılan maddeler miktarı aşağıda tablo olarak verilmiştir. Aşağıdaki konsantrasyonlar 42 örnek için çoğaltıldı.

Forward Primer için,

SOLÜSYON

Dilüsyon tamponu	2 µl
Big Dye RRM	2 µl
Primer F	0.16 µl
Su	38.4
Toplam	8 µl

Reverse Primer için,

SOLÜSYON

Dilüsyon tamponu	2 µl
Big Dye RRM	2 µl
Primer R	0.16 µl
Su	38.4
Toplam	8 µl

2. Sekanslama aletindeki 96 kuyucuklu paletlerin kuyucuklarına 2 µl DNA örneği 8 µl yukarıdaki içeriklere göre hazırlanmış karışım eklendi.

3. Hazırlanmış tüpler MJ200 PZR aletine yerleştirildi. Program aşağıdaki döngülere ayarlandı.

1. 1°/s $\Rightarrow$ 96°C
2. 96° 'de 0:10
3. 1°/s $\Rightarrow$ 50°C
4. 50°'de 0:15
5. 1°/s $\Rightarrow$ 60°C
6. 60°C 4:00
7. 1.basamağa dön ve 24 kez tekrarla
8. Bitiş

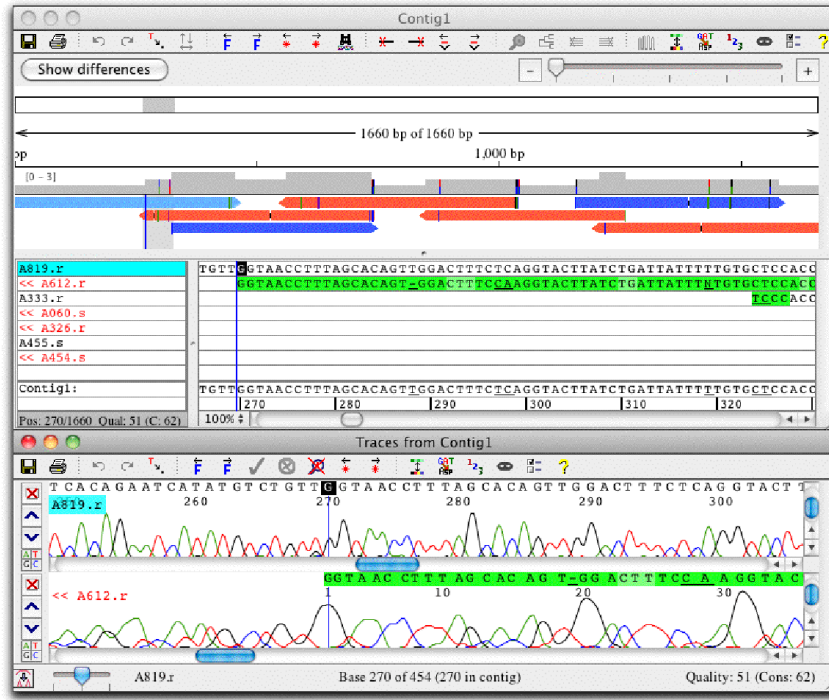
2.5.2. Greenomics ve İşleyiş Protokolü

Yukarıda anlattığımız işlemlerden sonra sekans dizilimlerini elde etmek için, Wageningen Üniversitesi'nin bünyesinde yer alan Greenomics şirketinin sekanslama servisine hazırlanmış olan örnekler yüklendi. Bu yükleme işleminden sonra Greenomics bize işlenmemiş verileri gönderdi. Bu basamaktan sonra moleküler çalışmaların laboratuvar ayağı tamamlandı, veriler analiz programları için uygun hale getirildi, Mr.Bayes ve Maximum Likelihood filogenetik analiz programlarında kullandı.

2.6. Filogenetik analizler

2.6.1. Dizilerin hizalama işlemi

Greenomicsten çoğaltılan gen bölgesinin dizileri ham veri şeklinde alındı. Bu veriler kaç adet primer kullanıldıysa o kadar dizi içermektedir. Örneğin rbcL-a geni için sekanslama sırasında 2 adet primer kullanıldı sonuç olarak 2 adet dizilim elde edildi. Bu yüzden bu ileri ve geri dizilerinin hizalanması gerekmektedir. Bu işlem için Wageningen Üniversitesi'nde hali hazırda kullanılan Codon-Code Alligner programı seçildi. Bu olay analiz terminolojisinde contig oluşturmak olarak da yer almaktadır. Konuya ilişkin aşağıda temsili bir görsel eklenmiştir (Şekil 2.6.1).



Şekil 2.6.1. Primerlerin Hizalanması

2.6.2. Dizilimlerin analiz programlarına uygun hale getirilmesi

Bu basamakta kullanmak istediğimiz analiz programına uygun dosya formatlarının hazırlanılması işlemleri yer almaktadır. Örneğin Mr. Bayes programı kullanılacaksa Codoncode Alligner'dan elde edilen dosyanın formatının Mr. Bayes programı için hazır hale getirilmesi gerekmektedir. Bu işlem için Mesquite programı kullanıldı. Bu programda dosyaların formatlanmasının yanı sıra başka işlemlerde yapılmaktadır. Quick Neighbour-Joining ağaçlarının elde edilmesi, sekansların karşılaştırılması, kodlayıcı proteinlerle eşleştirilmesi gibi bazı işlemler Mesquite programında yapılmıştır.

2.7. Analizlerin yürütülmesi

a. Maximum Likelihood

Bu analizler RaxML (Randomized Axelerated Maximum Likelihood) programı ile gerçekleştirildi. Program oluşacak tüm ağaçların topoloji belirler ve bu topolojilerin içerisinden gözlenen veriler tarafında üretilen, en çok benzerliği gösteren ağacı

seçer. Analiz programı için dosya Mesquite programında Phylip formatına getirildi. Bootstrap işlemi için 1000 adet tekrar kullanıldı.

b. Bayesian Methodu

Analiz için Mr. Bayes programı kullanıldı. Bu metotta prensip olarak Maximum-Likelihood'a benzemektedir. Fakat diğer yöntemler içerisinde en güvenilir olan bu metottur. Ağaç üzerindeki her bir soyun birer birer Support Value (destekleyici değer) değerini verir. Bu da o soyun ağaç üzerindeki yerinin doğruluğunun yüzdelik bazında değerlendirilmesini sağlar. %100 Support Value (pp) o soy için yerinin kesinlikle doğru olduğunu gösterirken, bu değer %50'nin altına düştüğü durumlarda güvenilirlik seviyesi nispeten düşmektedir. Bayesian metodu için Cıpres Gateway veri analizlerinin bulunduğu internet sitesi kullanıldı. Formatlı dosya yüklendikten sonra gerekli parametreler seçildi (Mcmc ngen=2500000 relburnin=yes burninfrac=0.25 printfreq=25000 samplefreq=10 nchains=4 savebrlens=yes temp=0.02). Rbcl-a gen bölgesi için kullanılan karakter sayısı (NCHAR=592) , TrnL-F gen bölgesi için kullanılan karakter sayısı (NCHAR=902).

c. Tracer analiz programı

Farklı program ve parametrelerle yapılan analizler sonucu elimizde birden fazla ağaç bulunur. Tracer programı bu ağaçlar arasından en fazla güvenilir ve gerçekçi olanın seçilmesini sağlar. Tracer programı , Bayesian metotundan elde edilen MCMC verilerini kullanarak da bir çözümleme yapabilir. Tracer analizi ile elde edilen ağaç topolojilerinden en güvenilir olan soyağacı çözümlemesinin TrnL ve rbcL-A geninin beraber kullanılarak oluşturulduğu soy ağacı olduğu bulunmuştur.

d. Splitstree program

Bu program farklı analiz programı kullanarak oluşturulmuş ağaçları tek topolojide birleştirmeye yarar. Böylece tüm ağaçların ortak bir consensusu oluşturulmuştur. Splitstree programı aynı zamanda direkt olarak moleküler dizi verilerinden yararlanarak, herhangi bir ağaç topolojisine gerek duymadan yeni bir ağaç oluşturabilir. İlgili soy ağacı aşağıda verilmiştir (Şekil.3.1.10).

vermiştir.

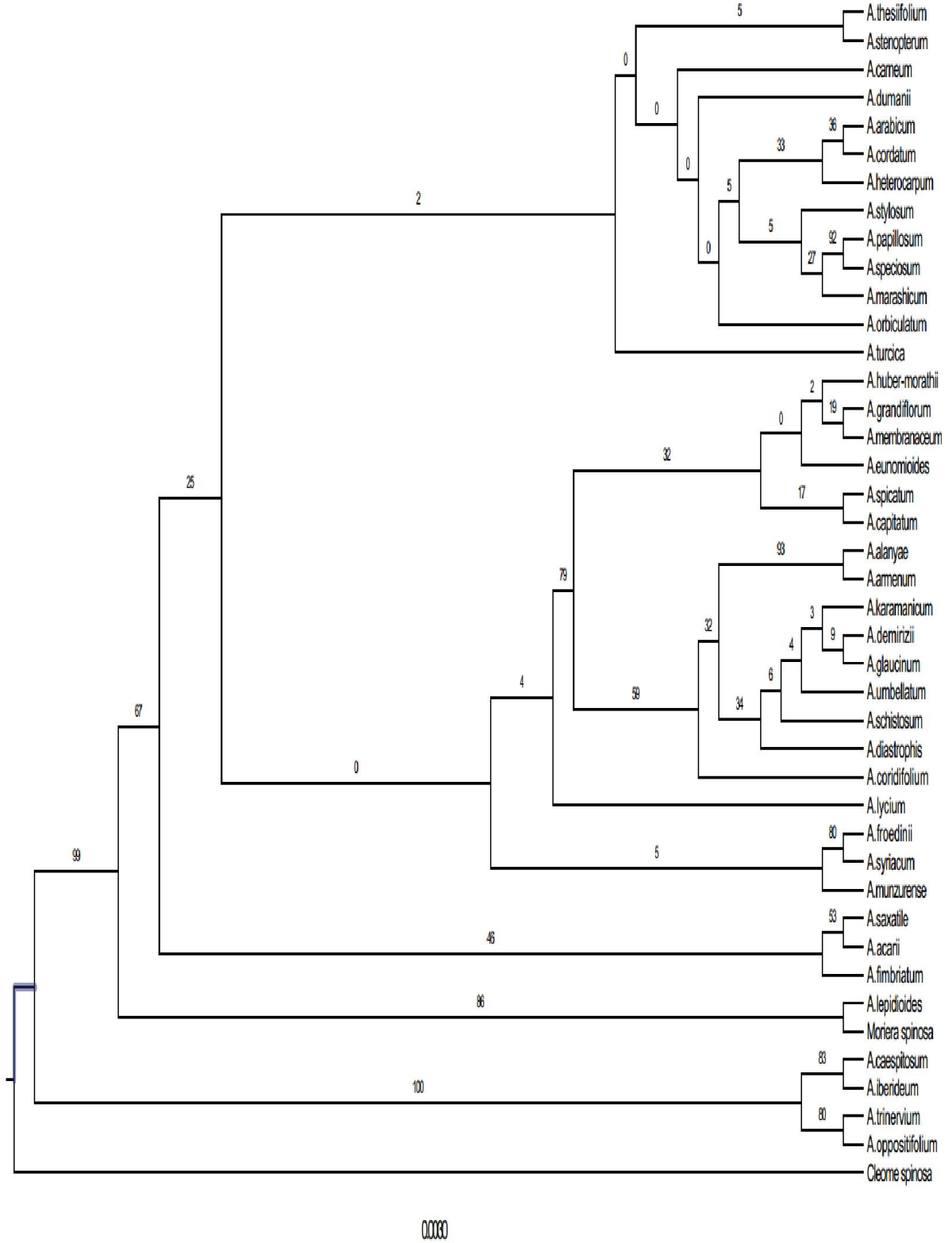
Moleküler analizler için Maximum Likelihood, Bayesian, Tracer ve Splitstree analizleri yapılmıştır. Bu analizlerden Maximum Likelihood ve Bayesian bitki filogeni çalışmalarında oldukça sık tercih edilen analizlerdir. Gen bankasından *Aethionema saxatile*, *Cleome spinosa* dizileri de eklenmiştir [30,40]. Dış grup olarak *Cleoma spinosa* Jacq. literatürde önceki çalışmalara bakılarak seçilmiştir [18, 1]. Analizler sonucu ortaya çıkan soy ağaçları şekil 3.1.2-3.1.10'da verilmiştir. RbcL-a ve trnL-F bölgelerinin hizalanmış sekansları Ek 1'de verilmiştir. TrnL-F bölgesinin uzunluğu *Aethionema* cinsleri için 600-750 bp arasında değişmektedir. RbcL-a bölgesi ise 450-550 bp arasında değişmektedir. RbcL-a bölgesi tek başına yeterli çözünürlüğü veremediği için trnL-F bölgesi ile beraber de analiz edilmiştir. TrnL-F bölgesi ve rbcL-a bölgesi hizalanmış sekansları Ek 2'de verilmiştir.

Maximum-Likelihood analizi RaxML-HPC BlackBox [41] ile ve RAXML yöntemine dayanılarak yapılmıştır. Bayesian analizi ile çıkan sonuçlar büyük ölçüde Maximum-Likelihood analizleri ile örtüşmektedir. Her iki analizden elde edilen sonuçlar verilmiştir. Bunun yanı sıra 2 bölgenin sekansları beraber analiz edilmiştir. Bu analizler 2 türlü gerçekleştirilmiştir. Bunlardan birinde birleştirilmiş bölge tek dizilim gibi kabul edilip tek modelde Bayesian analizleri yapılmıştır. Diğerinde ise birleştirilmiş bölgeye partition (parçalama) uygulanmıştır. Partition (parçalama) işlemi gen bölgelerinin evrimsel süreçte bazlardaki değişimlerinin farklı hızlarda olduğunu göz önünde bulundurarak her gen bölgesine uygun bir model sunar. Bu da elde edilen soyağaçlarının güvenilirlik derecesini artırır. Bayesian ve Maximum-Likelihood analizler ile elde edilen soyağaçları büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. Her iki analiz sonucu ortaya çıkan ağaçlar Şekil 3.1.2-3.1.8' de verilmiştir.

