



Derleme Makalesi – Review Article

Geliş Tarihi / Received: 06/05/2025

Kabul Tarihi / Accepted: 22/10/2025

Yayın Tarihi / Published: 30/11/2025

## **Güney Ege ve Batı Akdeniz Bölgelerinde Yayılış Gösteren *Liquidambar orientalis* Mill. (Anadolu sığla ağacı, günlük ağacı)- Moleküler Filogenetik Bir Derleme**

### ***Liquidambar orientalis* Mill. (Oriental or Turkish sweetgum) Distributed in the Southern Aegean and Western Mediterranean Regions - A Molecular Phylogenetic Review**

Deniz Aygören Uluer<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Ahi Evran Üniversitesi/ Çiçekdağı MYO/ Bitkisel ve Hayvansal Üretimi Bölümü/ Kırşehir, Türkiye/  
d.aygoren@ahievran.edu.tr/ <https://orcid.org/0000-0002-2095-3816>

**Etik Beyan:** Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur.

**Yapay Zeka Etik Beyanı:** Yazar bu makalenin hazırlanma sürecinin hiç bir aşamasında yapay zekadan faydalanılmadığını; bu konuda tüm sorumluluğun kendisine(kendilerine) ait olduğunu beyan etmektedir.

**Çıkar Çatışması:** Çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

**Finansman:** Bu araştırmayı desteklemek için dış fon kullanılmamıştır.

**Lisans:** CC BY-NC 4.0

**Ethical Statement:** It is declared that scientific and ethical principles were followed during the preparation of this study and that all studies used are stated in the bibliography.

**Artificial Intelligence Ethical Statement:** The author declares that artificial intelligence was not utilized at any stage of the preparation process of this article and accepts full responsibility in this regard.

**Conflicts of Interest:** The author(s) has no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The author(s) acknowledge that they received no external funding to support this research.

**License:** CC BY-NC 4.0

## Güney Ege ve Batı Akdeniz Bölgelerinde Yayılış Gösteren *Liquidambar orientalis* Mill. (Anadolu sığla ağacı, günlük ağacı)- Moleküler Filogenetik Bir Derleme

### ÖZ

Türkiye'nin relikt endemik türü olan *Liquidambar orientalis* Mill., Anadolu sığla ağacı veya günlük ağacı olarak bilinen tek evcikli bir ağaçtır. Bu tür, odun ve iç kabuğundan elde edilen, gıda endüstrisinde katkı maddesi olarak ve geleneksel tıpta birçok hastalığın tedavisinde kullanılan balsamı ile değerlidir. Türkiye dışında, Rodos, Oniki Ada ve Kuzey Suriye'de de yayılış gösterdiği bildirilmiştir, ancak bu popülasyonların doğal mı yoksa kültüre alınmış mı olduğu hala belirsizdir. Özellikle son yıllarda, Türkiye'deki *L. orientalis* ormanlarının yarısı, insan faaliyetleri, habitat parçalanması, otlatma, yanlış balsam çıkarma yöntemleri ve bunun sonucunda genetik çeşitliliğin azalması nedeniyle kaybedilmiştir. Türün üç varyetesi olduğu bildirilmiştir, ancak birkaç çalışma dışında, bu sınıflandırmayı araştıran herhangi bir moleküler sistematik çalışma yapılmamıştır. Morfolojik çalışmalar çelişkili sonuçlar vermiştir, bu da türün taksonomisini ve koruma statüsünü netleştirmek için daha fazla moleküler filogenetik çalışmaya ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Bu derlemede hem tür hem de alttürler üzerinde şimdiye kadar yapılmış moleküler filogenetik çalışmalar gözden geçirilmiş, metodlar, örnekler ve sonuçlar özetlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler-** *Altingiaceae*, *Liquidambar orientalis*, *filogeni*, *sistematik*

### Öne Çıkanlar

- Bu derlemede hem *Liquidambar orientalis* hem de alt türleri üzerinde şimdiye kadar yapılmış moleküler filogenetik çalışmalar gözden geçirilmiş, bu çalışmaların yöntemleri, örneklem seçimleri ve bulguları özetlenmiştir.
- Derleme gelecekte *L. orientalis* üzerinde yapılabilecek araştırmalar için kullanılabilecek gen bölgeleri ve yöntemler açısından yol gösterici potansiyel taşımaktadır.
- L. orientalis*, Altingiaceae familyasına ait relikt bir endemik tür olup, ağırlıklı olarak Güneybatı Türkiye ve Rodos Adası'nda yetişir.
- Türün üç varyetesinin bulunduğu bildirilmiştir; ancak bu sınıflandırmayı inceleyen moleküler sistematik araştırmalar, yalnızca birkaç çalışma ile sınırlı kalmıştır ve birbirleri ile çelişmektedir. Bu bağlamda tür altı moleküler filogenetik çalışmaların ivedilikle yapılması büyük önem arz etmektedir.
- Tür üzerinde yapılan morfolojik çalışmalar da farklı sonuçlar ortaya koymuştur; bu durum, türün taksonomik konumunun ve koruma durumunun netleştirilebilmesi için daha kapsamlı moleküler filogenetik araştırmalara ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır.
- İnsan etkinlikleri, habitat parçalanması, otlatma, hatalı balsam çıkarma uygulamaları ve buna bağlı genetik çeşitlilik kaybı gibi etkenler sonucunda, Türkiye'deki *L. orientalis* ormanlarının yaklaşık yarısı yok olmuştur ve bu yok oluş süreci günümüzde de devam etmektedir.
- Bu tehditlerin artarak devam edeceği göz önüne alınırsa hem koruma ve yönetim programları, hem de genetik çeşitliliği anlamının önemi açısından tür üzerinde yapılan her çalışma büyük önem arz etmektedir ve bu çalışmalar teşvik edilmelidir.

# ***Liquidambar orientalis* Mill. (Oriental or Turkish sweetgum) Distributed in the Southern Aegean and Western Mediterranean Regions - A Molecular Phylogenetic Review**

## **ABSTRACT**

*Liquidambar orientalis* Mill., a relict endemic species of Türkiye, is a monoecious tree known as the oriental or Turkish sweetgum. It is valued for its balsam, which is extracted from its wood and inner bark and is used as an additive in the food industry and in traditional medicine for the treatment of various diseases. Outside Turkey, it has been reported to occur in Rhodes, the Dodecanese Islands, and Northern Syria, though it remains unclear whether these populations are natural or cultivated. Particularly in recent years, half of the *L. orientalis* forests in Türkiye have been lost due to human activities, habitat fragmentation, grazing, improper balsam extraction methods, and a consequent decline in genetic diversity. The species is reported to have three varieties; however, except for a few studies, no molecular systematic research has been conducted to investigate this classification. Morphological studies have yielded conflicting results, highlighting the need for further molecular phylogenetic studies to clarify the taxonomy and conservation status of the species. In this review, molecular phylogenetic studies conducted to date on both the species and its subspecies have been examined, and the methods, samples, and results have been summarized.

