

***POLYGALA L. (POLYGALACEAE) CİNSİNDE
KARŞILAŞTIRMALI EMBRİYOLOJİK ARAŞTIRMA***

**A COMPARATIVE EMBRYOLOGICAL RESEARCH ON
THE GENUS *POLYGALA L. (POLYGALACEAE)***

FATMANUR KIÇAR

PROF. DR. ALİ A. DÖNMEZ

Tez Danışmanı

PROF. DR. HATİCE NURHAN BÜYÜKKARTAL

Eş Danışman

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Biyoloji Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

ÖZET

***Polygala L. (Polygalaceae)* Cinsinde Karşılaştırmalı Embriyolojik Araştırma**

Fatmanur KIÇAR

Yüksek Lisans, Biyoloji Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali A. DÖNMEZ

Eş Danışman: Prof. Dr. Hatice Nurhan BÜYÜKKARTAL

Ağustos 2021, 68 sayfa

Bu araştırma, Türkiye’de doğal olarak yayılış gösteren *Polygalaceae* familyasına dahil *Polygala monspeliaca* L., *P. turcica* Dönmez & Uğurlu, *P. anatolica* Boiss. & Heldr. ve *P. vulgaris* L. türlerinin çiçek tomurcuklarında yapılan embriyolojik, morfolojik ve mikromorfolojik çalışmaları kapsamaktadır. Bu çalışmalarla ilgili *Polygala* türlerinin, morfolojik özellikleri ile embriyolojik özellikleri arasındaki ilişkinin ortaya çıkarılması, embriyolojik gelişimlerin araziden alınan çiçek tomurcuklarında incelenmesi, yapılacak morfolojik ve mikromorfolojik çalışmalarla embriyoloji ile çiçek morfolojisi arasındaki bağlantının daha belirgin hale getirilmesi ve cinsin üreme özelliği için yeni veriler sağlanması amaçlanmıştır. Farklı çiçek tomurcuklarından alınan kesitlerde tohum taslaklarının ortotrop (atrop) şekilde teşekkül ettiği, bitegmik (çift integumentli) olduğu ve tohum taslaklarının krassinusellat tipte görüldüğü belirlenmiştir. Ayrıca *polygonum*

tipi embriyo kesesi gelişiminde antipodalların erken kaybolduğu belirlenmiştir. Bu verilerin sonucunda karşılaştırılan türlerin embriyolojik olarak farklılık göstermediği belirlenmiştir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve stereo mikroskop incelenmelerinde petal yüzeyinde çok sayıda düzensiz girintili çıkıntılı bölümlerin olduğu ve gelişim evreleri tamamlandıkça kütikula yoğunluğunun arttığı tespit edilmiştir. Stereo çalışmalarımız sırasında ise stigma loblarının ayrı görüldüğu, stamenlerdeki filamentlerin korolla loplarına yapışık kılıf içinde geliştiiği ve tomurcukların gelişim evreleri boyunca stilusların büyük ölçüde uzadığı gözlemlenmiştir. Embriyolojik, morfolojik ve mikromorfolojik çalışmalarımız sonuçlarımızı destekler niteliktedir. Türler arasında morfolojik ve embriyolojik bakımdan anlamlı farklar bulunmamıştır. Araştırmada, Türkiye'deki bazı *Polygala* türlerinin embriyolojik gelişimi ve özellikleri ilk defa çalışılarak akraba taksonlar arasında karşılaştırmalı sistematik çalışmalara veri sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Embriyoloji, Embriyo kesesi, *Polygalaceae*, *Polygala*, SEM, Türkiye

ABSTRACT

A Comparative Embryological Research on the Genus *Polygala* L. (*Polygalaceae*)

Fatmanur KIÇAR

Master of Science, Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Ali A. Dönmez

Co-supervisor: Prof. Dr. Hatice Nurhan BÜYÜKKARTAL

August 2021, 68 pages

This research covers the embryological, morphological and micromorphological study of the flower buds of *P. monspeliaca* L., *P. turcica* Dönmez & Uğurlu, *P. anatolica* Boiss. & Heldr. and *P. vulgaris* L. species belonging to the *Polygalaceae* family naturally distributed in Turkey. With these studies, it is aimed to reveal the relationship between the morphological characteristics and embryological characteristics of the target *Polygala* species, to examine the embryological development of the species in field samples, and to clarify the relationship between embryology and flower morphology. In addition, it was aimed to provide novel data for the reproductive characteristics of the breed by conducting micromorphological studies. In the sections taken from different flower buds, the ovules were formed in an orthotropic (atrop) manner, it was determined that it had