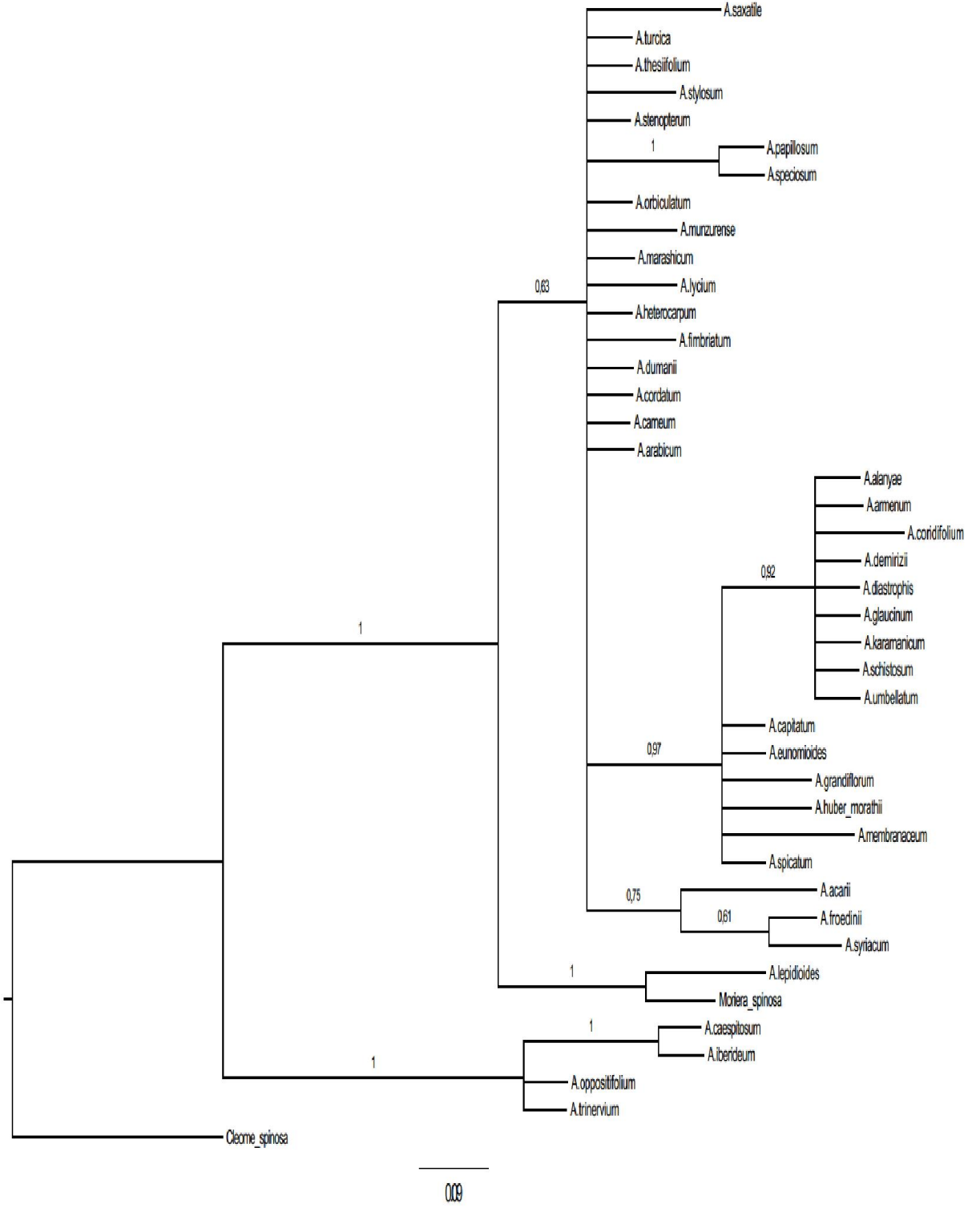
Tracer analiz programı [42] Bayesian methodu ile elde ettiğimiz soy ağaçlarının güvenilirlik derecesini ölçmemize yarayan bir analiz programıdır. Aynı zamanda Bayesian analizleri sonucunda elde ettiğimiz output verilerini kullanarak, analizlerimiz sırasında yeterli sayıda jenerasyon ile çalışıp çalışmadığımızı da değerlendirmemize yardımcı olur. Tracer sonucu ortaya çıkan istatistikler Şekil 3.1.9 da verilmiştir. Bu istatistiklere göre Bayesian yönteminde çoğalttığımız jenerasyon sayısı yeterli doygunluğa ulaşmıştır.

Splitstree4 analiz programı ile [43] Likelihood ve Bayesian analizlerinden elde

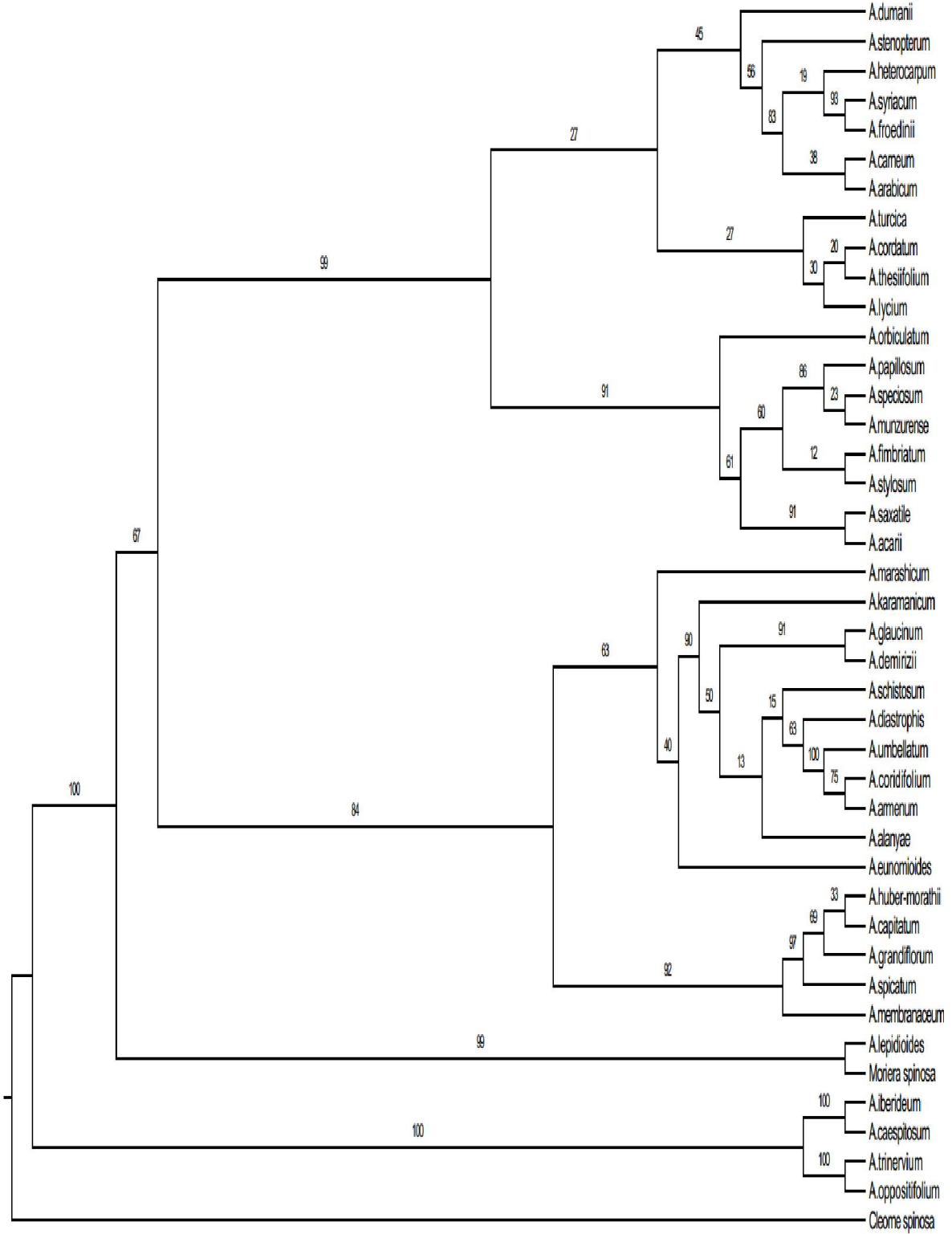
ettiğimiz soy ağaçlarını tek bir ağaç topografisinde birleştirebiliriz. Oluşturulan soy ağacı Şekil 3.1.10'da verilmiştir. Bu da tüm soyağaçlarının birlikte değerlendirilmesini sağlamıştır. Oluşturulan yeni soy ağacı Likelihood ve Bayesian analizleri sonucunda oluşan soy ağaçları ile örtüşmektedir.



Şekil 3.1.2. *Aethionema* cinsi üyeleri üzerinde RbcL-a bölgesinin Maximum-Likelihood yöntemine göre elde edilen soyağacı (consensus>%50 majority rule tree) dallar üzerindeki değerler Bootstrap (BS) değeridir.

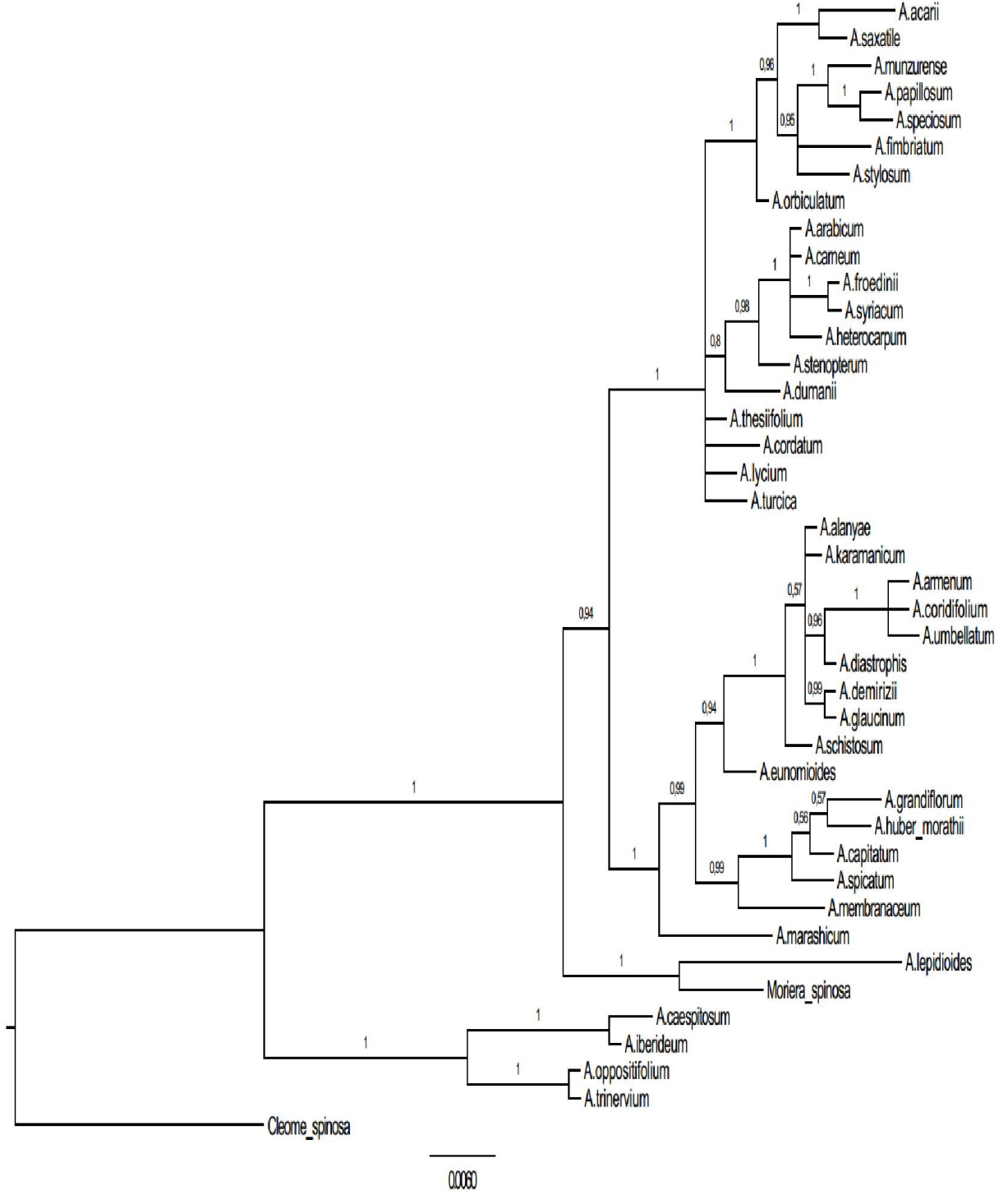


Şekil 3.1.3. *Aethionema* cinsi üyeleri üzerinde RbcL- a sekanslarının Bayesian yöntemine göre elde edilen soyağacı (consensus>%50 majority rule tree) dallar üzerindeki değerler Bootstrap (BS) değeridir.

