




## *Aethionema coridifolium* (Brassicaceae) Kümesi Üzerine Moleküler Sistemik Bir Yaklaşım

Kuddisi Ertuğrul , Tuğba Pense, Meryem Bozkurt , Tuna Uysal   
Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Konya, Türkiye

\*Sorumlu yazar / Correspondence: mbozkurt@selcuk.edu.tr

Geliş/Received: 24.07.2020 • Kabul/Accepted: 10.12.2020 • Yayın/Published Online: 30.12.2020

**Öz:** *Aethionema* Aiton Brassicaceae familyasının taksonomik açıdan en zor cinslerinden biridir ve son zamanlarda yayımlanan çok sayıda yeni taksonlarla cins Türkiye’de 33’ü endemik yaklaşık 52 takson ile temsil edilmektedir. Bu çalışmada, *Aethionema coridifolium* tür kümesi içerisinde değerlendirilen, *Ae. coridifolium*, *Ae. armenum* ve *Ae. grandiflorum* türleri ile bu türlerle yakın ilişkili *Ae. huber-morathii* ve *Ae. karamanicum* türleri arasındaki filogenetik ilişkiler ITS gen bölgesi kullanılarak ortaya çıkarıldı. Küme içerisindeki taksonların akrabalık ilişkilerini belirlemek için ITS gen dizileri hizalanarak bir veri matrisi oluşturulmuş ve filogenetik bir ağaç üretilmiştir. Verilere göre *Ae. coridifolium* kümesi monofiletiktir (BS:%91, PP:1). Oluşturulan ağaca göre *Ae. coridifolium* kümesinde yer alan taksonların farklı türler olarak değerlendirilmesi kuvvetlice desteklenmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Cruciferae, Filogeni, ITS, Kayagülü, Taksonomi, Türkiye

### A Molecular Systematics Approach on *Aethionema coridifolium* (Brassicaceae) Aggregata

**Abstract:** The genus *Aethionema* Aiton is one of the most difficult taxonomic genera of the Brassicaceae family and it is represented by 52 taxa, 33 of which are endemic in Turkey, with many new taxa recently published. In this study the phylogenetic relationships between the *Aethionema coridifolium*, *Ae. armenum* and *Ae. grandiflorum* which are evaluated in the *Ae. coridifolium* species aggregata, and the closely related to these taxa, *Ae. huber-morathii* and *Ae. karamanicum*, were revealed by molecular methods. Sequence data from the ITS region were used to determine the phylogenetic relationships of *Ae. coridifolium* aggregata. According to the data, the *Ae. coridifolium* aggregata is monophyletic (BS:91%, PP:1). It is strongly supported that evaluating as different species of all taxa in the *Ae. coridifolium* aggregata.

**Key words:** Cruciferae, ITS, Phylogeny, Stone cress, Taxonomy, Turkey

## GİRİŞ

Turpgiller (Brassicaceae) familyası içinde yer alan Kayagülü (*Aethionema* Aiton) cinsi Türkiye Florası’nın ilk cildinde 30 taksonla temsil edilmektedir (Hedge, 1965). Daha sonra yayımlanan 10. ciltte dokuz tür (Davis vd., 1988) ve 11. ciltte ise beş tür (Adıgüzel, 2000) ilavesiyle, Türkiye’de yayılış gösteren *Aethionema* türlerinin sayısı 44’e ulaşmıştır. Türkiye Damarlı Bitkileri Listesinde *Aethionema* cinsine ait 43 tür listelenmiştir (Ertugrul, 2012). Yıldırım ve Kılıç (2016, 2018 ve 2019), *Aethionema* cinsi üzerine sadece morfolojik gözlemlere dayalı olarak yaptıkları taksonomik düzenlemelerle birçoğu teyit gerektiren yeni takson ilavesi ve sinonimlerle Türkiye Florasında halen kayıtlı *Aethionema* tür sayısı 52’ye yükselmiştir. Bu taksonlardan 33 tanesi endemiktir; dolayısıyla endemizim oranı % 63,47’dir. *Aethionema* cinsi, Bulgaristan’da 1 tür (The Bulgarian flora online (2006-2017 BGflora.net), Yunanistan’da 3’ü endemik 7 tür, (Strid ve Tan, 2002), Kafkaslar’da 2’si endemik 12 tür (Czerepanov, 1995), İran’da 8’i endemik 14 tür (Hedge, 1968; Moazzeni vd., 2018), Irak’ta 8 tür (Hedge ve Lamond, 1980), Suriye’de 10, İtalya’da 1’i endemik 2 tür (Pignatti, 1982, Bartolucci vd., 2018) ve İspanya’da 1 tür (Montemurro, 1993) ile temsil edilmektedir. Cinsin dağılımı göz önüne alındığında Türkiye dışında sayının çok az olduğu görülmektedir. Bu nedenle, Türkiye’nin bu cins için gen merkezi olduğu görülmektedir (Davis vd., 1988; Adıgüzel, 2000).