two integuments, bitegmic (double integument), and the ovules appeared crassinucellate type. Additionally, it was determined that antipodals were lost early in the development of the polygonum-type embryo sac. As a result of these studies, it was determined that the species compared did not differ in terms of embryology. In scanning electron microscopy (SEM) and stereo microscopy examinations, many irregular indented and protruding sections are formed on the petal surface, and it was determined that the cuticle density increases as the developmental stages were completed. In our stereo studies, it was observed that the stigma lobes appeared separate, the filaments of the stamens developed within the sheath adherent to the corolla lobes, and the styluses were greatly elongated during the developmental stages of the buds. There was no significant difference between species in terms of morphology and embryology. As a result of the study, the embryological development and characteristics of some *Polygala* species in Turkey were studied for the first time and data were provided for comparative systematic studies among related subspecies.

Keywords: Embryology, Female gametophyte, *Polygalaceae*, *Polygala*, SEM, Turkey

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın örneklerinin sağlanmasında ve teşhisinde yardımcı olan, çalışma süreci boyunca bana yol gösterici olan ve çalışmalarımın sonuçlandırılmasında bilgi birikimini benimle paylaşan değerli danışman hocam Prof. Dr. Ali A. DÖNMEZ'e;

Benden hiçbir zaman yardımını esirgemeyen ve bilgilerini benimle paylaşan, tezimin laboratuvar kısmında sağlamış olduğu imkanlardan dolayı değerli eş danışmanım Prof. Dr. Hatice Nurhan BÜYÜKKARTAL'a

Tez çalışmam süresince ilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Doç. Dr. Zübeyde UĞURLU AYDIN'a;

Laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan çok kıymetli çalışma arkadaşlarım Belgizar KARAYİĞİT, Mustafa Koray ŐENOVA, Yasin KAYA, Cemre ERTUŐ'a

Ayrıca moral ve özverileriyle yardımlarını esirgmeden destek olan çok sevgili arkadaşlarım Burcu ERDEM, Gizem YILDIRIM, İpek USLU, Őevval ZAMBAK, Sümeyra SAKA, Bahar ÖZDEMİR ve Dilay Nilgün KURUM'a;

Bu tez çalışması TÜBİTAK-KBAG TÜBİTAK-TBAG 118 Z 708 numaralı proje kapsamında gerçekleşmiştir. Maddi destek için TÜBİTAK'a;

Hayatım boyunca her türlü desteği veren, beni insan olmanın farkındalığıyla, saygı ve sevgiyle büyüten sevgili AİLEM'e;

Teşekkürü borç bilirim.

Ağustos 2021, Ankara

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|------|
| ÖZET..... | i |
| ABSTRACT..... | iii |
| TEŞEKKÜR..... | v |
| İÇİNDEKİLER..... | vi |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | viii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ..... | x |
| SİMGELER VE KISALTMALAR..... | xi |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 1.1. <i>Polygalaceae</i> Familyası..... | 1 |
| 1.1.1. <i>Polygala</i> 'nın Taksonomik Tarihçesi..... | 5 |
| 1.1.2. <i>Polygala</i> L. Morfolojisi..... | 8 |
| 1.1.3. <i>Polygala</i> L. Çiçek Morfolojisi..... | 9 |
| 1.2. Bitki Embriyolojisi..... | 10 |
| 1.2.1. <i>Polygalaceae</i> Familyası Embriyolojisi..... | 11 |
| 1.2.2. <i>Polygalaceae</i> Familyası Çiçek Yapısı ve Anatomisi..... | 14 |
| 1.2.3. <i>Polygalaceae</i> Familyası Çiçeklenmesi..... | 15 |
| 1.3. Çiçek Tomurcuğu..... | 15 |
| 1.4. Amaç ve Hedefler..... | 17 |
| 2. Malzemeler ve Yöntemler..... | 19 |
| 2.1. Arazi Çalışmaları..... | 19 |
| 2.2. Embriyolojik Çalışmalar..... | 21 |
| 2.2.1. Parafin Metodu..... | 21 |
| 2.3. Morfolojik Çalışmalar..... | 25 |
| 2.4. Mikromorfolojik Çalışmalar..... | 26 |

| | |
|--|----|
| 3. SONUÇLAR..... | 28 |
| 3.1. Embriyolojik Sonuçlar..... | 28 |
| 3.2. Stereo Mikroskop Sonuçları..... | 38 |
| 3.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Sonuçları..... | 47 |
| 4. TARTIŞMA..... | 51 |
| 5. KAYNAKLAR..... | 55 |
| EKLER..... | 67 |
| EK 6 - Tez Çalışması Orjinallik Raporu..... | 67 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 68 |