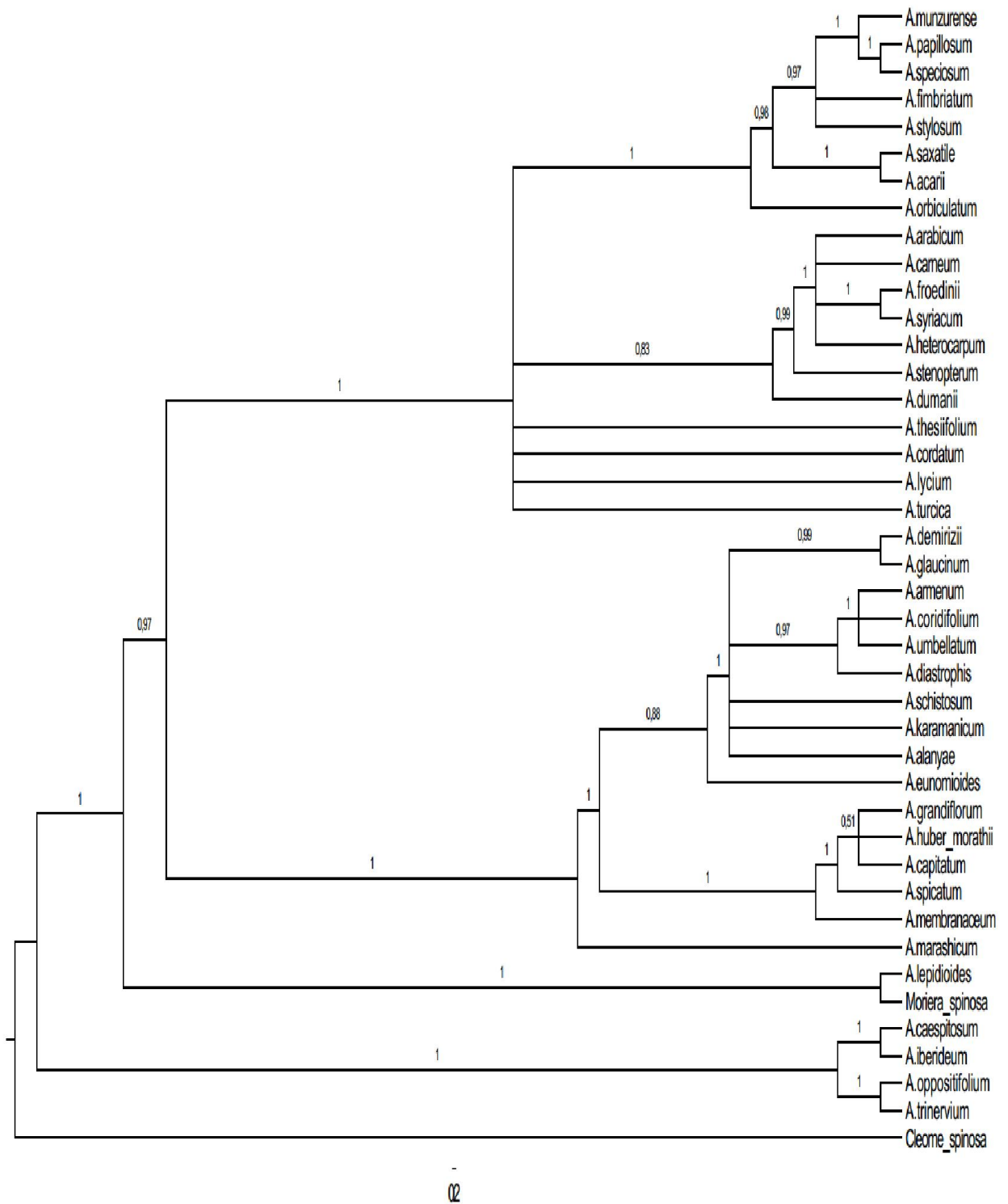


002

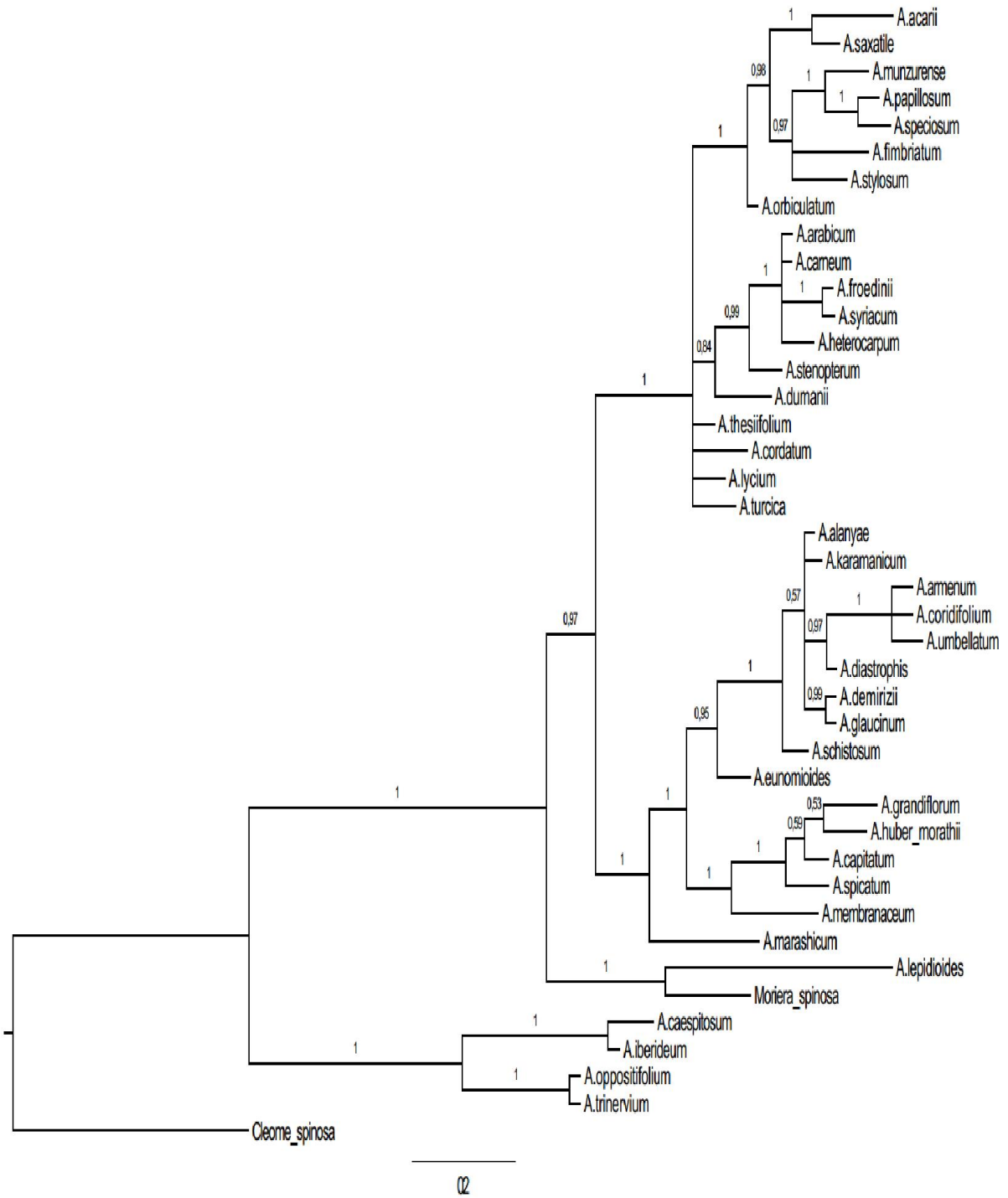
Şekil 3.1.4 *Aethionema* cinsi üyeleri üzerinde trnL-F sekanslarının Maximum-Likelihood yöntemine göre elde edilen soyağacı (consensus>%50 majority rule tree) dallar üzerindeki değerler Bootstrap (BS) değeridir.



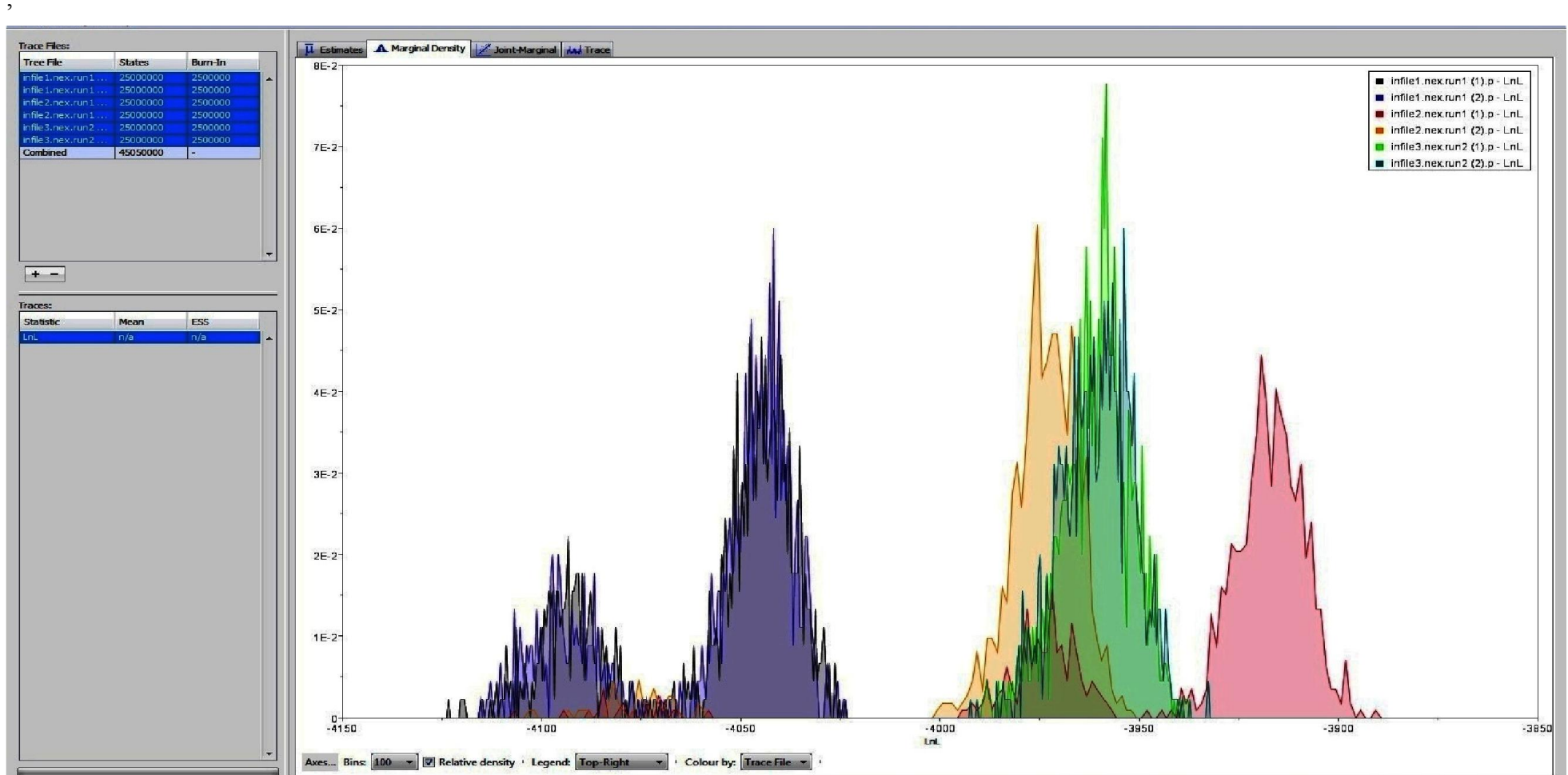
Şekil 3.1.6. *Aethionema* cinsi üyeleri üzerinde RbcL-a + trnL-F bölgesi sekanslarının birleşiminin Bayesian yöntemine göre partioned (parçalama) yapılmadan elde edilen soyağacı. Dallar üzerindeki değerler posterior probabilities değeridir (pp).



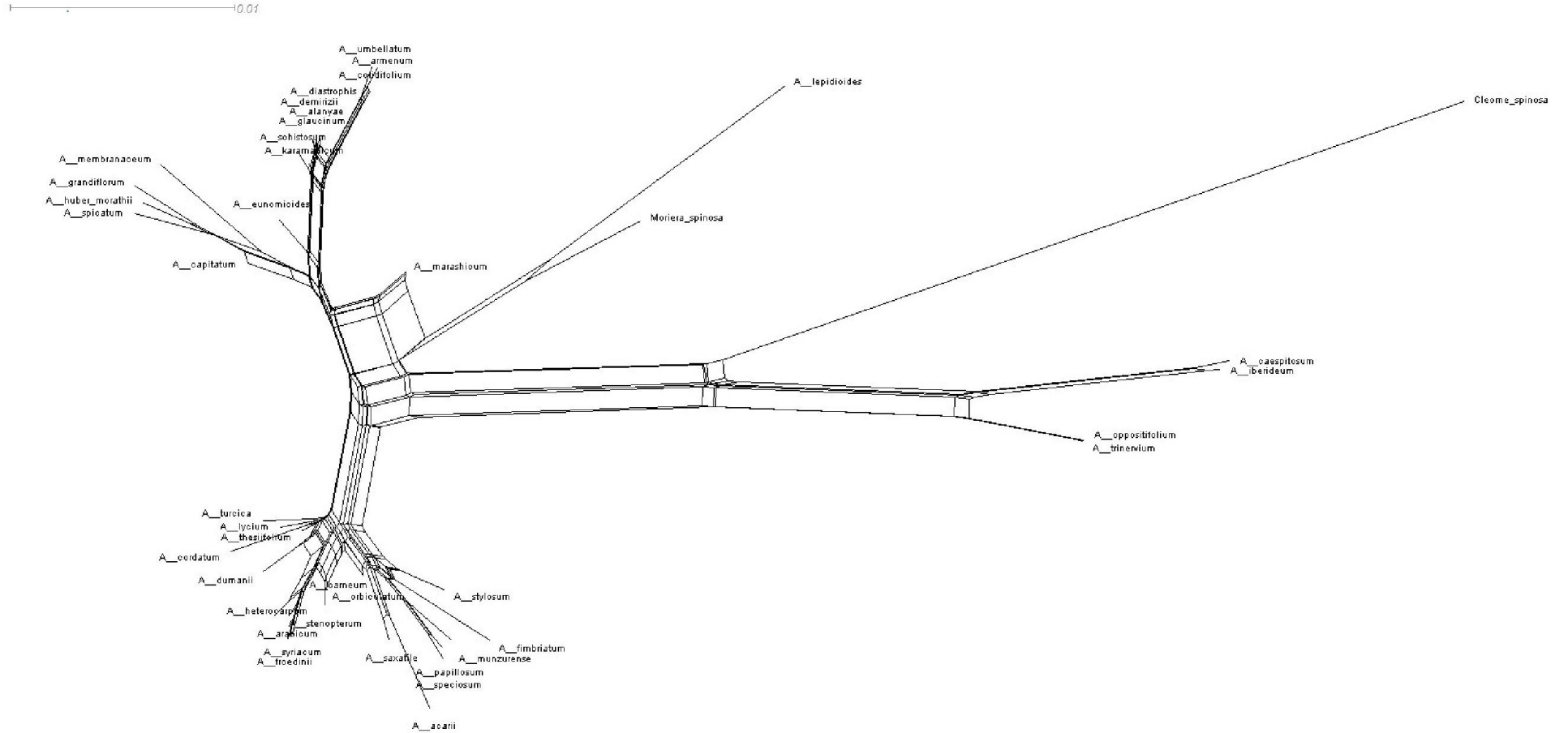
Şekil 3.1.7 *Aethionema* cinsi üyeleri üzerinde RbcL-a + trnL-F bölgesi sekanslarının birleşiminin Maximum Likelihood yöntemine göre partioned (parçalama) yapılarak elde edilen soyağacı.



Şekil 3.1.8. *Aethionema* cinsi üyeleri üzerinde rbcL-a + trnL-F bölgesi sekanslarının birleşiminin Bayesian yöntemine göre partioned (parçalama) yapılarak elde edilen soyağacı. Dallar üzerindeki değerler posterior probabilities değeridir (pp).



Şekil 3.1.9. Tracer analiz programında Marginal Density'lere göre gerçekleştirilen LnL değerleri. LnL değeri en büyük taraf sağa doğru kaymaktadır. Pembe ile gösterilmiş dağılım partioned yapılmış soyağaçları içerisinde en iyi çözünürlüğü vereni temsil etmektedir.



Şekil.3.1.10. SplitsTree analiz programı ile oluşturulan Consensus Tree. Consensus Tree, Bayesian ve Maximum-Likelihood soy ağaçlarını içermektedir.

5. TAKSONOMİ

1. *Aethionema acarii* Gemici & Leblebici., Candollea 50(1): 41 (1995).

Tüysüz, çok yıllık, odunsu dallanmış ve kalın rizomlu. Çiçekli gövdeler 5-7 cm. Yapraklar yarı saplı, etli, gövdenin alt ve orta kısımlarında karşılıklı, obovat, spatulat veya orbikulat, 4-13 × 4-7 mm, üst kısımlar alternat, 5-11 × 2-4.5 mm. Sepaller 2.5-3 mm. Petaller 5.5-6.5 mm, dış kısmı mor, lamina beyaz. Filamentler serbest, dişli; anterler hafifçe apikulat. Çiçek durumu rasemöz, çiçek sayısı 20 kadar, meyvede uzamış. Meyve pediselleri dik, 4-7 mm. Silikula geniş ovattan orbiculara değişir, 3.5-5.5 × 5 mm, iki bölmeli, 2 ovulat; kanatlar 0.7-1 mm, parçalanmamış, kenarlar hafif mor renkte; sinüs 0.3-0.5 mm; stilus 0.8-1.5 mm. Tohumlar papilloz, musilajlı, radikula accumbent.

Tip: [Türkiye] B2 Kütahya: Gediz, Şaphane Dağı, zirvenin kuzeyi, kalker kayalık yamaçları, 1800-2100 m, 17.vi.1993, Gemici, Y. & G.Görk 7694 (Holo, EGE). Endemik, Akdeniz elementi.