**Keywords-** *Altingiaceae, Liquidambar orientalis, phylogeny, systematics*

## **Highlights**

- This review examines molecular phylogenetic studies conducted to date on *Liquidambar orientalis* and its subspecies, summarizing their methodologies, sampling strategies, and findings.
- The review highlights potential genetic regions and approaches that could guide future research on *L. orientalis*.
- *L. orientalis*, a relict endemic species of the Altingiaceae family, is restricted to southwestern Türkiye and Rhodes.
- Previous studies report three varieties of the species; however, molecular systematic investigations addressing this classification remain limited to a few studies and with conflicting results. In this context, conducting comprehensive molecular phylogenetic studies on the species is essential.
- Morphological studies on the species have yielded differing results, indicating the need for more comprehensive molecular phylogenetic research to clarify its taxonomic position and conservation status.
- Because of human activities, habitat fragmentation, grazing, improper balsam extraction practices, and the consequent loss of genetic diversity, approximately half of the *L. orientalis* forests in Turkey have been lost, and this decline continues today.
- Considering that these threats are likely to continue increasing, every study conducted on the species is of great importance for both conservation and management programs as well as for understanding its genetic diversity, and such studies should be encouraged.

## **I. LIQUIDAMBAR CİNSİ**

Altingiaceae familyası (Saxifragales Bercht. & J.Presl), moleküler filogenetik çalışmalar öncesinde Hamamelidales takımının Hamamelidaceae familyası olarak sınıflandırılıyordu; günümüzde ise Hamamelidaceae'nın bu kapsamı revize edilmiş ve Altingiaceae ayrı bir familya olarak kabul edilmiştir [1, 2, 3, 4]. Daha önceleri bazı araştırmacıların dikkat çekmesine rağmen, Altingiaceae familyası ise 21. yüzyıla kadar *Liquidambar* (4 tür), *Altingia* Noronha (8-11 tür) ve *Semiliquidambar* Hung T. Chang (3 tür) cinslerinden oluşurken, yapılan moleküler filogenetik çalışmalar *Semiliquidambar*'ın *Liquidambar* ve *Altingia* hibritlerinden oluştuğunu, *Liquidambar* ve *Altingia* parafiletik olduğu için *Liquidambar* cinsinin bu diğer iki cinsi de kapsamı gerektiğini ve Altingiaceae familyasının sadece *Liquidambar* cinsini içerdiğini göstermiştir [örneğin, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11].

*Liquidambar* L. (Altingiaceae Lindl.) cinsi boy lu (15-40 m), yaprak dök en, elsi yapraklı, 1-2 cm çapında ufak globular inflorasensler şeklinde çiçeklere sahip, meyveleri 2-4 cm uzunluğunda, odunsu, içinde birçok tohum

bulunduran multiple kapsül şeklinde ağaçlardır [1, 2, 3, 4]. On beş (15) tür ile temsil edilen cins (Tablo 1), güneydoğu ve doğu Asya, doğu Akdeniz ve Kuzey Amerika kıtasının doğusunda yayılış gösterir, ve genelde rüzgarla tozlaşır [7]. Halihazırda bu türlerden biri Orta ve Kuzey Amerika'da (*L. styraciflua* L.), 13 tanesi ise Güneydoğu Asya'da yayılış göstermektedir [12]. *Liquidambar* türleri üzerinde izozim [örneğin, 5,6] ve moleküler [örneğin, 7, 8, 9, 10, 13, 14] çalışmalar, Türkiye'de yayılış gösteren *L. orientalis* ve yeni Dünya'da yayılış gösteren *L. styraciflua*'nın filogenetik olarak diğerlerinden daha yakın olduğunu göstermiş, ancak Morris vd. [15] bunu doğrulamamıştır.

**Tablo 1.** Halihazırda kabul edilmiş *Liquidambar* türleri (Smilyanets vd. [12] değiştirilmiştir).

| Tür                   | Yayılış                                                                                                                                       |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>L. acalycina</i>   | Çin Güney-Orta, Çin Güneydoğu                                                                                                                 |
| <i>L. cambodiana</i>  | Kamboçya                                                                                                                                      |
| <i>L. caudata</i>     | Çin Güneydoğu                                                                                                                                 |
| <i>L. chinensis</i>   | Çin Güney-Orta, Çin Güneydoğu, Hainan, Vietnam                                                                                                |
| <i>L. chingii</i>     | Çin Güney-Orta, Çin Güneydoğu, Vietnam                                                                                                        |
| <i>L. excelsa</i>     | Assam, Bangladeş, Kamboçya, Çin Güney-Orta, Doğu Himalaya, Cava, Laos, Küçük Sunda Adaları, Malaya, Myanmar, Sumatra, Tayland, Tibet, Vietnam |
| <i>L. formosana</i>   | Çin Kuzey-Orta, Çin Güney-Orta, Çin Güneydoğu, Hainan, Kore, Laos, Tayvan, Vietnam, Assam, Doğu Himalaya, Hindistan, Ukrayna                  |
| <i>L. gracilipes</i>  | Çin Güneydoğu                                                                                                                                 |
| <i>L. multinervis</i> | Çin Güney-Orta                                                                                                                                |
| <i>L. obovata</i>     | Hainan                                                                                                                                        |
| <i>L. orientalis</i>  | Doğu Ege Adaları, Türkiye                                                                                                                     |
| <i>L. poilanei</i>    | Vietnam                                                                                                                                       |
| <i>L. siamensis</i>   | Kamboçya, Çin Güney-Orta, Çin Güneydoğu, Laos, Tayland, Vietnam                                                                               |
| <i>L. styraciflua</i> | ABD, El Salvador, Meksika, Guatemala, Honduras                                                                                                |
| <i>L. yunnanensis</i> | Çin Güney-Orta, Vietnam                                                                                                                       |

Cins, Kuzey Amerika ve Doğu Asya arasındaki ayrık dağılımı (dispersif/relikt dağılım) temsil eden birçok örnekten biri olduğu için araştırmacıların büyük ilgisini çekmiştir [13]. Bu fragmantasyonun nedeni olarak biyocoğrafik olaylar, iklim değişikliği, tohum yayılma mekanizması, ve insan etkisi başta olmak üzere birçok fikir ortaya atılmıştır [14]. Detaylı bir biyocoğrafik anlatım için kapsamlı bir çalışma olan Özdilek vd. [13] incelenebilir. Ancak özetle Özdilek vd. [13] “Doğu Kuzey Amerika ve Doğu Asya florası arasındaki değişimlerin Kuzey Atlantik Kara Köprüsü üzerinden iki rota ile açıklanabileceği, ilk rotanın Avrupa ile Doğu Kuzey Amerika arasında, ikinci rotanın ise Doğu Asya ile Avrupa arasında gerçekleşmiş olabileceği, ancak Grönland üzerinden özellikle güney rotasının daha olası olduğu, *Liquidambar* cinsinin Pleistosen öncesinde Güney Avrupa, Orta ve Doğu Avrupa ile Türkiye'de yaygın olduğunu, Miosen dönemi soğuma olaylarının ise bu sürekliliği engellediğini, *Liquidambar* fosillerinin İtalya'da bulunması ile de Tersiyer dönemde cinsin Avrupa'da geniş bir dağılıma sahip olduğunu ve günümüzdeki ayrışmanın buzul çağlarından kaynaklandığı” belirtmiştir.