*Aethionema* taksonomik olarak sorunlu bir cinstir ve türlerin sınırlandırılması için birkaç makromorfolojik karakter mevcuttur. Özellikle türlerin teşhisinde yaşam süresi (tek yıllık ve çok yıllık) ve meyve morfolojisi oldukça

önemlidir (Hedge, 1965; Mohammadin vd. 2017). Özellikle meyvesiz örneklerin teşhisinde birçok güçlükler yaşanmaktadır. Bu cins yaşam formu ve meyve morfolojisinin yanı sıra, çiçek yapısı, renk, heterokarpi ve kromozom sayısı (n=7, 8, 11, 12, 14, 16, 18, 21, 22, 24, 30) açısından da geniş bir varyasyon göstermektedir (Al-Shehbaz vd., 2006; Pavlova, 2007).

Her geçen gün daha da geliştirilen moleküler yaklaşımlar bitkilerin sınıflandırılmasında ve evriminde etkin biçimde kullanılan bir yöntem haline gelmiştir. Günümüzde farklı taksonomik birimlerin doğal akrabalık ilişkilerinin ortaya çıkarılmasında veya problemlerin çözülmesinde filogenetik çalışmalara geniş ölçüde başvurulmaktadır. Bu bakımdan moleküler çalışmaların klasik taksonomik çalışmalara olan katkısı oldukça fazladır (Meyer, 1973; Prantl, 1891; Soltis ve Doyle, 1998). Brassicaceae familyasında kapsamlı moleküler çalışmalar oldukça yakın bir zamanda gerçekleştirilmiştir (Al-Shehbaz vd., 2006; Warwick vd., 2007, 2008; Khosravi vd., 2009; Mohammadin vd. 2017). Brassicaceae familyasının en kapsamlı moleküler verileri nükleer ribozomal ITS bölgelerinde yapılan DNA dizilimlerine dayanır (German vd., 2009) ve familya içerisinde tür seviyesinde filogenetik çıkarımlar için yaygın olarak kullanılmaktadır (Koch, 2003; Warwick ve Sauder, 2005; Bailey vd., 2006; Warwick vd., 2007, 2008; German vd., 2009; Khosravi vd., 2009).

*Aethionema* cinsi içerisinde *Ae. coridifolium* (Çocukdüşüren) kümesi ve bu kümeye yakın türlerin teşhisinde kullanılan karakterlerin, türlerin coğrafi yayılışına göre değişkenlik göstermesi, türlerin kesin sınırlarının belirlenememesine ve dolayısıyla teşhiste birçok probleme yol açmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye florasında *Ae. coridifolium* DC. tür kümesi *Ae. grandiflorum* Boiss. & Hohen. var. *grandiflorum* (Kocakayağülü), *Ae. grandiflorum* var. *sintensisii* (Hausskn. & Bornm.) Govaerts, *Ae. armenum* Boiss. (Taşçantası) ve *Ae. coridifolium* olmak üzere dört taksondan oluşmaktadır (Greuter vd., 1986). Ancak, daha sonra yayınlanan *Ae. huber-morathii* P.H. Davis & Hedge (Çukurkayağülü), *Ae. dumanii* Vural & Adigüzel (Yörüktaşçantası) ve *Ae. karamanicum* Ertuğrul & Beyazoglu (Karamankayağülü) taksonlarının bu küme içerisindeki durumlarını belirlemek için bu çalışmaya dâhil edilmiştir. Bu kapsamda, taksonlar arasındaki akrabalık ilişkileri moleküler yöntemlerle ortaya konulmaya çalışılmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Arazi çalışmaları sırasında toplanan ve herbaryumlardan alınan *Aethionema* taksonlarına ait örnekler Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca, filogenetik analizler için Gen Bankasından (NCBI) örnekler alınmıştır (Tablo 1; Şekil 1).