2. *Aethionema saxatile* (L.) R.Br., Hortus Kew. 4: 80 1812.

İki yıllık veya monokarpik çok yıllık, birkaç dallı, çiçekli dallar 10-12 cm, tüysüz, mavimsi-yeşilimsi. Yapraklar mavi-mor, kalın, linear lanseolat, parçalanmamış, subpetiolat, birbiri üzerine binmiş, gövde üzerinde alt kısımlardaki yapraklar genellikle daha geniş, birleşik değil. Petaller beyaz veya pembe 3-6.5 × 1-2.5 mm. Filamentler genellikle dentat, birleşik değil. Çiçek durumu meyvede uzamış. Meyveler heterokarpik. Açılan meyveler ovat, 8-10 × 5.7 mm, yatay şekilde veya geriye doğru kıvrık; kanatlar parçalanmamış çok nadir parçalı dişli. Stilus sinusdan daha kısa ya da çok az sinusu geçer. Tohumlar 2-4-6 adet, papilloz, musilaj yok. Açılmayan meyveler 1 toumlu. Radikula eğik accumbent.

Tip: İtalya & Narbonne'dan tanımlandı. Yunanistan, Balkanlar. Akdeniz elementi.

3. *Aethionema munzurensense* P.H.Davis & Yild., Fl. Turkey 10: 232 1988.

Tüysüz, çok yıllık, tabanda ağaçsı. Gövdeler dik 22 cm'ye kadar ulaşır. Yapraklar seyrek, çoğunlukla opposit fakat gövdenin üst kısımlarında alternat, 25 × 14 mm, daha kalın ve az damarlı. Çiçek durumu gevşek rasemöz, 6 cm, çiçek sayısı 15. Pediseller ince, 5-7 mm. Sepaller 2.3 mm. Petaller soluk pembe, 5.5 mm, blade dişten biraz daha kısa. Silikula genişçe obkordat, 10 × 11 mm, birden fazla paralel damarlı, morumsu, 2 lokuslu 4 ovullu, apikal sinüs 3 mm. Stilus 0.5 mm. Tohumlar tek, ovat, 2 mm.

Tip: [Türkiye] B7 Tunceli: Munzur Dağı, Ovacık yukarısı, kalker kayalıkları, 17 vii 1957, Davis & Hedge, D. 31296 (holo. E! iso. K!). Endemik. İran Turan elementi.

4. *Aethionema papillosum* P.H.Davis., Fl. Turkey 10: 233 1988.

10-16 cm, tabanda odunsu. Alt dallar yumrumsu nodlu. Çiçekli gövdeler 8 cm. Yapraklar kalın, hepsi papilloz, gövdenin aşağı kısımlarında obovat, üst kısımlarda alternat, akut. Pediseller 3.5-5 mm, sepaller 3-3.5 mm. Petaller 6 mm; lamina obovat, 3 mm, beyaz kırmızı damarlı, ovat-atteuat dişe doğru daralır. Ovaryum 1.5 mm, iki lokuslu, 4 ovüllü, stilus 1.5 mm; filamentler 2.5-3 mm. Olgun meyve bilinmiyor.

Tip: [Türkiye] C6 Maraş. Endemik, İran-Turan elementi.

5. *Aethionema speciosum* Boiss. & A.Huet., Diagn. Pl. Orient. II, 5: 44 1856.

Çok yıllık, 15-25 cm, tabanda odunsu, çiçekli gövde genellikle basit, tüysüz, mavimsi-yeşildir. Yapraklar ovat-oblong veya oblanseolat, kalın, belirsiz tek damarlı, sesil veya subpetiolat; kenarlar parçalanmamış, papilloz. Petaller pembe, 6-8 × 2-5-3(-5) mm. Filamentler birleşik değil; anterler hafifçe apikulat. Ovaryum 2 lokuslu, her lokus 1 veya 2 lokuslu. Meyve pediselleri geriye doğru kıvrılmış, 5-8 mm. Silikula genişçe ovat-kordat; septumlar 5.6 × 2.5 mm; kanatlar 1-1.5 mm, undulat ve laserat-dentat; sinüsler 1-2 mm; stiluslar 2-3 mm. Tohumlar genellikle 2 adet, çok ince granulat, musilajlı değildir.

Tip: [Türkiye] B8 Gümüşhane, Armenia inter Gumuschkhane et Zagalarhane prope Erzurum, 1500-1800 m, v 1853, *Huet* (holo. G. iso. K). K Irak. İran Turan elementi.

6. *Aethionema fimbriatum* Boiss., Ann. Sci. Nat., Bot. II, 17: 193 1842.

Çok yıllık, 30 cm, tabanda odunsu, çiçekli gövde basit, tüysüz, mavimsi-yeşildir. Yapraklar ovat-lanseolat, kalın, belirsiz damarlanma, sesil, subpetiolat, kenarlar parçalanmamış, papillozdur. Petaller 7×2 mm. Filamentler bitişik ya da dişli değildir; anterler apikulat. Ovaryum 2-lokuslu, her lokus 2 ovüllüdür. Meyve pediselleri geriye doğru eğik, 6-11 mm; septum 8×3 mm; kanatlar nadiren morumsu, derince fimbriat, 2-3 mm; sinüsler 1-2-3 mm; stilus 3-4 mm. Tohumlar 2, incetanecikli, çok az zamklıdır.

Tip: [İran]. İran-Turan elementi.

7. *Aethionema stylosum* DC., Syst. Nat. 2: 562 1821.

Çalimsı, 20 cm, çiçekli gövde basit veya dallanmış, tüysüz ve mavimsi-yeşildir. Yapraklar 2 cm, ovat-lanseolat veya oblong-lanseolat, akut, subpetiolat veya sesildir. Tek damarlı, kenarlar parçalanmamıştır. Petaller beyaz veya soluk lila, $6-9 \times 1.5-4$ mm. Filamentler birleşik veya dişli değildir, tabanda genişlemiş, anterler geriye doğru kıvrık, 5-8 mm. Silikula genişçe ovat, uç ve tabanda kısımda girintili, $7-9 \times 6-8$ mm; septum $4-6 \times 2-2.5$ mm; kanatlar 1.5-3 mm, laserat-dentat; sinuslar 1 mm'ye kadar uzanır; stiluslar 2-3 mm. Tohumlar 2 adet, papilloz, musilajlı değil, radikula incumbent.

Tip: [Türkiye] İçel: Kilikya bölgesi, kayalık, *Balansa* (holo. G. iso. E, K). Türkiye, Batı Suriye.

8. *Aethionema orbiculatum* (Boiss.) Hayek, Repert. Spec. Nov. Regni Veg. Beih. 30(1): 472 1925.

Sufrutikoz, fazla sayıda dallanmış, genellikle kompakt ve çok yıllık. Gövde kalın, tabanda odunsu, çiçekli sürgünler dik uzanmış, 3-10 cm. Yapraklar etli, 4-11 × 2-6 mm, obtuse; gövdenin aşağı kısımlarında ve orta kısımlarında karşılıklı dizilmiş, obovat-orbikular, kısa petiyolatlı; yukarı kısımlarda yapraklar alternat veya karşılıklı, eliptik-oblong, yarı sesil. Çiçek durumu 8-15 mm, meyvede uzamış şekilde 30(-55) mm. Sepaller 2-2.8 × 1-1.4 mm, mor. Petaller beyaz, pembe damarlı, 5-6.5 × 2.5-3.3 mm, genişçe obovat, uç kısımlarda obtusedan trunkata değişir. İç kısımdaki filamentler 2.3-2.6 mm, kanatlı, apikal kısımda diş yok. Meyve pediseli 4-8 mm, düz, dik veya yatay. Tüm silikulalar tek lokuslu, tek tohumlu, ovat-orbikulat, 3.5-4.5 × 3-4 mm, tabanda kordat, akut; kanatlar 0.5-1.2 mm, parçalanmamış. Stilus (0.1-)0.3-0.5 mm. Tohumlar 1.8 × 1.2 mm, oblong, sarımsı kahverengi, düz, musilaj yok.

Tip: Yunanistan, kuzeybatı. Genel yayılış: Mt Athos.

9. *Aethionema arabicum* (L.) Andr. ex DC., Syst. Nat. 2: 560 1821.

Tek yıllık, 10-15 cm, çoğu zaman dallanmış bir türdür. Bazal yapraklar oblong veya genişçe ovat, petiyolatlı. Gövde yaprakları akut, kordat, amplexikauldır. Petaller 2-3 × 0.5-1 mm, beyaz ya da pembedir. Uzun stamenlerin filamentleri gevşek bir biçimde bitişik, kıvrılmış, dişli; stamenler apikulattır. Çiçek durumu, meyve ve çiçekte kompakt, çok nadir heterokarpiktir. Meyve pediselleri dik, 2-5 mm'dir. Meyve geniş bir biçimde ovat 6-12 × 6-12 mm, septum 4-6 × 1-1.5 mm; kanatlar 2-3 mm; sinuslar 2-4 mm; stilus 1 mm'den kısadır. Tohumlar 3-4 adet, papilloz, zamklıdır. Küçük meyveler zamklı bir yapıda değildir. Radikula incumbent veya cumbenttir.

Tip: Arabistan'dan biliniyor. Yunanistan, İran, Transkafkasya, Suriye, Türkiye.



Şekil 2.2.6.1 *Aethionema arabicum* (AAD 18512).

10. *Aethionema carneum* (Banks & Sol.) B.Fedtsch., Fl. Zap. Tian Shan 176 1905.

Tek yıllık, 8-12 cm boyunda dallanmış bir yapıya sahip olan türdür. Bazal yapraklar oblong veya ovat, ya da petiolat şeklindedir. Gövde yaprakları oblong veya ovat iken, uç kısımlara doğru amplexikaul, kordat, akut şeklindedir. Petaller $2.5-3 \times 1$ mm, açık pembe şeklindedir. Stamenlerin filamentleri gevşekçe adnate fakat dişli değildir. Anterler apikulattır. Çiçek durumu hafif şekilde uzamıştır, meyveler heterokarpiktir. Dik pedisellerdeki büyük meyveler $7-8.5 \times 6-8$ mm; septum $4-5 \times 2$ mm; kanatlar 2 mm dentat-laserat; sinüsler 2-3 mm, stilus 1 mm'dir. Tohumlar 4-6 tane, papillozdur. Küçük meyveler yıldız şeklinde, tek lokuslu ve tek tohumludur. Radikula yandan incumbent veya yandan accumbenttir.

Tip: [Suriye] Halep: *Russell*. Türkiye (Yukarı Fırat), Mezopotamya. G. ve B. Asya, Türkistan. İran-Turan elementi.

11. *Aethionema froedinii* Rech.f., Ann. Naturhist. Mus. Wien 49: 263 1939.

Tek yıllık veya kışı geçiren, 8-15 cm uzunluğunda, fazlaca dallanmıştır. Bazal yapraklar oblong veya genişçe ovat, petiyolattır. Gövde yaprakları benzer şekilde, akut, amplexikaul, kordat olabilir. Petaller 4.5-6 mm ve pembedir. Uzun stamenlerin filamentleri gevşek bir biçimde birleşik, dişlidir; stamenler apikulattır. Çiçek durumu hem meyvede hem çiçekte kompakttır. Meyve 8-11 × 3-11 mm, genişçe ovat, 2.5-5 mm'lik pedisellerin üzerinde dik şekilde yer almaktadır. Septum 5.6× 2 mm; kanatlar 3-4 mm ve parçalanmamış; sinüsler 2-4 mm; stiluslar oldukça kırılğan, 2-4 mm'dir. Tohumlar papilloz 4-5 adet ve zamklıdır. Küçük meyveler tek lokuslu tek tohumludur. Radikula incumbent.

Tip: [Türkiye] C9 Siirt: Hügel am östl. Füsse von Herakol Dag, 1850 m, 17 vi 1936, *Frödin* 263 (Holo. *UPS*; iso. *W!*). . Endemik, İran-Turan elementi.



Şekil 2.2.6.2 *Aethionema froedinii* (AAD 14361).

12. *Aethionema syriacum* (Boiss.) Bornm., Beih. Bot. Centralbl. 28(2): 120 1911.

Tek yıllık, 10-30 cm, fazlaca dallanmış, tüysüz ve mavi-mor bir türdür. Bazal yapraklar oblong, sesil ve kordattır. Gövde yaprakları oblongdan oblong-triangulara doğru çeşitlilik gösterir. Apekte yapraklar akut ya da kordat, tabanda ise sesildir. Petaller 4-7 × 1-2 mm, pembe ya da beyazımsı pembe şeklindedir. Uzun stamenlerin filamentleri boyunun yarısı kadar bitişik durumdadır ve dişlidir. Stamenler apikulattır. Çiçek durumundaki meyveler basık, heterokarpiktir. Büyük meyveler orbikular, 6-8 × 6-8 mm, 3-4 mm uzunluğundadır; septumlar 4-5.5 × 2 mm; kanatlar 1.5-3 mm; sinüsler 1.5 mm; stiluslar 2-3 mm; tohumlar 3-4-6 tane, papilloz iki adet örtü içerir. Radikula accumbent veya incurvum benttir. Küçük meyveler açılmayan, 2 mm, tek örtülü, tüysüz ve septumsuz.

Tip: [Batı Suriye]Syriae, *Aucher* 339 (holo. G, iso. K). Syrian Desert; N. Iraq. Genel yayılış: İran-Turan elementi.

13. *Aethionema heterocarpum* J. Gay, Index Seminum (LE) 4: 1 1837.

Tek yıllık, 8-12 cm tek gövdeli veya çok az dallanmış bir türdür. Bazal yapraklar oblong, petiolat veya parçalanmamıştır. Gövde yaprakları oblong, oblong-triangular, amplexicaul; taban yaprakları kordat, uç kısımdaki yapraklar akut şeklindedir. Petaller 4-4.5 × 1-1.5 mm, açık pembedir. Uzun stamenler neredeyse boyları kadar birleşiktir, dişlidir; anterler apikulattır. Çiçek durumu uzamıştır, meyveler heterokarpiktir. Büyük meyveler 8-10 × 9-10 mm, pediseller 2-5 mm dir. Septum 5 × 2 mm, kanatlar 2.5 mm; sinüsler 1.5 mm; stilus 0.5-1 mm'dir. Tohumlar 4-6 tane, papilloz, yapışkandır. Radikula incumbenttir. Küçük meyveler 3-4 mm, düz yüzeyli, yapışkan değildir.

Tip: Bilinmiyor. Türkiye, Suriye.

14. *Aethionema stenopterum* Boiss. Ann. Sci. Nat., Bot. sér. 2, 17: 192. 1842.