ŞEKİLLER DİZİNİ

| | | |
|----------------|---|----|
| Şekil 1.1.1. | <i>Fabaceae</i> 'de karina görünümü..... | 3 |
| Şekil 1.1.2. | <i>Polygala</i> 'da çiçek görünümü..... | 3 |
| Şekil 1.1.3.1. | <i>Polygala</i> 'da crest yapısı..... | 9 |
| Şekil 1.1.3.3. | <i>Polygala</i> 'da ginekeum yapısı..... | 10 |
| Şekil 1.2.1.1. | <i>Polygonum</i> tipi embriyo kesesi..... | 12 |
| Şekil 2.2.1.1. | Leica SM2000R marka mikrotom cihazı..... | 23 |
| Şekil 2.2.1.2. | Leica DFC 290 marka kameralı mikrofotografi cihazı..... | 25 |
| Şekil 2.3.1. | Leica stereo mikroskop cihazı..... | 26 |
| Şekil 2.4.1. | Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) çalışmaları..... | 27 |
| Şekil 3.1.1. | Farklılaşmamış aşamada <i>Polygala monspeliaca</i> 'nın çiçek tomurcuğu gelişimi..... | 29 |
| Şekil 3.1.2. | Farklılaşmamış aşamada <i>Polygala anatolica</i> 'nin tomurcuk pulu ve büyüme konisi gelişimi..... | 30 |
| Şekil 3.1.3. | <i>Polygala turcica</i> 'da floral primordium ve büyüme konisi gelişimi.. | 31 |
| Şekil 3.1.4. | <i>Polygala monspeliaca</i> 'da floral primordium ve çiçek taslağı gelişimi. | 32 |
| Şekil 3.1.5. | <i>Polygala anatolica</i> 'da floral primordium ve büyüme konisi gelişimi. | 32 |
| Şekil 3.1.6. | <i>Polygala monspeliaca</i> 'da çiçek taslağı brakte yaprağı ve sekonder primordium gelişimi..... | 33 |
| Şekil 3.1.7. | <i>Polygala turcica</i> 'da çiçek taslağı, sekonder primordium, brakte yaprağı ve büyüme konisi gelişimi..... | 34 |
| Şekil 3.1.8. | <i>Polygala anatolica</i> 'da brakte yaprağı, karpel ve stamen primordiumu gelişimi..... | 35 |