**Tablo 1.** Çalışılan taksonlar ve lokaliteleri

Takson Adı	Lokalite	Gen bankası
<i>Aethionema grandiflorum</i> var. <i>grandiflorum</i> / <b>koca kayağülü</b>	Erzurum, Aşkale-Çiftlik yolu-9.km, bozkır, 1850 m, 04 vi 2011, K. Ertuğrul 4349	MT799722
<i>Ae. grandiflorum</i> var. <i>sintensisii</i> / <b>koca kayağülü</b>	Erzurum İspir yolu 60.km, bozkır, 2285 m, 21 viii 2011, K. Ertuğrul 4059	MT799723
<i>Ae. armenum</i> / <b>taşçantası</b>	Ankara, Yenice'den Haymana'ya 5.km, tarla kenarları, bozkıralanlar 1380 m, 21 v 2011, K. Ertuğrul 4176	MT799720
<i>Ae. armenum</i> / <b>taşçantası</b>	Kayseri, Pınarbaşı, Hınzırdağı, Kurudere mevki, taşlı bayırlar, 1900 m, 05 vii 1987, K. Ertuğrul 117	MT799721
<i>Ae. huber-morathii</i> / <b>çukur kayağülü</b>	Ulukışla-Pozanti, Şeker Pınar Tesisleri üstü, kaya üzeri, 600 m, 19 vi 2012, K. Ertuğrul 4561	MT799726
<i>Ae. karamanicum</i> / <b>karaman kayağülü</b>	Karaman, Kayaönü köyü Karaköy vadi, dik yamaçlar, 1500-1700 m, 20 vi 2012, K. Ertuğrul 4571	MT799724
<i>Ae. dumanii</i> / <b>yörük taşçantası</b>	B6 Sivas: Kangal-Gürün yolu, marnlı bozkır, 1600 m, A. Güner 12421	MT799718
<i>Ae. dumanii</i> / <b>yörük taşçantası</b>	A4 Ankara: Ayasbeli., marnlı bozkır, 1000 m, 30 vi 1995, M. Vural 7348 ve N. Adigüzel	MT799719
<i>Ae. coridifolium</i> / <b>çocukdüşenotu</b>	B6 Kahramanmaraş Göksun, Keklik oluk köyü çevresi, Binboğa dağı, kayalık, 1600-1650 m, 30 vi 1992, Z. Aytac 5076 ve H. Duman	MT799725
<i>Aethionema trinervium</i>		<b>FM180111</b>
<i>Eunomia oppositifolia</i>		<b>GQ497865</b>
<i>Moriera spinosa</i>		<b>GQ424545</b>
<i>Thlaspi aghricum</i> / <b>tutak dağarcığı</b>		<b>KM014689</b>



Şekil 1. *Aethionema armenum*, *Ae. grandiflorum* ve *Ae. coridifolium* taksonlarının genel görünimleri

### DNA izolasyonu, PCR amplifikasyonu ve veri analizi:

*Aethionema* cinsine ait taksonların DNA izolasyonu Soltis tarafından modifiye edilmiş Doyle ve Doyle (1987)'in prosedürü kullanılarak silika jel ile kurutulmuş ya da herbaryum materyallerinden yapılmıştır (Soltis vd., 1991; Cullings, 1992). ITS bölgeleri (ITS<sub>1</sub>, 5.8S ve ITS<sub>2</sub>) BioRad T100 PCR cihazı kullanılarak amplifiye edilmiştir. PCR reaksiyonları White ve arkadaşları (1990) tarafından dizayn edilen evrensel ITS<sub>1</sub> ve ITS<sub>4</sub> primerleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. PCR ürünleri QIAquick PCR saflaştırma Kiti (Qiagen Inc., Valencia, CA) ile saflaştırılmıştır. Diziler MACROGEN firmasına gönderilerek okutulmuştur. Firmadan gelen Nükleotit dizileri Chromas Lite 2.1 (Technelysium Pty Ltd) programında düzenlenmiştir. Diziler kontrol edildikten sonra MEGA 10 (Kumar vd., 2018) ve BioEdit (Hall, 1999) ile hizalanmıştır. Elde edilen veri matrislerine göre filogenetik ağ analizleri Network programı ile gerçekleştirilmiştir. Bayeziyen analizleri için MrBayes 3.2 programı kullanılmıştır (Ronquist vd., 2012). Bu analizde Markov Chain Monte Carlo (MCMC) algoritması çalıştırılmış, rastgele ağaçlarla analize başlanmış ve 1000000 jenerasyon tekrarlanmıştır. Her 10 jenerasyonda bir ağaçlar örneklenmiştir. Her zincir için hesaplanan olasılık değerleri Tracer v1.5 programı kullanılarak kontrol edilmiştir ve örneklenen ağaçların %20 yakılarak (burn-in) dışarda bırakılmıştır. Bayeziyen çıkarım ağacı FigTree v1.4.0 programıyla görselleştirilmiştir. Parsimoni analizleri ise PAUP 4.0 beta sürümü ile gerçekleştirilmiştir (Swofford, 1999). Bu analizde heuristic araştırma metodu (TBR swapping algorithm ve 1.000 rastgele replikasyon) kullanılmıştır. Kaydedilen ağaçlar için CI (Tutumluluk indeksi), RI (Tutarlılık indeksi) ve HI (Homoplasi indeksi) değerleri hesaplanmıştır. Filogenetik ağ analizi NETWORK (Network Publisher © Copyright Fluxus Technology Ltd) programıyla gerçekleştirilmiştir. Veri seti haplotipler ve onların frekansları ile oluşturulduktan sonra, haplotipler arası ağ benzeri yapı median-joining algoritmasıyla oluşturulmuştur.