Çok yıllık, uzun, basit dallanmış veya dallanmamış gövdeler 30-50 cm'ye kadar uzanır. Yapraklar linear-oblong, 20 × 3 mm, tabanda attenuat kısa petiyollü veya yarisesil. Petaller soluk lila veya beyaz, 5-7 × 1.5-3 mm. Filamentler connate değil, gevşek, çok az dişli veya dişsiz; anterler apikulat. Çiçek durumu hafifçe kapitat, meyvede uzamış. Ovaryum tek lokuslu, 2 ovüllü. Silikula genişçe obovat veya obovat-orbikular, 6-9 × 5.5-7 mm ve 3-5 mm dik pedisellerin üzerinde yer almaktadır. Septum 6-7 × 1 mm; kanatlar 1.5-2 mm parçalanmamış; sinüs her zaman mevcut 0.5-1 mm daha kısa; stilüs çok kısa. Tohumlar 1 tane, pürüzsüz. *A. elongatum*'dan meyvede stiluslarının belirgin bir şekilde uzamasıyla ayrılır.

Tip: [İran]. İran, Azerbeycan, Kafkasya.

15. *Aethionema dumanii* Vural & Adigüzel, Turkish J. Bot. 19: 481 (1995).

Dik, çok gövdeli, çok yıllık, kalın odunsu rizomlu. Gövdeler 10-20 cm. Yapraklar oblong-linear, subapikulat, 6-13 mm, özellikle gövdede sınırlanmıştır. Sepaller genişçe otayat, 2 mm. Petaller pembe, obovat, 6 mm, tabanda 3 damarlı. Filamentler serbest, anterler apikulat. Infloresens subapitat, meyvede uzamış. Ovaryum tek lokuslu, 1 ovül, nadiren 2. Meyve pediselleri dik, 5-8 mm. Silikula orbikular, 6-7.5(-9) × 7-9 mm, kanatlar 3-4 mm, unduiat, düzensiz erenat-dentat; sinüsler 1.5-2 mm; stilus 0.5-1.5 mm. Tohumlar 1 tane, ovoid-üç köşeli, 2mm, musilajlı; radikula yandan accumbent.

Tip:[Türkiye] B3 Eskişehir, Polatlı'dan Sivrihisar'a 25. km, 870 m, *H. Duman* 5011 (holo. GAZI, iso. ANK). Endemik. İran Turan elementi.



Şekil 2.2.6.3. *Aethionema dumanii* (foto A.A. Dönmez).

16. *Aethionema thesiifolium* Boiss. & Heldr., Diagn. Pl. Orient. 8: 44 1849.

Çok yıllık, basit veya dallanmış, sürgünlü, tüysüz gövde 40 cm'ye kadar uzayabilir. Bazal yapraklar oblong-spatulat; gövde yaprakları sabit, 20 × 3 mm, linear, uç kısımda akut, sesil veya subpetiolattır. Petaller spatulat, uç kısımda truncate 6-7 × 1.5-2 mm, sarımsıdır. Filamentler kanatlı, dentate, anterler apikulattır. Çiçek durumu küçük, kapitat, meyve de ise uzamıştır. Ovaryum tekli ya da ikilidir. Meyve 7 × 6 mm; septum 5 × 2 mm; 1 veya 2 tohumludur. Stilus 3 mm.

Tip: [Türkiye] C3 Isparta, Eğirdir yukarısı, kayalık, *Heldreich* (E). Endemik; İran Turan elementi.

17. *Aethionema cordatum* (Desf.) Boiss., Fl. Orient. 1: 350 1867.

Çok yıllık, tabanda odunsu, 10-25 cm, çiçekli gövdeleri basit veya dallanmış, tüysüz ve mavimsi-yeşilimsidir. Yapraklar deltoid-kordat veya ovat-kordat, ampleksikaul, uç kısımda akuttur. Petaller pembe, beyaz veya kremi sarı rengine, 5-9 × 2-4 mm'dir. Filamentler ince uzun, çok az birleşmiş veya serbest, dişli değildir; anterler apikulattır. Çiçek durumu meyvede uzamıştır. Ovaryum 2 lokuslu, her lokus 1-2 ovüllüdür. Meyve pediselleri dik, 4-7 mm'dir. Silikula ovat, 7-6 mm; septum 6 × 2 mm; yapraklar düzensiz ve çeşitli şekillerde dişli, 1-2 mm, sinüs 1-2 mm; stilus 2-4 mm. Tohumlar 1-2 adet, çok az yapışkan.

Tip: Bilinmiyor. Türkiye (İç Anadolu), Yunanistan ve Transkafkasya.



Şekil 2.2.6.4. *Aethionema cordatum* (foto A.A. Dönmez).

18. *Aethionema armenum* Boiss., Ann. Sci. Nat., Bot. II, 17: 191 1842.

Çok gövdeli, yavaş gelişen çok yıllık, tüysüz veya papilloz, basit, çok nadir dallanmış, yarı dik veya dik konumlanmış çiçekli gövdeler 10-20 cm'ye kadar uzanır. Yapraklar linear-oblong, 5-15 mm, akut. Petaller pembe veya beyaz 3-3.5×1.5 mm, tabanda belli bir şekilde 3 damarlı. Filamentler birleşik veya dişli değil, tabanda genişlemiş; anterler apikulat. Çiçek durumu kapitak-korimboz, meyvede uzamış. Ovaryum 2 lokuslu, her lokus 1 ovül içerir (çok nadir 2). Meyve pediselleri dikten geriye kıvrığa göre değişir, 3.5 mm. Silikula ovat-obovat, cymbiform, 4.5-7 × 4-5 mm; tabanda kordat; kanatlar 1-1.5 mm, krenat veya parçalanmamış; sinüsler 1-1.5 mm; stilus 0.5 mm. Tohumlar 2 veya nadiren 1 adet, papilloz, musilaj yok.

Tip: Montes Armenieae. Genel yayılış: Çoğunlukla İç Anadolu. Transkafkasya. İran-Turan elementi.



Şekil 2.2.6.5. *Aethionema armenum* (AAD 18424).

19. *Aethionema coridifolium* DC., Syst. Nat. 2: 561 1821.

Çok yıllık, çoğunlukla basit, çok gövdeli, nadiren dallanmış, çiçekli gövdeler 15-20 cm. Yapraklar etli, oblong-linear, obtuse veya subapikulat, yarı-sesil, çoğunlukla steril sürgünler üzerinde, çok az kısmı çiçekli sürgünler üzerindedir. Petaller pembe, 4-5.5× 2.5-3 mm. Filamentler birleşik veya dişli değildir, tabanda genişlemişlerdir. Çiçek durumu yarı-kapitat, infrüktosensde daha gevşek yer alır. Ovaryum iki lokuslu, her lokus 1 ovüllü. Meyve pediselleri dik ya da yarı kıvrık, 3-5.5 mm. Silikula sıkı cymbiform, ovat-orbikular, kordat, 6-8 × 5-6.5 mm; kanatlar 1-2 mm, kenarlar undulat, parçalanmamış veya dişli; sinüs 1-2 mm; stilus sesil, septum 5 × 2-2.5 mm. Tohumlar 1-2, radikula incumbent veya accumbent.

Tip: [Lebanon], Monte Libano, *Labillardiere* Türkiye; Toroslar Yukarı Fırat.

20. *Aethionema umbellatum* (Boiss.) Bornm., Beih. Bot. Centralbl. 28(2): 535 1911.

Çok yıllık bitki, küçük 3-8 cm yüksekliğinde, gövde sürünücü, az yapraklı. Yapraklar alternat, lineer eliptik, ucu küt, etli. Çiçek durumu çiçek ve meyveli evrede korimboz, az çiçekli. Petaller soluk mor 2-4 × 2.5 mm, tabanda 3 damarlı. Ovaryum tek odacıklı, 2 tohumlu. Meyvede pedisel 1.5-2 mm uzunluğunda. Meyve yarıdairemsi 3-3.5× 3-3.5 mm. Parçaları birbirine eşit, odacıklar dairesel, sinüs çok dar. Stilus sinüsün içinde kalır. Tohum 1, radikula yatık.

Tip: [İran]Kotschy 780, İran.

21. *Aethionema diastrophis* Bunge, Index Seminum (TU) 1841: 7 1841.

Çok gövdeli, dallanmış veya basit çiçekli gövdeler dik uzanmış, çok yıllık 15-25 cm'dir. Yapraklar oblong-linear, 6-12 mm, sesil, gövdede çok ya da az

olacak şekilde düzenli dağılım gösterir. Petaller soluk pembe, 3.5-4 × 2 mm, tabanda 3 damarlıdır. Filamentler bitişik veya dişli değildir, tabanda genişlemiştir; anterler apikulattır. Çiçek durumu meyvede uzamıştır. Ovaryum iki lokuslu, her lokusta 1 ovül bulunmaktadır. Meyve pediselleri dik veya geriye doğru kıvrılmış, 3-4 mm. Silikula cymbiform, ovat, aşağı kısımda kordat, 6-7 × 5 mm; kanatlar 1-2 mm, kanatların düzensiz dişleri yarısı ya da tamamı boyunca yer alır; sinüsler 1-1.5 mm; stilus 0.5 mm. Tohumlar 2 veya 1, musilaj yok.

Tip: Sovyet Ermenistan. Transkafkasya, Sovyet Ermenistan.

22. *Aethionema demirizii* P.H.Davis & Hedge, Fl. Turkey 10: 232 1988.

Cüce çalimsı 8-13 cm, görece daha kalın köklü. Steril küçük dallar ince uzun, birleşik; yapraklar dar spatulat, 5-8 × 1-1.5 mm, damarlar belirsiz. Çiçekli gövdeler seyrek yapraklı; yapraklar linear-oblanseolat, 1 mm genişliğinde, subakut. Çiçek durumu obovat-oblong, yukarki kısımlarda korimboz. Pediseller dik. Sepaller morumsu, 2.5-3 mm. Petaller 4-4.5 mm; diş morumsu, yaprak beyaz. Olgunlaşmamış silikula suborbikular, 3-3.5 × 1.25 mm, 1 tohumlu, tabanda ve uç kısımda subemarginat, stilus 0.5 mm.

Tip: [Türkiye] C5 İçel, Fındıkpinarı, 28. V. 1951, H.Demiriz 480 (holo E). Endemik. Akdeniz elementi.

23. *Aethionema glaucinum* Greuter & al., Willdenowia 13: 85 1983.

24. *Aethionema schistosum* Boiss. & Kotschy, Diagn. Pl. Orient. II, 5: 42 1856.

Çok gövdeli, yavaş büyüyen, çok yıllık basit veya dallanmış çiçekli gövdeler 6-10 cm'ye kadar uzanır. Yapraklar dar, linear, yoğun olarak gövdeyi sarar. Petaller pembe, 5-7 × 2-3.5 mm, belirgin bir tırnak ve suborbikulardır. Filamentler gevşekçe birleşik veya değil, dentat değil; anterler apikulat. Çiçek durumu kapitat, meyvede uzamamıştır. Ovaryum iki lokuslu, her lokusta 1 ovül. Pediseller 4-6 mm.

Silikula 2 tohumlu, cymbiform, ovat, 7-8 × 8-9 mm; sinüsler 4 mm; kanatlar 5 mm parçalanmamış; septum 3-4 × 1 mm.

Tip: [Türkiye]Tauri Cilicici. Genel yayılış: Taurus ve Anti-Taurus.

25. *Aethionema eunomioides* (Boiss.) Bornm., Beih. Bot. Centralbl. 28(2): 535 1911.

Çok yıllık dallanmış odunsu rizomlu; çiçekli gövde kırılkan, aşağı kısımlarda yapraksız, 10-20 cm uzunluğundadır. Yapraklar etli; aşağı kısımlarda tam tersi, ovat-spatulattan orbicular, subpetiolate'e doğru çeşitlenmiştir. Üst yapraklar alternat, oblong-ovattır. Petaller pembe veya lila, 4-5 × 2-3.5 mm. Filamentler serbest veya gevşek bir biçimde birleşik, dentat değil, anterler neredeyse hiç apikulat değildir. Çiçek durumu subkapitat, meyvede uzamıştır. Ovaryum 1 veya 2 lokuslu 1 veya 2 tohumlu, 7-10 × 6-8 mm; kanatlar 1.5-2 mm, parçalanmamış veya yarıparçalanmış, sinüsler 1-1.5 mm, stilus sesil, stigma kapitattır.

Tip: [Türkiye] C5 İçel. Endemik, Akdeniz bölgesi.



Şekil 2.2.6.6. *Aethionema eunomoides* (AAD 12478).

26. *Aethionema grandiflorum* Boiss. & Hohen.,Diagn. Pl. Orient. 8: 24 1849.

Çok gövdeli, çok yıllık, çiçekli gövdeler basit veya dallanmış, 15-30 cm. Yapraklar dar, linear-oblong, sesil, gövdede eşit dağılır ve gövdeyi kaplar. Petaller pembe 5-11 × 3.5 mm, diş belirgin veya değildir, blade 3 damarlıdır. Filamentler çok az veya hiç birleşik değildir, az genişlemiş, dişsizdir. Çiçek durumu gevşek rasemöz, meyvede uzamıştır. Ovaryum iki lokuslu, her lokusta 1 ovül vardır. Meyve pediselleri yarı dik, 3-4 mm. Silikula ovat veya orbikular, düz veya çok az cymbiform, 8-10 × 10-12 mm; kanatlar 2-3 mm parçalanmamış veya çok az erose-dentat; sinüsler 3-4 mm; stilus subsesil; septum 3.5-5 × 2.5 mm. Tohumlar 1-2 adet.

Tip: [İran] Elburs Dağı, *Kotschy* 181 (E). Türkiye, Transkafkasya, Irak, İran. İran-Turan elementi.



Şekil 2.2.6.7 *Aethionema grandiflorum* (AAD 12141).

27. *Aethionema huber-morathii* P.H.Davis & Hedge, Fl. Turkey 10: 232 1988.

Yarıçalımsı 19-27 cm; küçük dallar ince uzun, yumrulu değil. Yapraklar alternat, seyrek, sukkulent değil, daralmış linear oblanseolat, 10-12 × 1.5-1.7 mm, tek damarlı. Çiçek durumu korimboz, kubbe biçimli, 10-12 mm genişliğinde; çiçekler çok sayıda. Pediseller ince uzun, 4-5 mm, dik veya geriye doğru kıvrık. Sepaller 2.5 mm, genişçe eliptik, çok az keseli, marjinler genişçe membranlı, yeşil şeritli, 0.5 mm genişliğinde. Petaller pembemsi-lila, 4 mm, hafifçe orta kısmın yukarısında daralmış, asimetrik. Silikula suborbikular, 4.25 × 4.25 mm, 1.5-2 mm orta kısmın yukarısında genişlemiş; kenarlar parçalı değil, damarlar çok sayıda, kenar kısımlara kadar uzanmış; stilus 0.2 mm. Tohumlar 2 tane, 1-3 mm.

Tip: [Türkiye] C5 Niğde: Ulukışla, Şekerpınar, Kahve, Pozantı'ya 5 km, 870 m, 10 vi 1953, A. Huber-Morath 12838 (holo. Hb. Hub.-Mor., iso. E). Endemik, Akdeniz elementi.

28. *Aethionema capitatum* Boiss. & Balanse, Diagn. Pl. Orient. II, 5: 43 1856.