Cins, Kuzey yarımkürede uzun bir geçmişe sahiptir ve Tersiyer döneminde çok daha geniş bir alana yayılmıştır [13]. Kuzey Atlantik ve Bering Boğazı ile birbirine bağlı ve geniş bir yayılışa sahip olan bitki popülasyonları Tertiary ve Quaternary buzul dönemlerde türlerinin çoğunu kaybetmiş ve Türkiye, Doğu Amerika ve Doğu Asya gibi bazı ılıman bölgelere sığınmış, ve buralarda halen varlığını devam ettirmektedir [13]. Günümüzdeki dağılık dağılımı, daha geniş bir Miyosen aralığının parçalanmasının bir sonucudur [5]. Üç kıtadan dört türle yapılan önceki araştırmalar, türler arasındaki izoenzim farklılıklarının, morfolojik benzerliklere rağmen yüksek olduğunu göstermiştir [5, 6].

*Liquidambar* türlerinin ayrılma zamanının 8,6 MYA olduğu ve bunun Tersiyer döneminin Geç Miyosen'ine denk geldiği, *L. styraciflua* ve *L. orientalis*'in ayrılma zamanının ise yaklaşık bir milyon yıl sonra olduğu, muhtemelen iki türün Kuzey Atlantik Kara Köprüsü yoluyla daha uzun bir süre boyunca bir arada kaldığı bildirilmiştir [5, 12]. Ancak genel olarak cinsin Tertiary periodda (yaklaşık 60 milyon yıl önce) çok geniş bir yayılıma sahipken zamanla daralarak günümüzdeki durumuna geldiği düşünülmektedir [16, 17].

## II. LIQUIDAMBAR ORIENTALIS

Birçok araştırmacı tarafından Türkiye relikt endemiği sayılan *Liquidambar orientalis* Mill. ise ortalama 20 m (10-35 m) uzunluğunda, çiçekleri tek cinsiyetli ve evcikli, Mart-Nisan arası çiçeklenen, arılar tarafından döllen, uzun ömürlü (200-300 yıl yaşayabilen), bataklıklar, nehir kıyıları ve kıyı bölgeleri gibi zengin, derin ve

rutubetçe zengin, alüvyal, kil ve balçık toprakları tercih eden (ancak yamaçlarda ve kuru topraklarda da yetişebilen), yarı gölge veya gölgesiz yerlerde büyüeyebilen bir türdür [1, 3, 18, 19]. Son buzullar Türkiye'deki biyolojik çeşitliliği etkilememiştir. Bu nedenle, *L. orientalis* dahil birçok endemik ve kalıntı tür, ülkemizde sığınak bulmuştur [20]. Anadolu Sığla ağacı odun ve iç kabuğundan elde edilen, ve endüstride gıda katkı maddesi, halk arasında ise iritatan, balgam söktürücü, cilt merhemi, yüz losyonu, antibakteriyel, antienflamatuvar, antiseptik, göğüs rahatlatıcı, kalp hastalığı, kaşıntı ve kanser tedavisi gibi birçok alanda kullanılabilen balsamı ile bilinir [3, 13, 18, 21, 22, 23, 24].

Türün dağılımı ağırlıklı olarak Güneybatı Türkiye ve Rodos Adası'nda 0-1000 metre rakım aralığında sınırlı olup, yaşaması için en uygun rakım 0-400 metre arasında, yıllık 1000-1200 mm yağış ile ortalama 18°C sıcaklıktır [3, 4]. Türün ormanları, 1) Muğla ili Dalyan ve Köyceğiz arasında yer alan Özel Çevre Koruma Bölgesi, 2) Marmaris, 3) Aydın ili Çine, Köşk ve Umurlu ilçeleri arasında uzanan iç bölge, 4) Antalya yolundaki Karacaören baraj gölü boyunca, 5) Burdur'un Bucak ilçesi ve 6) Denizli ilinin Beyağaç ve Tavas ilçelerinde bulunur. Özetle yoğun yayılış gösterdiği yerler Muğla (Marmaris, Fethiye, Köyceğiz, Dalaman, Ula), daha az olmakla beraber Aydın, Denizli, Burdur, Isparta ve Antalya illerinin bazı bölgeleridir [4, 23, 25]. Yukarıda da kısaca değinildiği üzere cinsin Türkiye dışında Rodos, 12 Adalar ve Kuzey Suriye'de de yayılışı olduğuna dair bilgiler bulunmaktadır, ancak bunların kültüre alınmış formlar olup olmadıkları meçhuldür [3, 18, 22, 23, 26, 27, 28].

1940'lardaki 6000-7000 hektarlık alandan günümüze kadar türün dağılımı önemli ölçüde azalmış olsa da, mevcut koruma önlemleri ve altyapı, kayıpları durdurmaya yardımcı olmuş ve hafif iyileşmelere yol açmıştır [29]. Yine de son 60 yıl içinde, Türkiye'de *L. orientalis* ormanlarının yarısının kaybolduğu, ve başlıca nedenlerin insan etkisi, habitat parçalanması, otlatma, yanlış balsam çıkarma yöntemleri ve dolayısıyla genetik çeşitliliğin azalması olduğu belirtilmiştir [1, 3, 22, 25, 30]. Örneğin, ağaçtan elde edilen yağ miktarı sadece 60 yıl içinde 180 tondan bir (1) tona düşmüştür [28]. Aynı şekilde sadece 85 yıl içinde türün yayılış alanı 6300 hektardan 1350 hektara düşmüştür [2, 31]. Hatta bu tahribat nedeniyle tür, IUCN tarafından "doğada savunmasız ve gelecekte kritik derecede tehlike altında" olarak tanımlanmıştır [32, 25, 33, 34]. Arslan ve Şahin [4] bu türün korunması ve yeniden kazandırılması adına çevre etliği araçlarının kullanılabileceği, ağacın hem odun hem de odun dışı kullanım potansiyelinin artırılması gerektiği gibi bazı koruma önerileri sunmuş, sığla ormanlarının azalmasının nedenlerinden biri olarak Amerikan sığla balsamının piyasada yer almasını ve sentetik ürünlerin büyük pay sahibi olmasını göstermektedir. Ancak bu konuda herhangi bir adım atılıp atılmadığı meçhuldür. Bu tehditlerin artarak devam edeceği göz önüne alınırsa hem koruma ve yönetim programları, hem de genetik çeşitliliği anlamının önemi açısından tür üzerinde yapılan her çalışma büyük önem arz etmektedir [1].