### SONUÇLAR ve TARTIŞMA

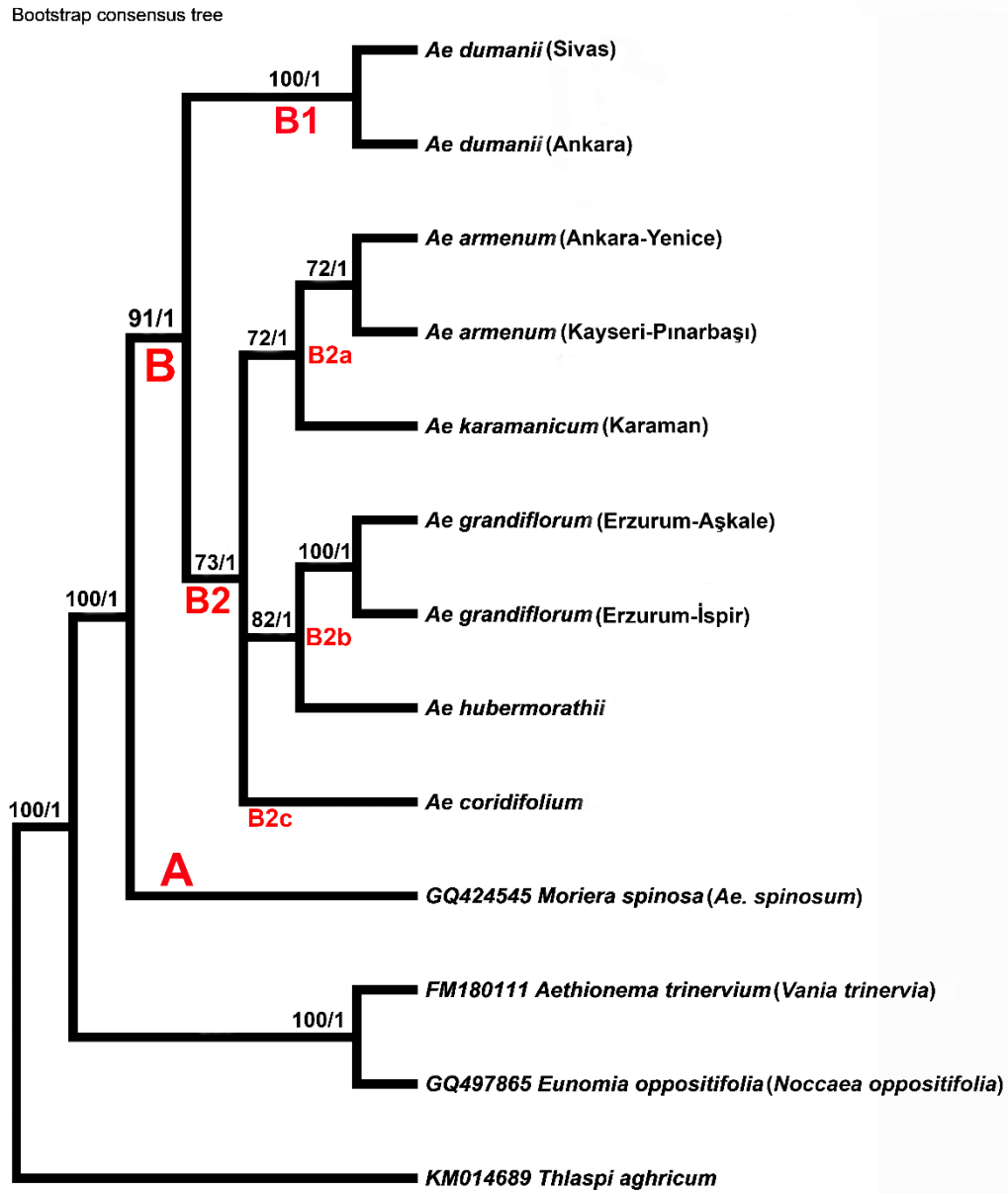
Çekirdek DNA'sına ait bir intron olan ITS gen bölgesi dizi analizlerimizden gelen 13 taksona ait hizalanan veri matrisinin toplam uzunluğu 645 olup, bu veri matrisine ait 474 karakter sürekli, 31 karakter ise değişkendir. Parsimoni için bilgi verici karakter sayısı ise 140'dır. Parsimoni analizlerinden gelen tutumluluk indeksi (CI) 0,867, Tutarlılık indeksi 0,891, Homoplasi indeksi ise 0,133 olarak belirlenmiştir.

ITS gen bölgesinin hizalanmış nükleotid dizilerinden oluşturulan veri matrisinden yapılandırılmış soyağacına göre (Şekil 2), *Aethionema* cinsine ait taksonların filogenetik ilişkileri güçlüce desteklenmiş görülmektedir (BS:%91; PP:1). Kladogramda, daha önce *Moriera* Boiss. cinsi içerisinde değerlendirilen *M. spinosa* Boiss. türünün bazal *Aethionema* kladı içerisinde yer alması, bu taksonun filogenetik açıdan *Aethionema* cinsi içerisinde yer alması gerekliliğini ortaya koymaktadır (BS:% 100; PP: 1). *Aethionema* cinsiyle ilgili son çalışmalarda *M. spinosa* türü *Ae. spinosum* (Boiss.) Prantl olarak *Aethionema* cinsine aktarılmıştır (Moazzeni vd., 2018). Diğer ana klad (B), güçlüce desteklenen iki klada ayrılmakta olup, bu alt kladların birinde lokal endemik bir tür olan *Ae. dumanii*'nin iki ayrı popülasyonunun yüksek parsimonili bir durumla birlikte yer aldığı görülmektedir (B<sub>1</sub>; BS: %100; PP:1). İkinci klad üç alt dala ayrılmış olup, bu alt kladlar da *Ae. armenum*, *Ae. karamanicum*, *Ae. grandiflorum*, *Ae. huber-morathii* ve *Ae. coridifolium* taksonları yer almaktadır. Bu taksonların filogenetik ilişkileri güçlüce desteklenmektedir (BS:%73; PP:1). *Ae. armenum* kompleksine ait popülasyonların yer aldığı alt klad içinde lokal endemik *Ae.*