Yavaş büyüyen çok yıllık, kalın odunsu kökler, dik uzanan çiçekli gövdeler dallanmamış 4-17 cm'ye kadar uzanır. Yapraklar linear-oblong, sesil, gövde üzerine eşit dağılmış. Petaller pembe veya soluk lila, 5-7.5 × 2.5 mm. Filamentler gevşekçe birleşik tabanda genişlemiş, dişli değil; anterler apikulat. Çiçek durumu kapitat, meyveli durumda da aynı şekildedir. Ovaryum 2 lokuslu, lokuslar 1 ovül içerir. Meyve pediselleri adpressed veya dik, 3-7 mm. Silikula obkordat, cymbiform, imbricate, 5-8 × 3.5-5.5-7 mm; kanatlar 1-2 mm. Dallanmamış; sinüs 2-2.5 mm, septum 3-5 × 2 mm, kalın, 2-laminat, 1 damarlı; stilus sesil. Tohumlar 1 veya 2, papilloz veya musilaj yok; radikula accumbent or incumbent.

Tip: [Türkiye] C5 İçel: Ad rupes quibus insidet castellum directum Pylarum Ciliciarum, 27 vi 1855, *Balansa* 440 (holo. G, iso. K). Endemik, Cilician Taurus.



Şekil 2.2.6.8. *Aethionema capitatum* (foto A.A. Dönmez).

29. *Aethionema membranaceum* DC., Syst. Nat. 2: 561 1821.

Çok gövdeli, çiçekli gövdeler dik uzanmış, 10-17 cm. Yapraklar oblong-linear, sesil veya subpetiolat, gövde üzerine eşit şekilde dağılmıştır. Petaller pembe, 5-6 × 3-4 mm, tabanda 3 damarlı. Filamentler birleşik değil, tabanda genişlemiş, dentat veya değil. Çiçek durumu meyvede ve çiçekte kompakt. Ovaryum iki bölümlü, 1 ovulat. Meyve sapları dik veya yarıbasık, 3-5 mm. Silikula düz, çok nadir cymbiform, orbikular, kordat, 6.5-10 × 6-11 mm, kanatlar 2-4 mm parçalanmamış; sinüsler 2.5-4 mm; stilus 0.5 mm; septumlar 5 × 1.5 mm. Tohumlar 1 veya 2. Radikula incumbent.

Tip: [İran]. Genel yayılış: İran, Transkafkasya. İran-Turan elementi.

30. *Aethionema marashicum* P.H.Davis, Fl. Turkey 10: 232 1988.

Bodur çalimsı, 10-24 cm; dallar dik uzanmış, çok nadir yumrulu. Dalları boyu boyunca yapraklı. Yapraklar linear-spatulat, aşağı kısımlardakiler oppozit, yukarı kısımda alternat ve yarıakut, 5-10 × 1-2 mm, tek damarlı. Çiçek durumu kısa, yoğun olarak korimboz, 1-2 cm uzunluğunda, 1.5 cm genişliğinde. Sepaller 2 mm, petaller soluk pembe, 5 mm, subemarginat. Stamenler 2-2.5 mm. Ovüller 4 tane. Olgun silikula bilinmiyor.

Tip: [Türkiye] C6 Maraş: Tekne Dağı, Göksun, Maraş arası, 1600 m, kalker kayalık yamaçları, 4. V. 1957, Davis & Hedge, Davis 27547 (holo. E iso. K). Endemik, Akdeniz elementi.

31. *Aethionema spicatum* Post, Hooker's Icon. Pl. 15: 62 1885.

Çok yıllık, odunsu dallanmış rizom, birden fazla çiçekli gövde, 10-15 cm, aşağı kısımlar yapraksızdır. Yapraklar etli, obovat, subpetiolat, gövdenin aşağı kısımlarında suboppozit, yukarı kısımlarında alternat. Petaller pembe, 5-8 × 1.5-4 mm. Çiçek durumu, çiçek ve meyvede kapitat. Ovaryum genellikle 2 lokuslu her lokus 2 ovüllü. Meyve pediselleri 4-5 mm. Silikula suborbicular, tabanda ve uç kısımda girintili, 8-10 × 12 mm, 1-2 tohumlu; kanatlar 3-5 mm, parçalanmamış; sinüsler 2-4 mm. Radikula eğik accumbent/incumbent.

Tip: Suriye. Genel yayılış: Türkiye (Güneydoğu), Suriye.

32. *Aethionema lepidioides* Hub.-Mor., Bauhinia 2: 192 1963.

Yeşilimsi mavi olan bu türde, çiçek durumu küçük, çiçek durumu meyvede uzamış durumdadır. Ovaryum tek-lokuslu 2 ovülden oluşur. Meyve pediselleri 2.5-3 mm yarı-basıktır. Silikula elips şeklinde 4 × 3 mm 1 tohumludur. Stilus 0.1-0.2 mm'dir. Türkiye'deki tek lokuslu türlerden küçük meyveleri ile ayrılır.

Tip: [Türkiye] B6 Sivas: Kangal, Tecer'den Gürün'e, Kalkmergel-Hügel, 36 km südlich Tecer, 1520-1550 m, 27 vi 1955, *Huber-Morath* 14840 (Hb. Hub.-Mor.). Endemik, İran-Turan elementi.

33. *Aethionema caespitosum* (Boiss.) Boiss., Fl. Orient. 1: 343 1867.

Bodur, yoğun tüylü, çok yıllık basit çiçekli gövdeler 2-3 cm. Yapraklar sabit, tüysüz, bazılarının kenarları ince-kurumuş, akut, çok az heterofili, bazal yapraklar dar linear iken, gövde yaprakları daha geniştir. Orta nektar bezleri mevcuttur. Filamentler ince, kanatlı birleşik veya dentat değildir; anterler apikulat. Çiçek durumu Infloresens subkapitat, çok nadir meyvede uzamış. Ovaryum 2 lokuslu, 3-4 ovüllü. Meyve yaprakları dik uzanır, 3-5 mm. Silikula dar-elips, kanatlı değil, 9-10 × 2.5-4 mm; septum 7-8 × 2 mm; stilus 0.5 mm. Tohumlar 2-3 tane, musilaj yok, düz.

Tip: [Türkiye] K. ve D. Türkiye, *Aucher* 155 (holo. G, iso. K) Endemik.

34. *Aethionema iberideum* (Boiss.) Boiss., Fl. Orient. 1: 351 1867.

Kaespitoz, çalimsı, 18 cm'ye kadar, uzun kökler, fazlaca dallanmış; indumentum kabarcıklı özellikle çiçekli sürgünlerde. Yapraklar oblong veya linear-lanseolat, damarsız, kenarlar scabrid, karşılıklı ve dekuzat; genç yapraklar aksillerde kümelenmiş, sesildir. Petaller beyaz, 1 damarlı, fragrant, 5-8 × 1-2-3.5 mm. Filamentler birleşik veya dişli değildir; anterler apikulat değildir. Çiçek durumu kompakt, meyvede çok az uzamıştır. Ovaryum 2-lokuslu 2 ovüllüdür. Meyve pediselleri dik durumda, 2-6 mm. Silikula ovat-obkordat, 5 × 4 mm; septum 3-4 × 2 mm, kanatlar meyvede yok ama meyve periferde daha düz; sinüsler 0.5 mm; stilus 0.5 mm. Tohumlar 2-4, musilajlı ya da papilloz değildir.

Tip: [Türkiye] A2 Bursa: Uludağ, *Aucher* 345.



Şekil 2.2.6.9. *Aethionema iberideum* (AAD 18340).

35. *Aethionema oppositifolium* (Pers.) Hedge, Notes Roy. Bot. Gard. Edinburgh 26: 184.

Bodur, yastıksı formda, kaespitoz, çok yıllık, basit çiçekli gövdeler 2-5 cm'dir. Yapraklar çok ya da az etli, orbikular veya obovat, karşılıklı, subopposit veya alternat, sesil, çok ince papilloz, kenarlarda scabrid veya değil. Sepaller mor. Petaller pembe veya lila, çok damarlı, 6-8 × 3-4 mm. Orta nektar bezleri mevcut, bazen yok. Filamentler birleşik veya dentat değil; anterler apikulat değil. Çiçek durumu kapitat, kompakt, çok nadir meyvede uzamış. Ovaryum 2 lokuslu her lokus 2 ovüllü, çok nadir 3-4. Meyve pediselleri dik 3-7 mm. Silikula ovat-elips, kısmen emarginate, apeks akut veya yuvarlak, 6-8 × 3-6 mm; kanatlar yok veya meyvenin apeksinde 1 mm; stilus 0.5 mm; septum 6-7 × 2-3 mm. Tohumlar 1-2-3-4 adet, musilajlı değil.

Tip: [Suriye].Türkiye, Transkafasya, Suriye, Lübnan.



Şekil 2.2.6.10. *Aethionema oppositifolium* (AAD 13645).

36. *Aethionema trinervium* (DC.) Boiss., Fl. Orient. 1: 342 1867.

Tabanda odunsu, çok yıllık, 15-20 cm, çiçekli gövde basit ve tüysüzdür. Yapraklar oblong veya oblong-lanseolat, 3 damarlı, amplexikaul veya sesil, kordat-hastate veya tabanda attenuat, uç kısımda akuttur. Petaller beyaz, tabanda tek damarlı, 6-10 × 2-3 mm. Filamentler ince uzun, birleşik veya dişli değil, anterler apikulat. Çiçek durumu meyvede uzamış. Ovaryum 2 lokuslu, her lokus 2 ovüllüdür. Meyve pediselleri dik ve 5-8 mm. Silikula oblong veya obeordat, 5-9 × 3-4 mm; septumlar 6-9 × 1.5- 2.5 mm; kanatlar kenarlarda parçalanmamış 0.5 mm; sinüsler 0.5 mm; stiluslar 2-3 mm. Tohumlar 1-2-3 adet, pürüzsüz, musilaj yok.

Sintip: [W. İran] In monte Elwend, *Michaux & Olivier*. Genel yayılış: Türkiye, İran, Irak, Transkafkasya, Afganistan.



Şekil 2.2.6.11 *Aethionema trinervum* (AAD 18478).

37. *Aethionema alanyae* H.Duman, Karaca Arbor. Mag. 2: 172 1994.

Dallanmış, dikenli çalımı 40 cm genişliğinde 5-15 cm yüksekliğindedir. Dallar spiral şeklinde düzenlenmiş. Yapraklar alternat, linear-oblong veya oblonseolat 1.5× 1mm, sesil veya kısa petiolat. Sepaller yeşilimsi-beyaz, kenarlar genişçe membransı 2 × 1 mm. Petaller oblanseolat-spatulat, beyaz veya pembemsi-beyaz 4 mm; tabanda 3 damarlı. Filamentler serbest, parçalanmamış, tabanda genişlemiş. Çiçek durumu gevşekçe kapitat meyvede uzamış. Ovaryum iki lokuslu 1 ovüllü. Meyve pediselleri eksene yarı yaslanmış, 1.5-3 mm. Silikula eliptik oblong, 4-4.5 × 2.5-3.5 mm. Septum 3 × 1 mm; kanatlar parçalanmamış, 0.5-1 mm; sinüsler 8 mm. Stiluslar 0.5 mm. Tohumlar 2 tane, açık kahverengi; radikula akumbent.

Tip: [Türkiye] C4 Antalya: Alanya, Gökbel Yaylası'nın doğusu, 1600 m, 1 ix 1993, H. Duman & Z. Aytaç (BD 5500), (holo. GAZI; iso. ANK, HUB, E). Endemik, Akdeniz elementi.

38. *Aethionema karamanicum* Ertuğrul & Beyazoğlu, Turkish J. Bot. 21: 99 (1997).

Çok gövdeli, çok yıllık, odunsu rizomlu. Çiçekli gövdeler 15-20 cm, dik uzanır. Yapraklar alternat, linear- lanseolat, çoğunlukla steril sürgünler 2-2.20 × 1.5-2 mm. Çiçek durumu kompakt, meyvede uzamış. Sepaller 2-2.5 mm, çok nadir keseli. Petaller mor, sepaller kadar uzun, 1 damarlı. Filamentler serbest, kanatlı tabanda genişlemiş; anterler apikulat. Ovaryum iki lokuslu her lokusta 1 ovüllü. Meyve pediselleri eksene yarı baskılanmış 3-5 mm. Silikula obovat-orbikular, cymbiform 6.5-8 × 6.5-7.5 mm; kanatlar 3-4 mm, parçalanmamış; sinüs 2-2.5 mm. Tohumlar 1-2 adet, çok az papilloz.

Tip: [Türkiye] C4 Karaman: Ayrancı, 2 km Kayaönü (Küçükkoras) Köyünün 2 km batısı, 1300 m, 6.vii.1988, Ertugrul 1201 (fl.) (holo. KNYA). Endemik, Akdeniz elementi.

39. *Aethionema lycium* I.A.Andersson & al., Willdenowia 13: 22 1983.

Tüysüz çok yıllık, tabanda hafifçe odunsu, çok sayıda gövde, ince ve dallanmamış. Yapraklar bir miktar etli, aşağı ve orta gövde yaprakları karşılıklı, kısa petiolat, obovat ya da elliptik, 5-7 × 2-3.5 mm, tüysüz; üst kısımlardaki yapraklar alternat, sesil, elliptik, 4-5 × 1-2 mm. Çiçek durumu rasemöz, anthesiz döneminde oldukça yoğun, meyvede aynı şekildedir. Sepaller obovat, çok hafif keseli, 2 × 1 mm. Petaller soluk pembe, 4.5 × 2.5 mm. Filamentler düz, dış kısımdakiler 1.3 mm, iç kısımlardaki 2 mm. Anterler sarı 0.4 mm. Meyve pediselleri dik, düz 4-6 mm. Silikula genişçe obovat ya da orbicular, tek lokuslu ve tek tohumlu, 3 × 3.5 mm; kanatlar kenar kısımlarında belirgin şekilde mor, emerginate 1.5 mm yukarıda genişlemiş. Stilusların serbest kısmı çok kısa ve stigma sesil. Tohum oblong, düz, açık kahverengi, 1.1 × 0.8 mm.

Tip: [Türkiye] C2 Antalya: Çalhali Dağı, 2000-2100 m, kaya çatlağı, 14 vii 1949, Davis 15277 (holo. K iso. E). Endemik, Akdeniz elementi.

40. *Aethionema turcicum* H.Duman & Aytaç, Karaca Arbor. Mag. 1: 71 1991.

Bodur çalimsı, gövde 15-40 cm, fazla sayıda dallanmış. Yapraklar alternat, tüysüz, parçalanmamış, sesil, gövdenin aşağı kısımdakileri eliptik ve akut, 2-4 × 1-2 mm; yukarıdakiler ovat-oblong 3-10 × 3-8 mm. Sepaller oblong-lanseolat, belirgin şekilde keseli. Petaller obovat-spatulat, pembemsi-lila 4.5-7 × 2-4 mm, tabanda 3 damarlı. Filamentler serbest, 2 mm, parçalı değil, tabanda genişlemiş. Çiçek durumu meyvede uzamış, 15-30 çiçekli. Ovaryum iki lokuslu, çok nadir tek lokuslu her lokus 2-3 ovüllü. Meyve pediselleri geriye doğru eğik 5-7 mm. Silikula oblong, tabanda sagittat,mm; septum 6-7 × 2 mm; kanatlar parçalanmamış, 2.5-3 mm; sinüsler 1 mm; stilus 1 mm. Tohumlar 2-4, papilloz.