Anadolu sığla ağacının *L. orientalis* var. *orientalis*, *L. orientalis* var. *integriloba* ve *L. orientalis* var. *suber* olmak üzere üç (3) varyetesi olduğu bildirilmiş, ancak birkaç çalışma [örneğin 1, 13, 27] haricinde bu sistematigi araştıran herhangi bir moleküler sistematik çalışma olmamıştır. Morfolojik çalışmaların [örneğin, 35, 36] sonuçları ise çelişmektedir. Örneğin, Peşmen [36] revizyon çalışmasında *L. orientalis* var. *orientalis* ve *L. orientalis* var. *integriloba*'yı yapraklardaki loplara varlığına ve yokluğuna göre sınıflandırılmış iken, Efe'nin [35] saha çalışmalarında bu çeşitler gözlemlenmemiştir.

### III.CİNS ÜZERİNDE YAPILMIŞ MOLEKÜLER FİLOGENETİK ÇALIŞMALAR

Cins üzerinde şimdiye kadar yapılmış, ancak gelecekte *L. orientalis* açısından da önemli olabilecek genetik ve filogenetik çalışmalara kronolojik olarak bakacak olursak:

Hoey ve Parks [5] Türkiye, Kuzey Amerika ve Doğu Asya *Liquidambar* örnekleri üzerinde yaptıkları izozim çalışmasında cinsin Miosen öncesi veya sırasında türleşmeye başladığını, benzer morfolojilere rağmen türler arası genetik farklılığın normalden fazla olduğunu, Kuzey Amerika'nın doğusu ile Türkiye türlerinin daha yakın akraba olduğunu, Kuzey Amerika ve Asya popülasyonlarının hem Kuzey Atlantik hem de Kuzey Pasifik yoluyla Miosen'e kadar bağlantı halinde kaldığını ortaya çıkarmıştır.

Hoey ve Parks [6] Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Meksika ve Çin'de dağılım gösteren *L. styraciflua*, *L. formosana* ve *L. acalycina* popülasyonlarının genetik yapısını incelemiş, örüntünün geçmiş iklim olaylarından etkilendiğini, rüzgarla döllen bitkilere nazaran bu türlerin genetik çeşitliliğinin daha az olduğunu göstermiştir. Yine çalışmanın sonuçları güneydoğu ABD ve doğu Meksika olmak üzere *L. styraciflua*'nın iki gen merkezi olduğunu, Meksika popülasyonlarının ise diğeriyle yakın olmasına rağmen yine de daha eski olduğunu (ancak ayırımın görece olarak yeni olduğunu) ortaya çıkarmıştır. Meksika'daki popülasyonların eski olmasının, Meksika'ya Miyosen Dönemi'nde gelen ılıman elementle tutarlı olduğunu, Meksika'daki popülasyonlar arasında daha fazla genetik çeşitlilik olduğunu, ancak ABD popülasyonlarındaki yapının Pleistosen Dönemi'ndeki buzul genişlemeleri nedeniyle silindiğini, Meksika'daki popülasyonların bu buzul hareketlerinden nispeten etkilenmediğini öne sürmüştür.

Li vd. [7] *matK* plastid bölgesi kullanarak parsimonik analizler gerçekleştirmiş, sonuçlar ise *L. orientalis* ile *L. styraciflua* arasındaki yakın ilişkiyi desteklemiş ve bu iki türün ayrışmasının fosillerle uyumlu olarak en az 45 milyon yıl önce gerçekleşmiş olabileceği öne sürmüştür.



Li ve Donoghue [8] *matK* plastid bölgesine ilaveten, ITS, *trnL* intron ve e GBSS (Granule-Bound Starch Synthase) exon 9-exon 12 bölgesini dizilemiş, sonuçlar ise araştırmacıların bir önceki çalışmasını desteklemiştir.

Shi vd. [9] *matK*, ITS, *psaA-ycf3* intergenik spacer ve MP yöntemi kullanarak yaptıkları çalışmalarında *Liquidambar*, *Altingia* ve *Semiliquidambar* cinslerinin polifiletik olduğunu ve bu nedenle Altingiaceae familyasının tekrar gözden geçirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Ickert-Bond vd. [37] kırk-üç (43) morfolojik karaktere ve *matK* plastid bölgesi verisine dayanarak yaptığı analizlerde çelişkili sonuçlar elde etmiştir. Kladistik analizler *Liquidambar*'ın monofiletik olduğunu ve *Altingia*'nın onun kardeş grubu olduğunu gösterirken, filogenetik analizler *Altingia*'yı *L. acalycina*–*L. formosana* kladının kardeşi olarak konumlandırarak *Liquidambar*'ı parafiletik hale getirmektedir. Yine fosillere dayanarak Altingiaceae'nin kıtalararası biyocoğrafik ayrılımlarının oldukça karmaşık olduğunu öne sürmüştür.

Ickert-Bond ve Wen [10] beş (5) kloroplast bölgesine (*trnL-trnF*, *psaA-ycf3*, *rps16*, *trnS-trnG*, *TrnG* ve *rbcL*) dayanarak öncesinde *Altingia* ve *Semiliquidambar* olarak adlandırılan taksonların da aslında *Liquidambar* cinsi içinde yer aldığını MP (Maximum Parsimony), ML (Maximum Likelihood) ve BI (Bayesian Inference) analizleri ile kanıtlamış, ve cinsi monofiletik hale getirmiştir. Cinsin yaşı ise Cretaceous olarak verilmiş, cinsin Dogu Asya'dan köken aldığı ve ayrı dağılımın (disjunct distribution) Bering ve Kuzey Atlantik kara köprüsü ile gerçekleştiği belirtilmiştir.

Or [25] yüksek lisans tezinde 18 *L. orientalis* popülasyonunun *trnT-trnF* DNA bölgesini örneklemiş, *L. styraciflua*, *L. macrophylla*, *L. formosana*, *L. acalycina* olmak üzere diğer türleri de çalışmasına eklemiştir. Yedi (7) popülasyonun korunma ihtiyacı gösterdiğini, Muğla-Yatağan popülasyonunun ise en fazla polimorfik site içerdiğini ortaya koymuştur. Diğer çalışmalara benzer olarak yine *L. styraciflua*'nın Anadolu sığla ağacının en yakın akrabası olduğunu, erken Oligosen/Miyosen döneminde ayrışmalarına rağmen morfolojik ve filogenetik açıdan yakın kaldıkları belirtilmiştir. Kıtalararası ayrışmalarına rağmen bu benzerlik, düşük morfolojik evrim oranları veya yakınsak evrimle açıklanmaktadır. Araştırma, bu iki türün Kuzey Amerika ile Avrupa arasındaki kara köprüsü aracılığıyla genetik olarak karıştıklarını ve bu nedenle morfolojik ve genetik olarak çok farklı türler olmadıklarını öne sürmektedir.