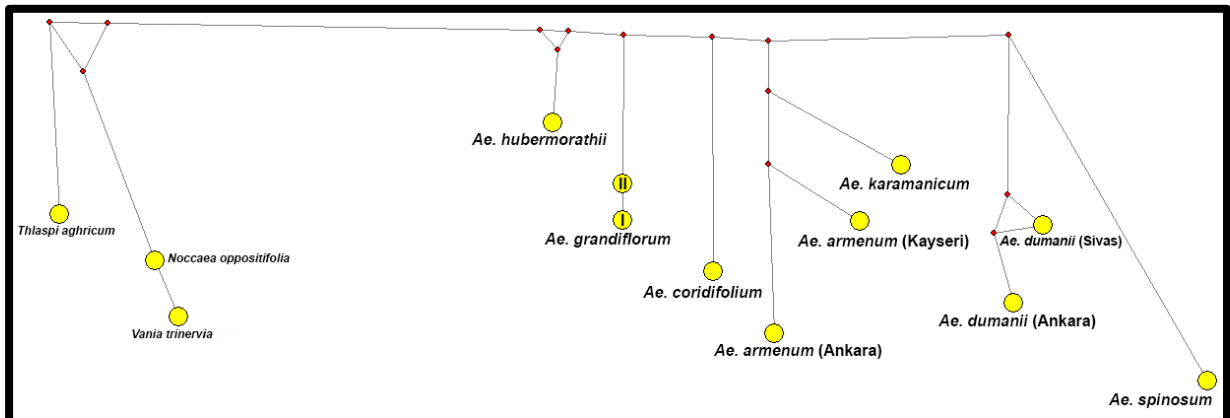
*karamanicum* türü aynı pozisyonda yer almakta olup, *Ae. armenum* kompleksi ile filogenetik ilişkileri hem parsimoni hemde bayezian analizleri ile güçlüce desteklenmektedir (B2a; BS:%72; PP:1). Diğer alt kladda *Ae. grandiflorum* ve *Ae. huber-morathii* taksonları birlikte yer almaktadır (B2b; BS:%82; PP:1). *Ae. grandiflorum* varyeteleri arasında güçlü bir filogenetik ilişki olduğu görülmektedir (BS: %100; PP:1). Bu tür ile morfolojik açıdan yakın ilişkili olduğu düşünülen *Ae. huber-morathii*'nin filogenetik açıdan da yakın ilişkili bir takson olduğu çıkarımı yapılabilir. Batur (2014) tarafından *Aethionema* cinsi üzerine yapılan *rbcL-a+trnL-F* bölgelerine dayalı oluşturulan kladogram da *Ae. grandiflorum* ve *Ae. huber-morathii* taksonları birlikte yer almakta olup (PP:0.57) sonucumuzu desteklemektedir. Mohammadin vd. (2017) *Aethionema* taksonları üzerine gerçekleştirdikleri moleküler çalışmada *Ae. grandiflorum* ve *Ae. huber-morathii* bir kladda, diğer kladda ise *Ae. armenum* ve *Ae. karamanicum* yer aldığı rapor etmiştir. Taksonlar arasındaki bu ilişkiler sonuçlarımızı desteklemektedir. Khosravi vd. (2009), ülkemizde de yayılış gösteren *Ae. trinervium* türü ile ilgili yaptıkları moleküler analizler neticesinde bu türün, *Aethionema* cinsinin bir üyesi olmadığını ortaya koyarak, türü *Thlaspi* s.l (Çobandağarcığı) soyundan ayrılmış *Vania* F.K.Mey cinsine aktarmışlardır. Çalışmamızda oluşturulan filogenetik ağaçta da *Ae. trinervium* türü, önceki transferi destekler şekilde, diğer *Aethionema* taksonlarından ayrı bir kladda yer almıştır. Benzer bir düzenleme, Türkiye damarlı Bitki Listesi ve Florada *Aethionema* cinsi içerisinde değerlendirilen *Ae. oppositifolium* (Pers.) Hedge (Bodurkayagülü) türü için de yapılmıştır. Hall vd. (2002), bu taksonunun *Aethionema* ve *Iberis* Adans. (Hünkârbeğendiotu) cinsleriyle bir ilişkisinin olmadığını, bu nedenle *Eunomia oppositifolium* (Pers) DC. türünün yeniden canlandırılması gerektiğini ileri sürmüşlerdir. Ancak, Al-Shehbaz (2012) tarafından *Ae. oppositifolium* taksonu *Noccaea* Kuntze. (Kuşbaşıotu) cinsine aktarılmış ve *Noccaea oppositifolia* (Pers.) Al-Shehbaz & Menke olarak düzenlenmiştir. *Eunomia* DC. ve *Vania* F.K.Mey. cinsleri ve bu cinslerin *Noccaea* cinsi ile filogenetik ilişkisi Özudoğru vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada güncel durum göz önüne alınarak detaylı bir şekilde tartışılmıştır. İlgili çalışmada, kronolojik olarak öncesinde *Ae. trinervium*, devamında *Vania* cinsinde değerlendirilen taksonun oluşturulan filogenetik ağaca göre *Noccaea* cinsinde yer almasının daha uygun olduğu rapor edilmiştir. Tarafımızdan oluşturulan filogenetik ağaca göre, ilgili taksonun *Noccaea oppositifolia* ile birlikte yer alması ve yüksek güvenilirlikle (PP:1, BS:100) desteklenmiş olması Özudoğru vd. (2019) tarafından bildirilen bilgiler ile örtüşmekte ve desteklemektedir.