Tip: [Türkiye] B3 Ankara: Polatlı'nın 18. km batısı, Acıkır, 840-850 m, bozkır, 6 vi1990, H. *Duman* & Z. *Aytaç* (ZA 3089), (holo. GAZI; iso. ANK, HUB, E). Genel yayılış: Endemik, İran-Turan elementi.

41. *Moriera spinosa* Boiss., Ann. Sci. Nat., Bot. 17: 182 182 1842.

Çalı, 20 cm yüksekliğinde, dikenli karışık dallanmış, 60 cm kadar genişlikte yastık formunda. Yapraklar lineer silindirik, ± etli, dar, puslu her dalda bulunur. Çiçek durumu az çok uzun, petaller mm. Stigma kapitat, tohum (2-) 4. Meyvede pedisel 1-4 mm boyunda, yatay. Meyve 3-6 × 3-4 mm, kanat 1 mm genişliğinde kağıtsı.

Tip: Auch. 347 (G, LE) Genel yayılış: İran, Afganistan, Türkistan.

42. *Cleome spinosa* Jacq., Enum. Syst. Pl. 26 1760.

Odunlu, bitki dalları salgı tüylü. Yapraklar 5-9 yaprakçıklı, yaprak sapı 7-10 cm, yaprakçıklar 8-10 × 3 cm. Eliptik lanseolat ucu sivri, tabana doğru daralır, ince testere dişli pubesent, orta damar alt yüzeyde dikenli. Çiçekler rasemözde belirgin brakteli; brakteler 4.5 cm'e kadar uzar, yapraksı yarım ay biçimli. Sepaller 5-8 mm, mızraksı. Petaller 2 × 1 cm kadar, pençeli, eliptik-ovat, pembe. Stamen 6,

filamentler petalden uzun ya da petale eşit. Yumurtalık sapı 4 cm kadar, pembe, geriye dönük, ovaryum 8-10 mm, ipliksi, stigma kapitat. Kapsül 4-7 cm uzunluğunda silindirik.

Tip: BM. Genel yayılış: Jamaica.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Moleküler Veri

Bitkilerin sınıflandırılması ve akrabalık ilişkilerinin açıklanması bu zamana kadar taksonomik yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Günümüzde bilimin her alanında gelişmekte olan moleküler tekniklerin bitki sınıflandırma sistemlerine uygulanması da artan bir hızla devam etmektedir.

Son yıllarda, özellikle bitki sistematigi dinamiklerinin yeniden kurulması aşamasında moleküler filogeni çalışmalarından yararlanılmaktadır. Akrabalık ilişkilerinin açıklanması bakımından moleküler çalışmaların klasik taksonomik çalışmalara olan katkısı yadsınamayacak kadar fazladır [44]. Trikom morfolojilerine göre yapılan *Brassicaceae* sınıflandırılmasında [44] trikom tiplerine göre sınıflandırılan taksonların, günümüzde yapılan moleküler çalışmalar ile trikom evrimi incelenmiş ve *Brassicaceae* familyasındaki soyağacındaki dallanmaların trikom morfolojisi ile benzerlik içerdiği gösterilmiştir [18]. Meyer'in [44] sınıflandırılmasında 80 adet tür bulunurken bugün yapılan moleküler çalışmalar ile *Thlaspi* cinsi içerisinde 8 adet tür bırakılmıştır. Bu örneklerden de anlaşıldığı gibi geçmiş yıllarda sorunlu ve çözümlenmesi konusunda hem fikir olunmuş bazı taksonların, moleküler çalışmalar ile yeniden revizyona gidilmesi gerekliliği oldukça açıktır. Bu aşamada çalışmanın asıl amaçlarından olan *Aethionema* taksonları üzerinde yapılan ayrıntılı moleküler çalışmalar ile cinsin taksonları arasındaki akrabalık ilişkileri ve familya içindeki cinsler arası ilişkileri aydınlatılmıştır.

Son yıllarda *Brassicaceae* familyasında yapılan moleküler çalışmalar sadece filogeni ile sınırlandırılmamış aynı zamanda aileye dahil olan bir çok taksonda yapılan genomik çalışmalarda gen duplikasyonları, gen ekspresyonları, hibridizasyon gibi konulara da yeni açıklamalar getirilmiştir [21, 45]. *Brassicaceae* familyasının geçirmiş olduğu evrimsel süreçte familyanın farklı jeolojik dönemlere özgü sahip olduğu gen duplikasyonlarına rastlanmaktadır. *Brassicaceae* familyası için bu zamana kadar tanımlanmış 3 adet gen duplikasyon olayı mevcuttur. Bunlardan en eskisi angiospermilerin de ortaya çıktığı zaman diliminde oluşan *At-γ*, eudicotların yayıldığı zamana denk gelen *At-β*, ve günümüze en yakın gerçekleşen *At-α*'nın da *Brassicales* ordosunun yayılım zamanına eş değer görüldüğü önerilen hipotezler arasındadır. Bu gen duplikasyonlarından *At-α*'nın *Aethionema* cinsinde

görülmeyişi yapılan moleküler çalışmalar ile gösterilmiştir [46, 47, 48]. Meydana gelen genomdaki bu değişimler doğal olarak bazı taksonların farklı bir türleşme sürecine dahil olmasına sebep olmaktadır. Bunun en güzel örneklerinden biri *Cleoma spinosa* taksonunun sahip olduğu Cs- α genom duplikasyonu ile *Brassicaceae* familyasından ayrı bir dal oluşturmaları ve bu familyaya kardeş bir takson olmasıdır. Aynı zamanda *Cleoma spinosa* bu çalışmada dış grup (outgroup) olarak kullanılmış ve kardeş takson olduğu elde edilen soyağaçları ile uyum göstermiştir. *Brassicaceae* familyası içerisinde bazal cins olduğu belirlenen *Aethionema*'nın [49] şimdiye kadar gerçekleştirilmiş herhangi bir taksonomik veya filogenetik sınıflandırılması bulunmamaktadır. *Aethionema*'nın *Brassicaceae* familyasına kardeş grup olarak aile soyağacında yeni bir dal oluşturulması birçok farklı bakış açısı ile değerlendirilmiştir. Bunlardan biri, daha önce de bahsettiğimiz genom yapısında korunmuş olan duplikasyonlar olarak değerlendirilmektedir. *Aethionema* cinsinde olmayan fakat ailenin diğer kısmının tamamında görülen At- α gen duplikasyonu *Aethionema*'nın ailenin geri kalanına kardeş dal olarak değerlendirilme sebeplerindendir [46,47].

Aethionema taksonlarının genel yayılış alanlarına baktığımız zaman, çoğu taksonun Türkiye'de yer aldığını ve bu bölgede birçok endemik takson içerdiğini söyleyebiliriz. Bu durum literatürde familyanın genelinde var olan At- α duplikasyonunun *Aethionema*'da olmadığı, bu durumun ise taksonun Dünya üzerinde geniş coğrafik alanlara yayılmasının engellendiği ile açıklanmaktadır. Bitki genomlarında meydana gelen duplikasyonlar (poliploidi) aslında türün farklı coğrafik ve ekolojik şartlara karşı göstermiş olduğu uyumu sağlamaktadır [50]. Bu tarz bir adaptasyondan yoksun kalan *Aethionema* türünün neden bu kadar dar bir alanda yayılış gösterdiğine bir açıklama olarak değerlendirilebilir. *Brassicaceae* familyasının diğer üyelerinde yer alan At- α [51] bu familyanın geri kalanının çok başarılı bir şekilde neredeyse tüm dünya üzerindeki yayılışını destekler niteliktedir. At- α duplikasyonunun etkisini taç *Brassicaceae* türlerinin takson sayısındaki (yaklaşık olarak 3700 tür) ani artışa kıyasla bu duplikasyonu içermeyen *Aethionema*'nın neredeyse 40 tür ile sınırlı kalması ile ilişkilendirebiliriz [29,51]. Gen duplikasyonu (poliploidi) içeren taksonlarda yeni ekolojik ortamlara adaptasyon daha kuvvetlidir [50] bu sebepten ötürü de türleşme oranı daha fazladır. Türkiye'de yayılış gösteren *Aethionema* türlerinin endemizm oranının yüksek olmasının muhtemel sebebi budur.

Tüm soy ağaçlarında taksonlar 3 ana gruba ayrılmıştır. Bu gruplardan biri tek yıllık (annual) taksonları; *A. froedinii*, *A. heterocarpum*, *A. Arabicum*, *A. carneum*, *A. syriacum* içine alan monofiletik bir grup oluşturmaktadır. Bu tek yıllık monofiletik gruba kardeş dal oluşturan takson ise *A. stenopterum* olarak görülmektedir. Monofiletik grubun haricinde 2 ana grup daha vardır. Bu gruplardan birini *Aethionema saxatile* diğerini de *Aethionema grandiflorum* grubu olarak tanımlayabiliriz (Şekil 4.1). Çalışmamızda dış grup olarak belirlenmiş *Cleome spinosa* ve *Moriera spinosa* diğer tüm taksonlardan ayrı bir şekilde kümelenmişlerdir. *Cleome spinosa* daha önceleri yapılan filogeni çalışmalarında da kardeş grup olarak seçilmiştir [30]. Çalışmalar sırasında yayılış alanı Türkiye’de olan *Aethionema sintenisii* ve *Aethionema polygaloides* türleri teknik sebeplerden ötürü çalışmaya eklenememiştir.

Khosravi [52], *Aethionema* cinsini iki gruba ayırmıştır, bunlardan biri petallerinde tek damar içeren, yarım ay şeklinde lateral nektar bezi olan ve kromozom sayısı 7 olan gruptur. Bu grup içinde *A. trinervium*, *A. caespitosum*, *A. oppositifolium*, *A. iberideum* taksonları yer almaktadır. Bu taksonlar daha önceki çalışmalarla *Eunomia* cinsine aktarılmıştır. İkinci grupta çekirdek *Aethionema* grubu dediğimiz içerisinde *Aethionema* ve *Moriera* cinslerinin olduğu gruptur. Bu grupta petallerinde 3 adet damar, semigloboz lateral nektar bezleri ve kromozom sayısı 11,12 olarak görülmektedir [53]. *Aethionema trinervium*’un artık *Eunomia* cinsi içerisinde yer almadığı, bu taksonun *Vania* cinsine aktarıldığını Khosravi [53] moleküler çalışmalarında göstermiştir. Yapılan filogenetik çalışmalarda *Aethionema trinervium* %100 bootstrap değeri ile *Vania* cinsi ile birlikte yer almaktadır.

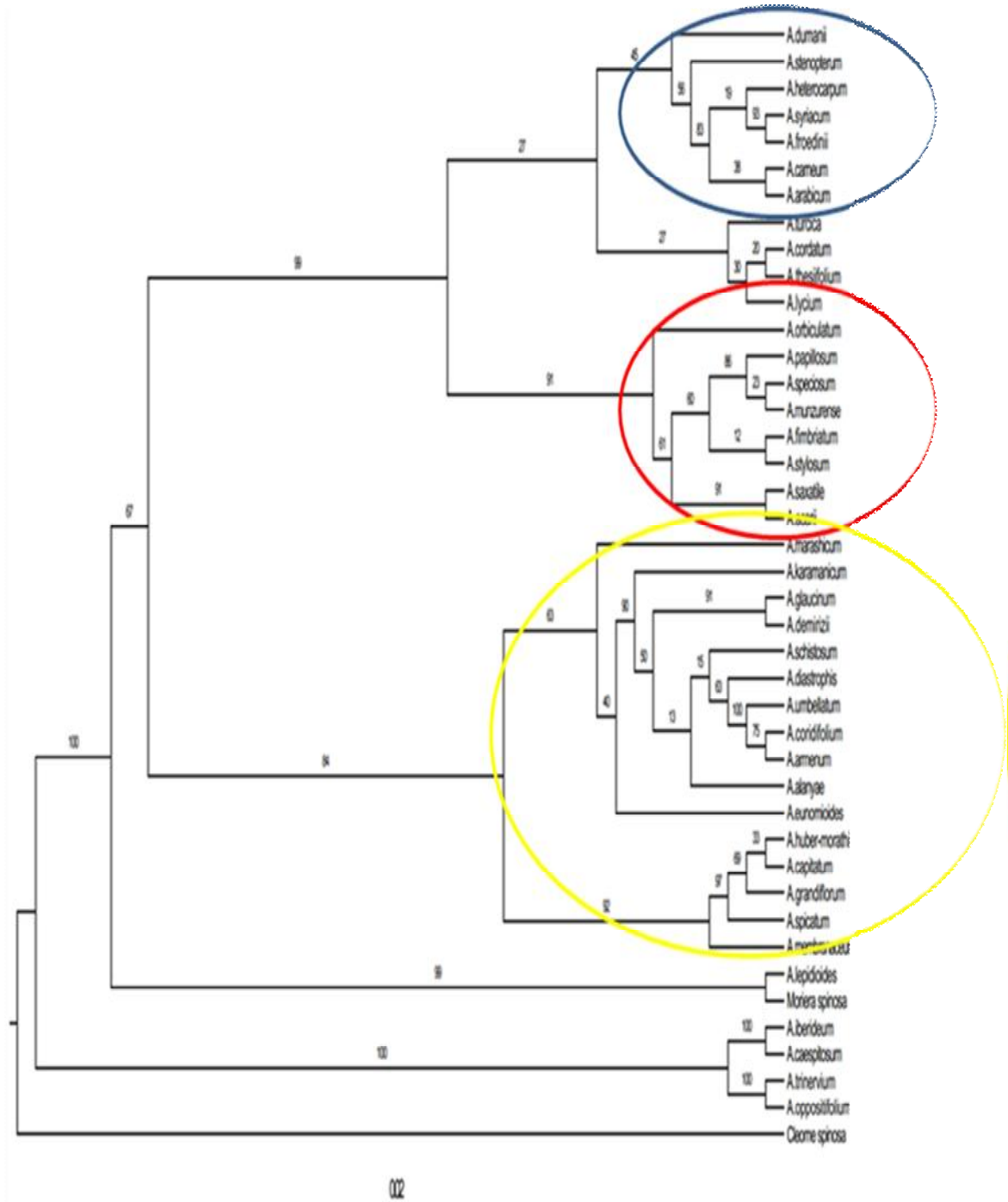
Çalışmadan elde edilen tüm soyağaçlarında; *A. caespitosum*, *A. iberideum*, *A. oppositifolium* ve *A. trinervium* *Aethionema*’nın diğer taksonlarından ayrı bir şekilde kümelenmiştir (Şekil 3.1.2-3.1.10). Soyağaçları sonuçlarından da anlaşılabileceği gibi bu türler *Aethionema* cinsi içerisinde yer almamaktadır.

Zaman kısıtlamasından dolayı bu çalışma da sadece kloroplast genleri ile çalışılmıştır. *Aethionema* taksonları ile yapılan moleküler çalışmalarda trnL-F ve rbcL-a kloroplast genleri kullanılmıştır. Gelecekte merkezi Hollanda olmak üzere yapılması planlanan *Aethionema* türüne ait tüm genom analizlerinde elde ettiğimiz dizilimler kullanılabilecektir. Filogeni çalışmalarında sadece kloroplast geni kullanmak yerine yapılacak analizlere çekirdek genlerinin de eklenmesi çözünürlüğü daha iyi olan soyağaçları elde etmemizi kolaylaştırabilir.