Özdilek [1] yüksek lisans tezinde *matK* gen bölgesini kullanarak *L. orientalis* varyeteleri arasındaki genetik farklılığı araştırmış, 18 popülasyon örnekleyerek Amerikan sığla ağacının Çin türlerine nazaran Türk sığla ağacına daha yakın olduğunu, ülkemiz sınırlarında yayılış gösteren popülasyonlarda farklı popülasyonlar arasında büyük farklılıklar yokken, aynı popülasyon içindeki bireyler arasında çeşitliliğin oldukça yüksek olduğunu ve özellikle bu popülasyonlardan 10 tanesinin korumaya muhtaç olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Doğaç [27] 320 *L. orientalis* popülasyonu arasındaki genetik çeşitliliği RAPD (rastgele üretilen polimorfik DNA) primerleri kullanarak araştırmış, ve sonuç olarak popülasyonlar arası genetik çeşitliliğin fazla olmadığını, yine *L. orientalis* var. *orientalis* ve *L. orientalis* var. *integriloba* varyeteleri arasında herhangi bir genetik farklılık olmadığını, yalnızca morfolojik düzeyde farklar olduğunu göstermiştir.

Morris vd. [15] *L. styraciflua*'nın filoğrafik konumunu hem filogenetik hem de moleküler tarihleme analizleri ile Orta ve Kuzey Amerika'dan 24 popülasyondan 117 birey ve 2200 baz çifti (bp) plastid data (*atpB-rbcL*, *psaA-trnH*, *psbE-petL*, ve *trnL* intron) ve birçok fosil kalibrasyon noktası kullanarak incelemiş, sonuç olarak ise paylaşılan atasal polimorfizmler ve gözlemlenen genetik sinyalin, türlerin ayrışmasından daha eski olduğunu, ancak ABD içinde ayrışmanın 8 milyon yıl (Ma) kadar eski olduğunu, hatta ABD içindeki bu ayrışmanın ABD ile Meksika arasındaki popülasyonlara göre daha fazla olduğunu göstermiştir. Ayrıca çalışmanın sonuçları Florida Yarımadası ile doğu Atlantik'in Pleistosen boyunca sığınak görevi gördüğünü belirten çalışmaları da desteklemiştir. Hoey ve Parks [6] ile sonuçlarının farklı çıkmasını ise polen ve tohum aracılığıyla gen akışındaki değişikliklerden kaynaklanabileceği, *L. styraciflua*'nın polen ve tohumlarının (rüzgarla) sınırlı yayılımı nedeniyle yerel genetik yapı farklılıklarının gözlemlenebileceği olarak yorumlamıştır. Kloroplast DNA'sının yavaş evrimleşmesi de bu farklılıkların nedenlerinden biri olarak gösterilmiştir.

Albayrak ve Arıcan [38] RAPD markırları ile beş (5) doğal *L. orientalis* popülasyonunun incelemiş, en yüksek benzerliğin Köyceğiz ve Çine popülasyonları arasındayken, en düşük benzerliğin Günlüklü ve Karacaören popülasyonları arasında olduğunu ortaya koymuştur.

Wu vd. [11] *Liquidambar* ve *Altingia* arasında hibridizasyonu *pin2*, *cab4* ve *matK* DNA bölgelerini kullanarak ortaya çıkarmış, *Semiliquidambar*'ın sadece bu iki grup arasında ortaya çıkmış bir hibrid olduğunu belirlemiştir.

Özdilek vd. [13] gerçekleştirdiği çalışmada 18 *L. orientalis* popülasyonunu *matK* plastid bölgesini kullanarak örneklemiştir. MP analizleri sonucunda Kuzey Atlantik kara köprüsünün erken Tertiary'de Güney Doğu Avrupa ve Kuzey Amerika arasındaki yayılımı sağladığı, Muğla'nın ise *L. orientalis* var. *integriloba* popülasyonları için hem gen hem de buzul dönemde sığınma merkezi olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca MP filogenetik ağacı *L. styraciflua* ve *L. orientalis*'in daha yakın, Doğu Asya türlerinin ise daha uzak akraba olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu da sonuç olarak Kuzey Atlantik Kara Köprüsü'nün Güneydoğu Asya ile Doğu Amerika arasında erken Tertiary dönemde cinsin yayılımını kolaylaştırdığını göstermektedir. Moleküler tarihleme ile ise cinsin 8.6 Ma önce (Geç Miyosen dönemi) ayrılmaya başladığını, *L. styraciflua* ile *L. orientalis*'in bu ayrışma sürecinin yaklaşık bir milyon yıl sonrasında (7,35 Ma) evrildiği tahmin edilmiştir.

Ickert-Bond ve Wen [39] yirmi-dört (24) herbaryumdan 1500 *Liquidambar* örneği inceleyerek ve daha önceki moleküler filogenetik, morfolojik ve anatomik çalışmalara dayanarak yeni bir sınıflandırma sistemi önermiştir.

Ruiz-Sanchez ve Ornelas [40] kuzey-doğu Texas ve Meksika'dan 19 ayrıık dağılıma sahip *L. styraciflua* popülasyonunu (160 birey) iki plastid DNA bölgesi (*psbA-trnH* ve *psbE-petL*) kullanarak karşılaştırmış, filoçoğrafik analizleri, Trans-Meksika Volkanik Kuşağı'nın her iki tarafında özel haplotiplerin dağılımını ve gen akışının yokluğunda yaklaşık 4,2–1,4 milyon yıl önce gerçekleşen bir bölünmeyi ortaya koymuştur. Tür dağılımı modelleme sonuçları, Körfez ve Atlantik kıyılarında bir sığınak modeline işaret ederken, ABD ve Mezoamerika popülasyonlarının buzul döngüleri süresince birbirinden ayrı kaldığını ortaya koymaktadır. *L. styraciflua* popülasyonları arasındaki ayrışma (8,4–2,8 MYA) ve dengesiz gen akışı, Pliosen döneminde Mezoamerika'dan ABD'ye uzun mesafeli bir göçün gerçekleştiğini ve son buzul ilerlemesi (120.000 yıl BP) ile popülasyonların ayrıştığını desteklemektedir. Bulgular, Trans-Meksika Volkanik Kuşağı'nın *L. styraciflua*'nın genetik farklılaşmasında kısmi bir bariyer görevi gördüğünü ve ABD'deki popülasyonların Mezoamerika kökenli olduğunu göstermektedir.