*Aethionema* taksonları arası filogenetik ilişkileri gösteren ağa göre lokal yayılışlı endemik tür *Ae. karamanicum* ve *Ae. armenum* kompleksi taksonlarının ortak ribotip'den köken aldığı görülmektedir. Filogenetik ağaçta *Aethionema* kladından ayrı bir kladda yer alan ve *Noccaea* cinsine aktarılan *N. oppositifolium* ve Özudoğru vd. (2019) tarafından *Noccaea* cinsinde yer almasının daha uygun olduğu rapor edilen *V. trinervia* taksonunun filogenetik ilişkileri ağda da açıkça görülmektedir (Şekil 3).

Bu çalışma ile *Aethionema* cinsinde taksonomik bakımdan problemlili taksonları barındıran *Ae. coridifolium* kümesinin filogenetik ilişkileri moleküler yöntemlerle ortaya çıkarılmıştır. Araştırmadan elde edilen bulgulara göre daha önce ayrı bir cins olan *Moriera* cinsinin *Aethionema* cinsi sınırları içerisinde yer alması gerektiği teyit edilmiştir. Araştırma sonuçları, ayrıca daha önce *Aethionema* cinsi içerisinde sınıflandırılan *Noccaea oppositifolium* ve *Vania trinervia* taksonlarının bu cinse ait türlerle yakın ilişkisinin olmadığını, dolayısıyla bu taksonların başka cinslere aktarılması gerektiğini desteklemiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar, şüphesiz *Aethionema* cinsinin küçük bir parçasını oluşturan tür kümesinin taksonomisindeki problemlerin giderilmesi açısından oldukça önemlidir. İleride yapılacak, cinsin tüm taksonlarını kapsayan ve daha fazla gen bölgesinin çalışılacağı moleküler bir çalışma, bu cinsin tüm taksonlarının filogenetik ilişkilerinin ortaya çıkarılmasına imkân verecektir. Bu nedenle bu cinsin karyolojiyi de içine alan morfolojik ve moleküler yöntemlerle yeniden revize edilmesi gerekmektedir.



**Şekil 2.** Türkiyede doğal olarak yayılış gösteren bazı *Aethionema* taksonlarının ITS gen bölgesine göre filogenetik ilişkilerinin gösteren Parsimoni ve Bayeziyan temelli kladogram. Kladogram üzerinde Güvenirlik (BS) ve sonsal olasılık (PP) değerleri verilmiştir



**Şekil 3.** Türkiyede doğal olarak yayılış gösteren bazı *Aethionema* taksonlarının ITS gen bölgesine göre filogenetik ilişkilerinin gösteren ağ

**TEŞEKKÜR**

Maddi destek sağlayan Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne (S.Ü. BAP: 12201028) ve TÜBİTAK'a (Proje Numarası: 118Z995) teşekkür ederiz.