İki genin ayrı olarak gerçekleştirilen analizlerinde rbcL-a'nın soyağaçlarında taksonlardan bazılarının ilişkilerini çözümlemede yetersiz kaldığını görüyoruz. Bu da rbcL-a bölgesinin evrimsel süreçte çok fazla korunmasından ve varyasyonun düşük olmasından kaynaklanabilir. Dünya genelinde barkodlama çalışmalarında oldukça fazla tercih edilen rbcL-a geni muhtemelen tek başına soyağaçlarının çözümlenebilmesi için yeterli güce sahip değildir (3.1.3). Fakat bu genin trnL-F geni ile beraber yapılan analizlerinde çok daha iyi çözümlenmiş takson ilişkileri görmekteyiz (şekil 3.1.7).

Yapılan bu çalışmayla literatürdeki tüm eksiklikler giderilmiş durumda değildir, yukarıda saydığımız hali hazırda aydınlatılmakta olan alanlara temel oluşturup, veri sağlamış bulunmaktayız. Bunun haricinde Prof. Dr. Nezaket Adıgüzel'in bu cinsin taksonları üzerinde yapmış olduğu klasik taksonomi çalışmaları henüz yayınlanmamıştır.

Gelecekte *Aethionema*'nın da dahil olduğu aile genelinde yapılacak tüm genom analizleri ile *Brassicaceae* familyası için veri tabanı oluşturulma çalışmaları çok uluslu bir şekilde yürütülmektedir [54]. Bu noktada bizim gerçekleştirmiş olduğumuz filogenetik analizler ve elde ettiğimiz farklı gen bölgeleri ait dizilimler ile hem dünya'nın farklı yerlerinde yayılış gösteren *Aethionema* cinsinin moleküler filogenisi güvenilir ve sağlam bir şekilde oluşturulmuş hem de, çok uluslu gerçekleşen bilimsel bir çalışmaya elde ettiğimiz sonuçlar ile katkı sağlanmıştır. Çalışmanın bir diğer katkısı ise, yurtdışında gerçekleşen laboratuvar çalışmaları sonucunda tez sahibi öğrencinin moleküler filogeni çalışmalarının temelini oluşturan analiz yöntem ve metotlarını öğrenmiş olmasıdır.



Şekil 4.1. *Aethionema* türlerinin temel olarak 3 grup altında toplanması. *Aethionema* cinsi üyeleri üzerinde trnL-F sekanslarının Maximum-Likelihood yöntemine göre elde edilen soyağacı (consensus>%50 majority rule tree) dallar üzerindeki değerler Bootstrap (BS) değeridir.

KAYNAKLAR

- [1] Al-Shehbaz, IA., Beilstein, MA., & Kellogg, EA., Systematics and phylogeny of the *Brassicaceae* (*Cruciferae*): an overview, *Plant Systematics and Evolution*, 259(2-4), 89-120, **2006**.
- [2] Bailey, CD., Koch, MA., Mayer, M., Mummenhoff, K., O'Kane, SL., Warwick, SI., Al-Shehbaz, IA., Toward a global phylogeny of the *Brassicaceae*, *Molecular Biology and Evolution*, 23(11), 2142-2160, **2006**.
- [3] Warwick, SI., Mummenhoff, K., Sauder, CA., Koch, MA., & Al-Shehbaz, IA., Closing the gaps: phylogenetic relationships in the *Brassicaceae* based on DNA sequence data of nuclear ribosomal ITS region, *Plant Systematics and Evolution*, 285(3-4), 209-232, **2010**.
- [4] Angiosperm Phylogeny Group, An ordinal classification for the families of flowering plants, *Ann. Mo. Bot. Gard*, 85, 531–55, **1998**.
- [5] Angiosperm Phylogeny Group II, An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 141, 399–436, **2003**.
- [6] Schulz, OE., *Cruciferae, Die natürlichen Pflanzenfamilien*, (eds: Engler, A., and Prantl, K.), 17, 227–658, **1936**.
- [7] Koch, M., Haubold, B., & Mitchell-Olds, T., Molecular systematics of the *Brassicaceae*: evidence from coding plastidic matK and nuclear Chs sequences, *American Journal of Botany*, 88(3), 534-544, **2001**.
- [8] O'Kane Jr, SL., & Al-Shehbaz, IA., Phylogenetic position and generic limits of *Arabidopsis* (*Brassicaceae*) based on sequences of nuclear ribosomal DNA, *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 603-612, **2003**.

- [9] Schranz, ME., Song, BH., Windsor, AJ., & Mitchell-Olds, T., Comparative genomics in the *Brassicaceae*: a family-wide perspective, *Current Opinion in Plant Biology*, 10(2), 168-175, **2007**.
- [10] Hedge, IC., *Aethionema. Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, (eds: Davis, PH., Cullen, I., & E. Coode, MJ.), Edinburgh University Press, Edinburgh, 1, 314-330, **1965**.
- [11] Davis, PH., *Flora of Turkey: and the East Aegean Islands. (Supplement)*, 10, Edinburgh University Press, Edinburgh, **1988**.
- [12] Al-Shehbaz, IA., Mutlu, B., & Dönmez, AA., The *Brassicaceae (Cruciferae)* of Turkey updated, *Turk. J. Bot*, 31, 327-336, **2007**.
- [13] Hedge, IA., A systematic and geographical survey of the Old World Cruciferae, (eds: Vaughn, JG., MacLeod, AJ., Jones, BMG.), *The Biology and Chemistry of the Cruciferae*, Academic Press, New York, New York, USA, , 1–355, **1976**.
- [14] Appel, P0., Reuttel & Wurtz, & Al-Shehbaz, IA., *Cruciferae*, (eds: Kubitzki K.), *Families and Genera of Vascular Plants*, Springer-Verlag, Berlin, 75-174, **2003**.
- [15] Von Hayek, A., Entwurf eines Cruciferen-systems auf phylogenetischer grundlage, *Beihefte Bot Centralblatt*, 27, 127-335, **1911**.
- [16] Janchen, E., Das system der cruciferen, *Plant Systematics and Evolution*, 91(1), 1-28, **1942**.
- [17] Avetisian, VE., The system of the family *Brassicaceae*, *Bot Zhurn (Moscow and Leningrad)*, 68, 1297-1305, **1983**.
- [18] Beilstein, MA., Al-Shehbaz, AI., Kellogg, EA., *Brassicaceae* phylogeny and trichome evolution, *American Journal of Botany*, 93, 607-619, **2006**.

- [19] Koch, M., Al-Shehbaz, IA., & Mummenhoff, K., Molecular systematics, evolution and population biology in the mustard family (*Brassicaceae*), *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 151-171, **2003**.
- [20] Mitchell-Olds, T., Al-Shehbaz, IA., Koch, MA., Sharbel, TF., *Crucifer evolution in the post-genomic era*, (eds: Henry, R.J.), *Plant diversity and evolution: genotypic and phenotypic variation in higher plants*, CABI Publishing, 119–137, **2005**.
- [21] Schranz, ME., Lysak, MA., & Mitchell-Olds, T., The ABC's of comparative genomics in the *Brassicaceae*: building blocks of *crucifer* genomes, *Trends in Plant Science*, 11(11), 535-542, **2006**.
- [22] De Candolle, AP., *Cruciferae. Systema Naturale*, 2, 139-700, **1821**.
- [23] Boissier, E., *Aethionema* W.T. Aiton R.Br., *Flora orientalis*, 1, 341-353, **1867**.
- [24] Pinar, NM., Adigüzel, N., & Geven, F., Seed Coat Macrosculpturing in Some Turkish *Aethionema* R. Br. (*Brassicaceae*), *Pakistan Journal of Botany*, 39(4), 1025-1036, **2007**.
- [25] Kers, LE., *Capparaceae. Flowering Plants Dicotyledons*, Springer, Berlin Heidelberg, 36-56, **2003**.
- [26] Davis, PH., *Flora of Turkey: and the East Aegean Islands*, 1, Edinburgh University Press, Edinburgh, **1965**.
- [27] Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., & Bafler, KHC., *Cruciferae. Flora of Turkey and the East Aegean Island (supplement 2)*, Edinburgh: Edinburgh University Press, 11, 29-41, **2000**.
- [28] Beilstein, MA., Al-Shehbaz, IA., Mathews, S., & Kellogg, EA., *Brassicaceae*

phylogeny inferred from phytochrome A and ndhF sequence data: tribes and trichomes revisited, *American Journal of Botany*, 95(10), 1307-1327, **2008**.

- [29] Franzke, A., German, D., Al-Shehbaz, IA., & Mummenhoff, K., *Arabidopsis* family ties: molecular phylogeny and age estimates in *Brassicaceae*, *Taxon*, 425-437, **2009**.
- [30] Hall, JC., Sytsma, KJ., & Iltis, HH., Phylogeny of *Capparaceae* and *Brassicaceae* based on chloroplast sequence data, *American Journal of Botany*, 89(11), 1826-1842, **2002**.
- [31] Schranz, ME., & Mitchell-Olds, T., Independent ancient polyploidy events in the sister families *Brassicaceae* and *Cleomaceae*, *The Plant Cell Online*, 18(5), 1152-1165, **2006**.
- [32] Price, RA., Palmer, JD., & Al-Shehbaz, IA., Systematic Relationships of *Arabidopsis*: A Molecular and Morphological Perspective, *Cold Spring Harbor Monograph Archive*, 27, 7-19, **1994**.
- [33] Zunk, K., Mummenhoff, K., Koch, M., & Hurka, H., Phylogenetic relationships of *Thlaspi* (subtribe *Thlaspidinae*, *Lepidieae*) and allied genera based on chloroplast DNA restriction-site variation, *Theoretical and Applied Genetics*, 92(3-4), 375-381, **1996**.
- [34] Galloway, GL., Malmberg, RL., & Price, RA., Phylogenetic utility of the nuclear gene arginine decarboxylase: an example from *Brassicaceae*, *Molecular Biology and Evolution*, 15(10), 1312-1320, **1998**.
- [35] Taberlet, P., Gielly, L., Pautou, G., & Bouvet, J., Universal primers for amplification of three non-coding regions of chloroplast DNA, *Plant Molecular Biology*, 17(5), 1105-1109, **1991**.
- [36] Mes, TH., Kuperus, P., Kirschner, J., Stepanek, J., Oosterveld, P.,

- Storchova, H., & den Nijs, J. C., Hairpins involving both inverted and direct repeats are associated with homoplasious indels in non-coding chloroplast DNA of *Taraxacum* (*Lactuceae: Asteraceae*), *Genome*, 43(4), 634-641, **2000**.
- [37] Drabkova, L., Kirschner, J., Vlček, Č., & Pačes, V., TrnL–trnF intergenic spacer and trnL intron define major clades within *Luzula* and *Juncus* (*Juncaceae*): importance of structural mutations, *Journal of molecular evolution*, 59(1), 1-10, **2004**.
- [38] Chase, MW., Soltis, DE., Olmstead, RG., Morgan, D., Les, DH., Mishler, B D., Albert, VA., Phylogenetics of seed plants: an analysis of nucleotide sequences from the plastid gene *rbcl*, *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 528-580, **1993**.
- [39] Kress, WJ., Erickson, DL., Swenson, NG., Thompson, J., Uriarte, M., & Zimmerman, JK., Advances in the use of DNA barcodes to build a community phylogeny for tropical trees in a Puerto Rican forest dynamics plot, *PLoS One*, 5(11), e15409, **2010**.
- [40] Sun, ZY., Li, FZ., and Zhang, XJ., Systematics of *Arabidopsis* and *Thellungiella* (*Brassicaceae*), *Life Science*, Shandong Teachers' University, **2006**.
- [41] Miller, MA., Pfeiffer, W., & Schwartz, Creating the CIPRES Science Gateway for inference of large phylogenetic trees, *Gateway Computing Environments Workshop*, 1-8, **2010**.
- [42] Rambaut, A., & Drummond, AJ., Tracer v1. 4., **2007**.
- [43] Huson, DH., & Bryant, D., Application of phylogenetic networks in evolutionary studies, *Molecular biology and evolution*, 23(2), 254-267, **2006**.

- [44] Soltis, PS., & Doyle, JJ., Molecular systematics of plants II: DNA sequencing, *Kluwer Academic Pub*, 2, **1998**.
- [44] Prantl, K., *Eunomia, Die natürlichen Pflanzenfamilien*, (eds: Engler, A., & Prantl K.), Engel-mann, Leipzig, 3(2), **1891**.
- [44] Meyer, FK., Conspectus der "*Thlaspi*"-Arten Europas, Afrikas und Vorderasiens, *Feddes Repert.*, 84, 449-470, **1973**.
- [45] Lysak, MA., Koch, MA., Pecinka, A., & Schubert, I., Chromosome triplication found across the tribe *Brassicaceae*, *Genome Research*, 15(4), 516-525, **2005**.
- [46] De Bodt, S., Maere, S., & Van de Peer, Y., Genome duplication and the origin of angiosperms, *Trends in Ecology & Evolution*, 20(11), 591-597, **2005**.
- [47] Soltis, DE., Albert, VA., Leebens-Mack, J., Bell, CD., Paterson, AH., Zheng, C., Soltis, PS., Polyploidy and angiosperm diversification, *American Journal of Botany*, 96(1), 336-348, **2009**.
- [48] Tang, H., Wang, X., Bowers, JE., Ming, R., Alam, M., & Paterson, AH., Unraveling ancient hexaploidy through multiply-aligned angiosperm gene maps, *Genome research*, 18(12), 1944-1954, **2008**.
- [49] Zunk, K., Mummenhoff, K., & Hurka, H., Phylogenetic relationships in tribe *Lepidieae* (*Brassicaceae*) based on chloroplast DNA restriction site variation, *Canadian Journal of Botany*, 77(10), 1504-1512, **2000**.
- [50] Fawcett, JA., & Van de Peer, Y., Angiosperm polyploids and their road to evolutionary success, *Trends in Evolutionary Biology*, 2(1), **2010**.
- [51] Edger, PP., & Pires, JC., Gene and genome duplications: the impact of dosage-sensitivity on the fate of nuclear genes, *Chromosome Research*, 17(5), 699-717, **2009**.

- [52] Khosravi, AR., *Cytotaxonomy and Phylogeny of the Cruciferae*, Yüksek Lisans Tezi, Tarbiat Modarres Univ., Iran, **1989**.
- [53] Khosravi, AR., Jacquemoud, F., Mohsenzadeh, S., Menke, M., & Mummenhoff, K., Phylogenetic Position and Taxonomic Classification of *Aethionema trinervium* (*Brassicaceae*): A Morphologically Variable Subshrub from Southwestern Asia 1, *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 96(4), 564-574, **2009**.
- [54] Koch, MA., Kiefer, M., German, DA., Al-Shehbaz, IA., Franzke, A., Mummenhoff, K., & Schmickl, R., BrassiBase: Tools and biological resources to study characters and traits in the *Brassicaceae*-version 1.1., *Taxon*, 61(5), 1001-1009, **2012**.