Alan [30] dokuz (9) *L. orientalis* popülasyonunun genetik parametreleri, farklı ailelerden alınan açık polinasyonlu tohumlar kullanılarak ortak bir bahçe testinde değerlendirmiş ve sonuç olarak önemli genetik varyasyonlar olduğunu ve marginal popülasyonlarda gövde çapı ve taç çapının daha yüksek kalıtsallığa sahip olduğunu, optimal popülasyonlarda ise boyun daha yüksek kalıtsallığa sahip olduğunu göstererek genetik koruma için önemli veriler sunmuştur.

Alan vd. [41] onsekiz (18) *L. orientalis* popülasyonu moleküler belirteçlerle, tohum verileriyle ve istatistik yöntemleriyle incelemiş, popülasyonlar arasında önemli düzeyde farklılıklar bulmuş, genetik çeşitliliği en yüksek dokuz adet popülasyonu (Bozdağ, Çetibeli, Değirmenyani, Günlükbaşı, Günnücek, Kıyra, Köyceğiz, Yatağan, Yılanlı) belirlenmiş, ve aralarında Bozdağ ve Yatağan popülasyonlarının en farklı olduğunu öne sürmüştür.

Alan ve Ezen [42] dokuz (9) popülasyondan alınan tohumlar ile yaptıkları analizler sonucunda popülasyonlar arasındaki varyansların popülasyonlar içindeki aileler arasındaki varyanslardan daha yüksek olduğunu, gelecekteki adaptasyon ve dayanıklılık açısından Bozd, Gunn, Ceti ve Yata popülasyonları koruma için önemli birer ünite olabileceğini göstermiştir.

Tarulla vd. [43] Saxifragales üzerinde plastid, çekirdek ve mitokondriyal 68 gen bölgesi kullanarak yaptığı çalışmada ise 351 birey içinde *Liquidambar* örneklerini dış grup olarak kullanmış, ancak cinsin yaşını 7.1 (2.0–11.7) Ma olarak bulmuştur. Yine taksonun biyocoğrafik yayılımı da Avrupa'dan Kuzey-doğu Amerika'ya doğru olarak belirtmiştir.

Doğaroğlu vd. [14] Batı Anadolu'da yayılış gösteren 12 popülasyondan toplam 154 bireyin plastid *psaA/ycf3* gen bölgesi kullanarak çalışmış, network analizlerinin sonucu olarak ise Fethiye-Yanıklar, Marmaris-Ulusal Park, ve Fethiye-İnlice popülasyonlarının diğerlerine göre daha fazla genetik çeşitlilik barındırdığını, ve bu nedenle koruma programlarında öncelikli olması gerektiğini savunmuştur. Çalışma, *L. orientalis*'in genetik çeşitliliğinin büyük oranda popülasyonlar arasındaki farklılıklardan kaynaklandığını da göstermektedir. Genetik çeşitlilik, bir türün uzun vadede hayatta kalması ve ekosistemlerin sürdürülebilirliği için önemli görülmektedir ve bu türün varlığını sürdürebilmesi için hem in-situ hem de ex-situ koruma stratejilerinin geliştirilmesi önerilmektedir. Ayrıca, iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkilerini hafifletmek amacıyla genetik çeşitlilik çalışmalarının önemine dikkat çekilmektedir.

Xu vd. [44] ise hem GenBank'tan elde ettikleri hem de kendi ürettikleri 15 tüm genom dizisini çeşitli filogenetik, ekolojik niş modelleme ve popülasyon analizleri (örneğin, demografik tarih, genomik diverjans, iklimsel adaptasyon) gibi yöntemlerle incelemiş, *L. formosana* ve *L. acalycina* türlerinin iklim değişikliklerine ve üreme izolasyonuna bağlı olabilecek önemli farklılıklarını bulmuş, geç Miyosen döneminde türlerin coğrafik olarak ayrılıp farklılaştığını, Holosen döneminde ise yeniden temas kurduğunu ortaya koymuş, genomda, özellikle uzun süreli izolasyon ve düşük rekombinasyonlu bölgelerdeki farklı gen alışverişi nedeniyle yüksek farklılaşma gösteren adacıklar tespit etmiştir. Yazarlar çalışmalarının cins üzerinde yapılacak evrimsel, koruma ve moleküler islah çalışmalarına da ışık tutabileceğini ifade etmiştir.

Yüzer vd. [yayınlanmamış] Muğla ilinde bulunan 190 *L. orientalis* bireyinin genetik çeşitliliğini ISSR yöntemi ile incelemiş, analiz sonuçları ise genetik çeşitliliğin büyük kısmının popülasyonlar arasında olduğunu ve gen akışının nesil başına çok düşük bir seviyede olduğunu, bu popülasyonların genetik çeşitliliklerinin geleceğinin yüksek tehlike altında olduğunu, Fethiye Günlüklü, Fethiye İnlice ve Kızılyaka gibi bazı popülasyonlara koruma programlarında öncelik verilmesi gerektiğini göstermiştir. Ayrıca *L. orientalis* var. *orientalis* ve *L. orientalis* var. *integriloba* varyetelerinin birbirinden belirgin bir şekilde ayrıldığını, ancak UPGMA metodu ile popülasyonların üç gruba ayrıldığını bulmuştur.

Bu çalışmaların haricinde çeşitli araştırmacılar tarafından [örneğin, 46, 47] altı (6) sığla ağacı türünün (*L. acalycina* Chang, *L. chinensis*, *L. formosana*, *L. orientalis*, *L. styraciflua*, *L. yunnanensis*) tüm kloroplast genomu başarılı bir şekilde dizilenmiştir. Aynı şekilde, birçok çalışma da moleküler teknikler kullanılsa da türün geleceği için literatüre önemli katkılar sağlamıştır. Örneğin, Ürker ve Günlü [34] analitik hiyerarşi süreci yöntemini

kullanarak, Anadolu sığla ağacının uygun yaşam koşulları sayesinde varlığını sürdürebileceği alternatif in situ koruma alanlarını belirleme amacıyla yaptıkları çalışmada toprak ve iklim faktörlerinin potansiyel ağaçlandırma alanlarını belirlemede en önemli kriter olduğunu, alüvyal, alüvyal kıyı ve hidromorfik topraklar ile 6–10 °C arası ortalama kış sıcaklığının belirleyici olduğunu, türün doğal yayılış gösterdiği akıntı boyu habitatların ise en uygun ağaçlandırma alanları olduğu tespit edilmiştir. Yine Kenar [17] modelleme teknikleri uyguladığı çalışmasında en yağışlı aydaki yağış seviyesinin doğu sığla ağacının varlığını belirlemede kritik bir rol oynadığını ve bu yüzden artan sıcaklıklar, azalan yağış seviyeleri, turizm ve habitat yıkımı gibi insan etkileri nedeniyle doğal dağılım alanının gelecekte önemli ölçüde daralacağını, türün insan kaynaklı etkiler ve iklim değişikliğinin kalıcı etkileri karşısında korunmasına yönelik çabaların aciliyet derecesini artırmanın zorunlu olduğunu öne sürmüştür.