**KAYNAK LİSTESİ**

- Adıgüzel, N. (2000). *Aethionema* R. Br. Şu Eserde: Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., Başer, K. H. C. (edlr.). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* 11: 31-34. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Al-Shehbaz, I.A., Beilstein, M.A. ve Kellogg, E.A. (2006). Systematics and phylogeny of the Brassicaceae: an overview. *Plant Systematics and Evolution* 259: 89-120.
- Al-Shehbaz, I.A. (2012). A generic and tribal synopsis of the Brassicaceae (Cruciferae). *Taxon* 61: 931-954.
- Bailey, C.D., Koch, M.A., Mayer, M., Mummenhoff, K., O'Kane, S.L. Jr., Warwick, S.I., Windham, M.D. ve Al-Shehbaz, I.A. (2006). Towards a global phylogeny of the Brassicaceae. *Molecular Biology and Evolution* 23: 2142-2160.
- Bartolucci, F., Peruzzi, L., Galasso, G., Albano, A., Alessandrini, A., Ardenghi, N.M.G., Astuti, G., Bacchetta, G., Ballelli, S., Banfi, E., Barberis, G., Bernardo, L., Bouvet, D., Bovio, M., Cecchi, L., Di Pietro, R., Domina, G., Fascetti, S., Fenu, G., Festi, F., Foggi, B., Gallo, L., Gottschlich, G., Gubellini, L., Iamónico, D., Iberite, M., Jiménez-Mejías, P., Lattanzi, E., Marchetti, D., Martinetto, E., Masin, R.R., Medagli, P., Passalacqua, N.G., Peccenini, S., Pennesi, R., Pierini, B., Poldini, L., Prosser, F., Raimondo, F.M., RomaMarzio, F., Rosati, L., Santangelo, A., Scoppola, A., Scortegagna, S., Selvaggi, A., Selvi, F., Soldano, A., Stinca, A., Wagensommer, R.P., Wilhalm, T. ve Conti, F. (2018). An updated checklist of the vascular flora native to Italy. *Plant Biosystems* 152: 179-303.
- Batur Ö.S. (2014). *Aethionema* W.T.Aiton (Brassicaceae) Cinsinin Moleküler Filogenisi (Yüksek lisans tezi). Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Czerepanov, S.K. (1995). *Vascular plants of Russia and adjacent states (the former USSR)*, s.s. 516. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cullings, K.W. (1992). Design and testing of a plant-specific PCR primer for ecological and evolutionary studies, *Molecular Ecology* 1: 233-240.
- Davis, P.H. (1988). *Aethionema* R. Br. Şu eserde: Davis, P.H. (ed.). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* 10: 35-39. Edinburgh Univ. Press, Edinburgh.
- Doyle, J.J. ve Doyle, J. L. (1987). A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin, Botanical Society of America* 19: 11-15.
- Ertuğrul, K. (2012). *Aethionema* Aiton. Şu eserde: Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babaç, M.T. (edlr.). *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*, 246-248. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul.
- German, D.A., Friesen, N., Neuffer, B., Al-Shehbaz, I.A. ve Hurka, H. (2009). Contribution to ITS phylogeny of the Brassicaceae, with special reference to some Asian Taxa. *Plant Systematics and Evolution* 283 (1): 33-56.
- Greuter, W., Burdet, H. M., Long, G. (1986). *Med-Checklist* 3. Conservatoire et Jardin Botaniques, Genève.
- Hall, J.C., Sysmsa, K.J. ve Iltis, H.H. (2002). Phylogeny of Capparaceae and Brassicaceae based on chloroplast sequence data. *American Journal of Botany* 89: 1826-1842.
- Hall, T.A. (1999). Bio Edit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for windows 95/98/NT. *Nucleic Acid Symposium* 41: 95-98.
- Hedge, I.C. (1965). *Aethionema* R. Br. Şu eserde: Davis, P.H. (ed.) *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* 1: 314-330. Edinburgh Univ. Press, Edinburgh
- Hedge, I.C. (1968). *Aethionema* R. Br. & Moriera Boiss. Şu Eserde: Hedge, I.C. & Rechinger, K.H. (edlr.). *Flora Iranica* 57: 100-110, 354. Akademische Drucku. Verlagsanstalt, Graz.
- Hedge, I.C. ve Lamond, J.L. (1980). Brassicaceae. Şu eserde: Townsend, C.C. & Guest, E. (edlr.). *Flora of Iraq* 4: 915-922. Ministry of Agriculture, Baghdad.
- Kandemir, A., Aytaç, Z. ve Fişne, A. Y. (2017). *Aethionema erzincanum* (Brassicaceae), a new species from Turkey. *Annales Botanici Fennici* 54 (1-3): 1-5.
- Karabacak, O., Öztürk, M. ve Duran, A. (2013). *Aethionema anatolica* (Brassicaceae), a new species from South Anatolia, Turkey. *Annales Botanici Fennici* 50: 183-186.
- Khosravi, A.R, Mohsenzadeh, S. ve Mummenhoff, K. (2009). Phylogenetic relationships of Old World Brassicaceae from Iran based on nuclear ribosomal DNA sequences. *Biochemical Systematics and Ecology* 37: 106-115.
- Koch, M. (2003). Molecular phylogenetics, evolution and population biology in Brassicaceae. Şu eserde: Sharma, A.K. ve Sharma, A. (edlr.) *Plant Genome: Biodiversity and Evolution* 1: Phanerograms, 1-35. Science Publishers Inc., Enfield.
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C. ve Tamura, K. (2018). MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution* 35:1547-1549.