| | | |
|---------------|--|----|
| Şekil 3.1.9 | <i>Polygala vulgaris</i> 'te çiçek organları gelişimi..... | 36 |
| Şekil 3.1.10. | <i>Polygala turcica</i> 'da çiçek organları gelişimi..... | 37 |
| Şekil 3.2.1. | <i>Polygala anatolica</i> 1. evrede dişi ve erkek organ görünüşleri..... | 37 |
| Şekil 3.2.2. | <i>Polygala anatolica</i> 2. evrede dişi organ görünüşleri..... | 37 |
| Şekil 3.2.3. | <i>Polygala anatolica</i> 2. evrede erkek organ görünüşleri..... | 38 |
| Şekil 3.2.4. | <i>Polygala vulgaris</i> 1. evrede dişi ve erkek organ görünüşleri..... | 38 |
| Şekil 3.2.5. | <i>Polygala vulgaris</i> 2. evrede dişi ve erkek organ görünüşleri..... | 39 |
| Şekil 3.2.6. | <i>Polygala anatolica</i> 3. evrede dişi organ görünüşleri..... | 39 |
| Şekil 3.2.7. | <i>Polygala anatolica</i> 3. evrede erkek organ görünüşleri..... | 40 |
| Şekil 3.2.8. | <i>Polygala anatolica</i> 4. evrede dişi organ görünüşleri..... | 40 |
| Şekil 3.2.9. | <i>Polygala anatolica</i> 4. evrede erkek organ görünüşleri..... | 40 |
| Şekil 3.2.10. | <i>Polygala vulgaris</i> 3. evrede dişi ve erkek organ görünüşleri..... | 41 |
| Şekil 3.2.11. | <i>Polygala vulgaris</i> 4. evrede dişi ve erkek organ görünüşleri..... | 41 |
| Şekil 3.2.12. | <i>Polygala monspeliaca</i> 1. evrede dişi organ görünüşleri..... | 42 |
| Şekil 3.2.13. | <i>Polygala monspeliaca</i> 1. evrede erkek organ görünüşleri..... | 42 |
| Şekil 3.2.14. | <i>Polygala monspeliaca</i> 2. evrede dişi organ görünüşleri..... | 43 |
| Şekil 3.2.15. | <i>Polygala monspeliaca</i> 2. evrede erkek organ görünüşleri..... | 43 |
| Şekil 3.2.16. | <i>Polygala monspeliaca</i> 3. evrede dişi organ görünüşleri..... | 44 |
| Şekil 3.2.17. | <i>Polygala monspeliaca</i> 3. evrede erkek organ görünüşleri..... | 44 |
| Şekil 3.2.18. | <i>Polygala monspeliaca</i> 4. evrede dişi organ görünüşleri..... | 44 |
| Şekil 3.2.19. | <i>Polygala monspeliaca</i> 4. evrede erkek organ görünüşü..... | 45 |
| Şekil 3.3.1. | <i>Polygala vulgaris</i> 'in tüm evlerindeki petal yüzeyi..... | 46 |
| Şekil 3.3.2. | <i>Polygala monspeliaca</i> 'nın petal yüzeyi görünümü..... | 47 |
| Şekil 3.3.3. | <i>Polygala anatolica</i> 'nın petal yüzeyi görünümü..... | 48 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | | |
|------------------|--|----|
| Çizelge 1.1.1.1. | Türkiye'de yayılış gösteren <i>Polygala</i> taksonları..... | 8 |
| Çizelge 2.1.1. | Çalışılan taksonların adı, örnek numaraları ve toplama bilgileri.... | 19 |
| Çizelge 2.2.1.1. | Örneklerin suyunu aldırma, şeffaflaştırma ve parafine doyurma... | 22 |
| Çizelge 2.2.1.2. | Albümin – gliserin hazırlanışı..... | 23 |
| Çizelge 2.2.1.3. | Parafinin uzaklaştırılması..... | 24 |
| Çizelge 2.2.1.4. | Boyanan örneklerle uygulanan dehidrasyon işlemi..... | 24 |



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Kısaltmalar

| | |
|---------|---|
| AAD | Ali A. Dönmez |
| SEM | Taramalı elektron mikroskobu |
| HUNİTEK | Hacettepe Üniversitesi İleri Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi |
| HUB | Hacettepe Üniversitesi Herbariumu |
| Tp | Tomurcuk pulu |
| Bk | Büyüme konisi |
| Fp | Floral primordium |
| Çt | Çiçek taslağı |
| By | Brakte yaprağı |
| Sp | Sekonder primordium |
| Kp | Karpel primordium |
| Stp | Stamen primordium |
| Pp | Petal primordium |
| P | Pistil |
| St | Stamen |
| A | Anter |
| Sti | Stigma |
| Stl | Stilus |
| O | Ovül |

1. GİRİŞ

1.1. *Polygalaceae* Familyası

Polygalaceae, 29 cins ve 1200 tür ile otsu, çalimsı nadiren küçük ağaçlar veya tırmanıcı ve sarılıcı bitkilerin oluşturduğu bir familyadır [1]. Dünya çapında özellikle tropikal bölgelerde yayılış gösteren *Polygalaceae* familyası, Yeni Zelanda ve Güney Pasifik adalarının Güney Kutbu; Amerika'nın Kuzey Kutbuna yakın kısımları dışında, bütün dünyada yayılış göstermektedir [2], [3], [4], [5]. *Polygalaceae* familyasının *Monnina* Ruiz & Pav. ve *Polygala* Tourn. ex L. gibi cinsleri nemli ya da yarı kuru habitatlarda yayılış gösterirken, *Acanthocladus* Klotzsch ex Hassk., *Badiera* DC., *Bredemeyera* Willd. ve *Securidaca* L. gibi cinsleri orman bölgelerinde, *Epirixanthes* cinsi gibi miko-heteretroflar orman tabanında, *Salomonina* Lour. cinsi ise açık arazilerde bulunmaktadır [6].

Polygalaceae isminin kökeninde, Grekçe polys- (çok) ve gala (süt) kelimelerinden türetilmiş olduğu ve kelimenin süt üretimini artırıcı anlama geldiği için kullanıldığı düşünülmektedir [7].