#### IV.SONUÇLAR

*Liquidambar orientalis* türünün dağılımı günümüze kadar önemli ölçüde azalmış olsa da, mevcut koruma önlemleri ve altyapı, kayıpları durdurmaya yardımcı olmuş ve hafif iyileşmelere yol açmış, ancak yine de özellikle son 85 yıl içinde, Türkiye’de *L. orientalis* ormanlarının yarısının kaybolduğu ve bunun başlıca nedeninin insan etkisi olduğu aşikardır. Bu tehditlerin artarak devam edeceği göz önüne alınırsa hem koruma ve yönetim programları, hem de genetik çeşitliliği anlamının önemi açısından tür üzerinde yapılan her çalışma büyük önem arz etmektedir ve bu çalışmalar teşvik edilmelidir. Ayrıca türün *L. orientalis* var. *orientalis*, *L. orientalis* var. *integribola* ve *L. orientalis* var. *suber* olmak üzere üç (3) varyetesi olduğu bildirilmiş, ancak birkaç çalışma haricinde bu sistematigi araştıran veya destekleyen herhangi bir moleküler sistematik çalışma bulunmamaktadır. Hatta var olan çalışmaların sonuçları birbirleriyle çelişmektedir. Bu bağlamda tür altı moleküler filogenetik çalışmaların ivedilikle yapılması da büyük önem arz etmektedir. Bu derlemeye dahil edilen çalışmalar tür üzerinde Türkiye’de şimdiye kadar yapılmış tüm filogenetik çalışmaları içermektedir. Ancak cins üzerinde yapılmış bazı filogenetik çalışmalar da gelecekte *L. orientalis* üzerinde yapılabilecek çalışmalara kullanılabilecek gen bölgeleri ve metodlar açısından ışık tutma potansiyeli taşımaktadır.

#### KAYNAKLAR

- [1] Özdilek, A. (2007). Genetic differentiation of *Liquidambar orientalis* Mill: varieties with respect to *mark* region of chloroplast genome. Y. Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [2] Günel, N. (1994). *Liquidambar orientalis* (Anadolu sığla ağacı)'in güneybatı Anadolu'daki yayılışında relief, iklim ilişkileri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (29), 175-190.
- [3] Alan M, & Kaya Z (2003). EUFORGEN technical guidelines for genetic conservation and use for oriental sweet gum (*Liquidambar orientalis* Mill.) International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, pp. 6. [online]
- [4] Arslan, M., & Şahin, H. (2016). Unutulan bir orman ürünü kaynağı: anadolu sığla ağacı (*Liquidambar orientalis* Miller). *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 18(1), 103-117.
- [5] Hoey, M. T., & Parks, C. R. (1991). Isozyme divergence between eastern Asian, north American, and Turkish species of *Liquidambar* (Hamamelidaceae). *American Journal of Botany*, 78(7), 938-947.
- [6] Hoey, M. T., & Parks, C. R. (1994). Genetic divergence in *Liquidambar styraciflua*, *L. formosana*, and *L. acalycina* (Hamamelidaceae). *Systematic Botany*, 308-316.
- [7] Li, J., Bogle, A. L., & Klein, A. S. (1997). Interspecific relationships and genetic divergence of the disjunct genus *Liquidambar* (Hamamelidaceae) inferred from DNA sequences of plastid gene *matK*. *Rhodora*, 229-240.
- [8] Li, J., & Donoghue, M. J. (1999). More molecular evidence for interspecific relationships in *Liquidambar* (Hamamelidaceae). *Rhodora*, 101(905), 87-91.
- [9] Shi, S., Huang, Y., Zhong, Y., Du, Y., Zhang, Q., Chang, H., & Boufford, D. E. (2001). Phylogeny of the Altingiaceae based on cpDNA *matK*, PY-IGS and nrDNA ITS sequences. *Plant Systematics and Evolution*, 230, 13-24.
- [10] Ickert-Bond, S. M., & Wen, J. (2006). Phylogeny and biogeography of Altingiaceae: evidence from combined analysis of five non-coding chloroplast regions. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 39(2), 512-528.
- [11] Wu, W., Zhou, R., Huang, Y., Boufford, D.E. & Shi, S., 2010. Molecular evidence for natural intergeneric hybridization between *Liquidambar* and *Altingia*. *Journal of Plant Research*, 123, 231-239.
- [12] Smilyanets, N., Vakulenko, T., & Svitylko, I. (2024). Morphological structure of infructescence, fruits, and seeds of some species of the Genus *Liquidambar* L. species identification. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, 8(1), 65-90.
- [13] Özdilek, A., Cengel, B., Kandemir, G., Tayanc, Y., Velioglu, E., & Kaya, Z. (2012). Molecular phylogeny of relict-endemic *Liquidambar orientalis* Mill based on sequence diversity of the chloroplast-encoded *matK* gene. *Plant Systematics and Evolution*, 298, 337-349.