- Meyer, F.K. (1973). Conspectus der "Thlaspi"-Arten Europas, Afrikas und Vorderasiens. *Feddes Repert* 84: 449-470.
- Moazzeni, H., Al-Shehbaz I.A., German D.A. Assadi M., Müller J., Joharchi M.R. ve Memariani F. (2018). A taxonomic revision of the genus *Aethionema* s.l. (Brassicaceae) in Iran. *Phytotaxa* 356 (4): 241-266.
- Mohammadin, S., Peterse, K., van de Kerke, S.J., Chatrou, L.W., Dönmez, A.A., Mummenhoff, K., Pires, J.C., Edger, P.P., Al-Shehbaz, I.A.ve Schranz, M.E. (2017). Anatolian origins and diversification of *Aethionema*, the sister lineage of the core Brassicaceae. *American Journal of Botany* 104 (7): 1042-1054.
- Montemurro, M. (1993). *Aethionema*. Şu Eserde: Castroviejo, S., Aedo, C., Gómez-Campo, C., Láinz, M., Montserrat, P., Morales, R., Muñoz Garmendia, F., Nieto Feliner, G., Rico, E., Talavera, S. & Villar, L. (edlr.). *Flora Iberica* 4: 264-269. Real Jardín, Botánico, Madrid.
- Özüdoğru, B., Özgüşi, K., Tarkahya-Hacıoğlu, B., Ocak, A., Mummenhoff, K., Al-Shehbaz, I. (2019). Phylogeny of the genus *Noccaea* Moench (Brassicaceae) and a critical review of its generic circumscription. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 104(3): 339-354.
- Pavlova, D. (2007). A new species of *Aethionema* (Brassicaceae) from the Bulgarian flora. *Botanical Journal of the Linnean Society* 155:533-540.
- Pınar, N.M., Adıgüzel, N. ve Geven, F. (2007). Seed coat macrosculpturing in some Turkish *Aethionema* R. Br. (Brassicaceae), *Pakistan Journal of Botany* 39: 1025-1036.
- Pignatti, S. (1982). *Flora d'Italia* 1:790 Edagricole.
- Prantl, K. (1891). *Eunomia*, Die natürlichen Pflanzenfamilien, (edlr.: Engler, A., & Prantl K.), Engel-mann, Leipzig, 3(2).
- Ronquist, F., Teslenko, M., Mark, P.V.D., Ayres, D.L., Darling, A., Höhna, S., Larget, B., Liu, L., Suchard, M.A., ve Huelsenbeck J.P. (2012). MrBayes 3.2: Efficient Bayesian Phylogenetic Inference and Model Choice Across a Large Model Space. *Syst. Biol.* 61(3): 539-542.
- Soltis, P.S. ve Doyle, J.J. (1998). Molecular systematics of plants II: DNA sequencing, Kluwer Academic Pub, 2.
- Soltis, D.E., Collier, T.G., Edgerton, M.L. (1991). The *Heuchera* group (Saxifragaceae): Evidence for chloroplast transfer and paraphyly. *American Journal of Botany* 78: 1091-1112.
- Swofford, D.L. (1999). PAUP 4.0: *Phylogenetic Analysis Using Parsimony (And Other Methods)*. Sinauer Associates Inc, Sunderland, MA.
- Strid A., Tan K. (edlr.) (2002). *Flora Hellenica* 2: xvi+511. Gantner Verlag, Ruggell.
- The Bulgarian flora online. (2006-2017). [https://bgflora.net/index\\_en.html](https://bgflora.net/index_en.html) (Erişim tarihi: 15.11.2020).
- Warwick, S.I. ve Sauder, C. (2005). Phylogeny of tribe *Brassicaceae* (Brassicaceae) based on chloroplast restriction site polymorphisms and nuclear ribosomal internal transcribed spacer and chloroplast *trnL* intron sequences. *Canadian Journal of Botany* 83: 467-483.
- Warwick, S.I., Sauder, C.A., Al-Shehbaz, I.A. ve Jacquemoud, F. (2007). Phylogenetic relationships in the tribes *Anchonieae*, *Chorisporae*, *Euclidieae* and *Hesperideae* (Brassicaceae) based on nuclear ribosomal ITS DNA sequences. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 94: 56-78.
- Warwick, S.I., Sauder, C.A. ve Al-Shehbaz, I.A. (2008). Phylogenetic relationships in the tribe *Alysseae* (Brassicaceae) based on nuclear ribosomal ITS DNA sequences. *Canadian Journal of Botany* 86: 315-336.
- White, T.J., Bruns, T., Lee, S., Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis, M.A., Gelfand, D.H., Sninsky, J.J. ve White, T.J. (edlr.) *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications* s.s. 315-322. Academic Press, New York.
- Yıldırım, S. ve Kılıç, Ö. (2016). New infrageneric taxa and species of *Aethionema* W.T. Aiton (Brassicaceae) and their current key from Turkey. *Ot Sistematik Botanik Dergisi* 23 (1-2): 1-6.
- Yıldırım, S. ve Kılıç, Ö. (2018). A new species of *Aethionema* (Brassicaceae) *A. adiyamanense* from Turkey. *Ot Sistematik Botanik Dergisi* 25 (1): 25-30.
- Yıldırım, S. ve Kılıç, Ö. (2019). A new *Aethionema* (Brassicaceae), *A. sancakense* p.p. and a new description of *A. adiyamanense* from Turkey. *Ot Sistematik Botanik Dergisi* 26 (2): 49-58.