- [14] Doğaroğlu, T., Günenç, E., Manap, R. Y., Taşkın, V., Taşkın, B. G., & Doğaç, E. (2023). Genetic structure and phylogenetic analysis of *Liquidambar orientalis* Mill. (Altingiaceae) populations based on non-coded psaA/ycf3 intergenic region in the chloroplast genome in Türkiye. *Turkish Journal of Bioscience and Collections*, 7(2), 45-58.
- [15] Morris, A. B., Ickert-Bond, S. M., Brunson, D. B., Soltis, D. E., & Soltis, P. S. (2008). Phylogeographical structure and temporal complexity in American sweetgum (*Liquidambar styraciflua*; Altingiaceae). *Molecular Ecology*, 17(17), 3889-3900.
- [16] Ketenöğlu, O., & Kurt, L. (2008). Anatolian sweet gum tree (*Liquidambar orientalis* Miller). Ankara, Turkey: Pozitif Matbaa.
- [17] Kenar, N. (2024). Predicting the effect of climate change on the geographic range of the Mediterranean relict tree *Liquidambar orientalis* Mill. *Nordic Journal of Botany*, 2024(7), e04250.
- [18] Acatay, A. (1963). Die Verbreitung, neue Varietät (*Liquidambar orientalis* var. suber) und insekten von *Liquidambar orientalis* in der Türkei. *Istanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A 12(2):40–57 (In Turkish, Abstract in German)
- [19] Öztürk, M., Çelik, A., Güvensen, A., & Hamzaoglu, E. (2008). Ecology of tertiary relict endemic *Liquidambar orientalis* Mill. forests. *Forest Ecology and Management*, 256(4), 510-518.
- [20] Ledig FT (1998) Genetic diversity in tree species: with special reference to conservation in Turkey and the eastern Mediterranean. In: Zencirci N, Kaya Z, Anikster, Y and Adams WT (eds) The proc. of international symposium on in situ conservation of plant genetic diversity, Central research institute for field crops, Ankara, Turkey, 231–248
- [21] Önal, S. & S. Özer 1985. Ülkemizdeki sıgla yağı üretimi ve değerlendirilmesindeki sorunlar. Orman Ürünleri Endüstri Kongresi (ORENKO). Trabzon.
- [22] Efe, A. 1997. *Liquidambar orientalis* Mill. (Sıgla ağacı)'ın morfolojik ve palinolojik özellikleri üzerine araştırmalar. *I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi* Seri A. Cilt: 37, Sayı:2, 273-286, İstanbul.
- [23] Günal N (1994) *Liquidambar orientalis* (Anadolu sıgla ağacı)'in Güneybatı Anadolu'daki yayılışında relief, iklim ilişkileri. *Türk Coğrafya Dergisi* 29:175–190
- [24] Sağdıç, O., Özkan, G., Özcan, M., & Özçelik, S. (2005). A Study on inhibitory effects of sıgla tree (*Liquidambar orientalis* Mill. var. *orientalis*) storax against several bacteria. *Phytotherapy Research*, 19(6), 549-551.
- [25] Or, M. (2007). The phylogenetic analysis of *Liquidambar orientalis* Mill. varieties by comparing the non-coding "trn" regions of the chloroplast genome. Y. Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [26] İstek A., 1994, Sıgla Yağı (Storax)'nın Kimyasal Bileşenleri, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [27] Yüzer, Ö. (2019). Muğla iline ait *Liquidambar orientalis* Mill. popülasyonlarının genetik çeşitliliğinin ISSR belirteçleri kullanılarak belirlenmesi. Y. Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- [28] Velioglu, E., Kandemir, G., Tayanç, Y., Çengel, B., Alan, M., & Kaya, Z. (2008). Türkiye'deki sıgla *Liquidambar orientalis* Miller popülasyonlarının genetik yapısının moleküler belirteçlerle belirlenmesi ve koruma stratejileri geliştirilmesi. *Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülten*, 20(339), 43.
- [29] Çelik, A., Guvensen, A., Secmen, O., & Ozturk, M. (1997). Studies on the ecology of *Liquidambar orientalis* Mill. distributed on Aydın mountains. In World Forestry Congress Proceedings (Vol. 2, No. 7).
- [30] Alan, M. (2018). Comparison of genetic parameters between optimal and marginal populations of oriental sweet gum on adaptive traits. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 11(4), 510.
- [31] Akman, Y., 1995. Türkiye Orman Vegetasyonu, *Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi*, s.450.
- [32] Walters, K., & Gillett, H. J. (1998). 1997 IUCN Red List of threatened plants. Compiled by the World Conservation Monitoring Centre.–IUCN. The World Conservation Union, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, lxiv.
- [33] Kavak S & Wilson B (2018) *Liquidambar orientalis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T62556A42326468.
- [34] Ürker, O., & Günlü, A. (2024). Identification of plantation areas for the endangered oriental sweetgum tree (*Liquidambar orientalis* Miller, 1768) in Türkiye. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 21(1), 153-168.
- [35] Efe AG (1987). *Liquidambar orientalis* Mill. (Sıgla ağacı)'ın morfolojik ve palinolojik özellikleri üzerine araştırmalar. *I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi* A. 37: 84-114.
- [36] Peşmen, H., 1972. The Genus *Liquidambar* L. in Davis' Flora of Turkey, Vol. 1, Edinburgh. pp. 261, - 265.
- [37] Ickert-Bond, S. M., Pigg, K. B., & Wen, J. (2005). Comparative infructescence morphology in *Liquidambar* (Altingiaceae) and its evolutionary significance. *American Journal of Botany*, 92(8), 1234-1255.

- [38] Albayrak, G., & Arican, E. (2009). Determination of similarity among Turkish sweet gum (*Liquidambar orientalis* Mill.) populations using RAPD markers. *African Journal of Biotechnology*, 8(2).
- [39] Ickert-Bond, S. M., & Wen, J. (2013). A taxonomic synopsis of Altingiaceae with nine new combinations. *PhytoKeys*, (31), 21.
- [40] Ruiz-Sanchez, E., & Ornelas, J. F. (2014). Phylogeography of *Liquidambar styraciflua* (A ltingiaceae) in Mesoamerica: survivors of a Neogene widespread temperate forest (or cloud forest) in North America?. *Ecology and eEvolution*, 4(4), 311-328.
- [41] Alan, M., Velioglu, E., Ezen, T., Şıklar, S., & Öztürk, H. (2018). Anadolu sığla ağacı (*Liquidambar orientalis* Mill.) beş yaşlı fidanlarında bazı kantitatif karakterlerin çeşitliliği. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 5(1), 74-81.
- [42] Alan, M., & Ezen, T. (2018). Magnitude of genetic variation in seedling traits of *Liquidambar orientalis* populations. *Fresenius Environ. Bull*, 27, 1522-1531.
- [43] Tarullo, C., Rose, J., Sytsma, K., & Drew, B. T. (2021). Using a supermatrix approach to explore phylogenetic relationships, divergence times, and historical biogeography of Saxifragales. *Turkish Journal of Botany*, 45(5), 440-456.
- [44] Xu, W. Q., Ren, C. Q., Zhang, X. Y., Comes, H. P., Liu, X. H., Li, Y. G., Kettle, C.J., Jalonen, R., Gaisberger, H., Ma, Y.Z. & Qiu, Y. X. (2024). Genome sequences and population genomics reveal climatic adaptation and genomic divergence between two closely related sweetgum species. *The Plant Journal*, 118(5), 1372-1387.
- [45] Yüzer, Ö., Tonguç, A., & Doğaç, E. (unpublished). Genetic characterization of endemic *Liquidambar orientalis* populations in Muğla province based on ISSR polymorphism. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1958799/v1>
- [46] Lai, J. X., Lin, F. R., Huang, P., Li, C. H., & Zheng, Y. Q. (2020). Characterization of the complete chloroplast genome of *Liquidambar acalycina* Chang. *Mitochondrial DNA Part B*, 5(2), 1697-1698.
- [47] Shi, Y., & Qin, H. (2020). Complete chloroplast genome sequence of *Liquidambar formosana*, an ancient subtropical landscape plant to China. *Mitochondrial DNA Part B*, 5(3), 2397-2398.