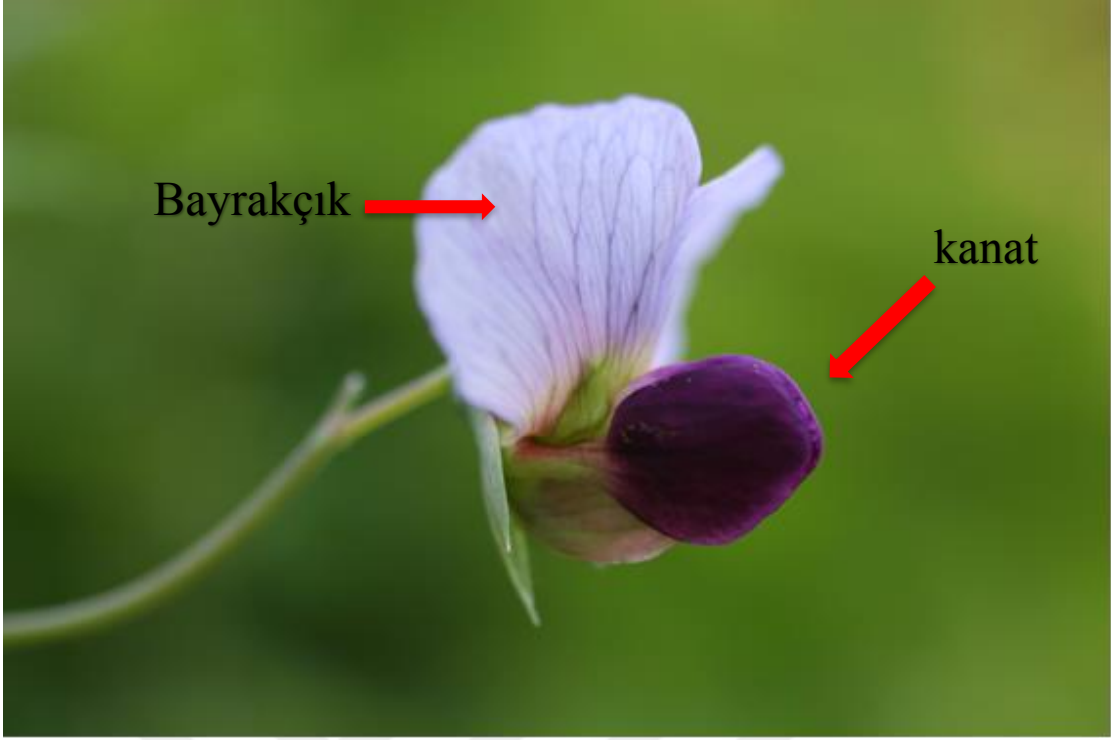
Polygalaceae familyasını ilk olarak 1809'da Johann Hoffmannsegg ve Johann Link tanımlanmıştır. Robert Chodat 1896'da bu familyayı *Polygaleae*, *Moutabeae*, *Xanthophylleae* olmak üzere üç ayrı tribusa ayırmıştır. Zaman içerisinde farklı araştırmacılar familya içindeki değişik taksonlarda çeşitli taksonomik düzenlemeler yapmışlardır. Daha sonra Eriksen 1993'te *Carpolobieae* tribusunu da ekleyerek familyanın tribus sayısı dörde çıkarmıştır [8].

Polygalaceae familyası zaman içerisinde *Malpighiales* veya *Polygales* takımları altında birçok farklı familya (*Krameriaceae*, *Trigoniaceae*, *Vochysiaceae*, *Tremandraceae* ve *Malpighiaceae*) ile birlikte sınıflandırılmıştır [9], [10], [11], [12]. Ancak çeşitli araştırmacıların yaptığı plastid DNA çalışmaları neticesinde *Polygalaceae*'nin *Malpighiales*'e yerleşimi reddedilmiştir [13], [14], [15], [16], [17]. *Malpighiales* takımı yerine *Fabaceae*, *Surianaceae* ve *Quillajaceae* familyaları ile yakın bir ilişkisi olabileceği önerilmiştir [18], [19], [20]. Bu verilerin sonucu olarak *Polygalaceae* Angiosperm Phylogeny Group I'de *Fabales* takımının altına alınmıştır [21]. Günümüzde ise APG IV sistemine göre, *Polygalaceae* familyası *Fabaceae* ve iki küçük aile olan *Quillajaceae* ve *Surianaceae*'yi içeren *Fabales* takımı içerisinde yer almaktadır [22].

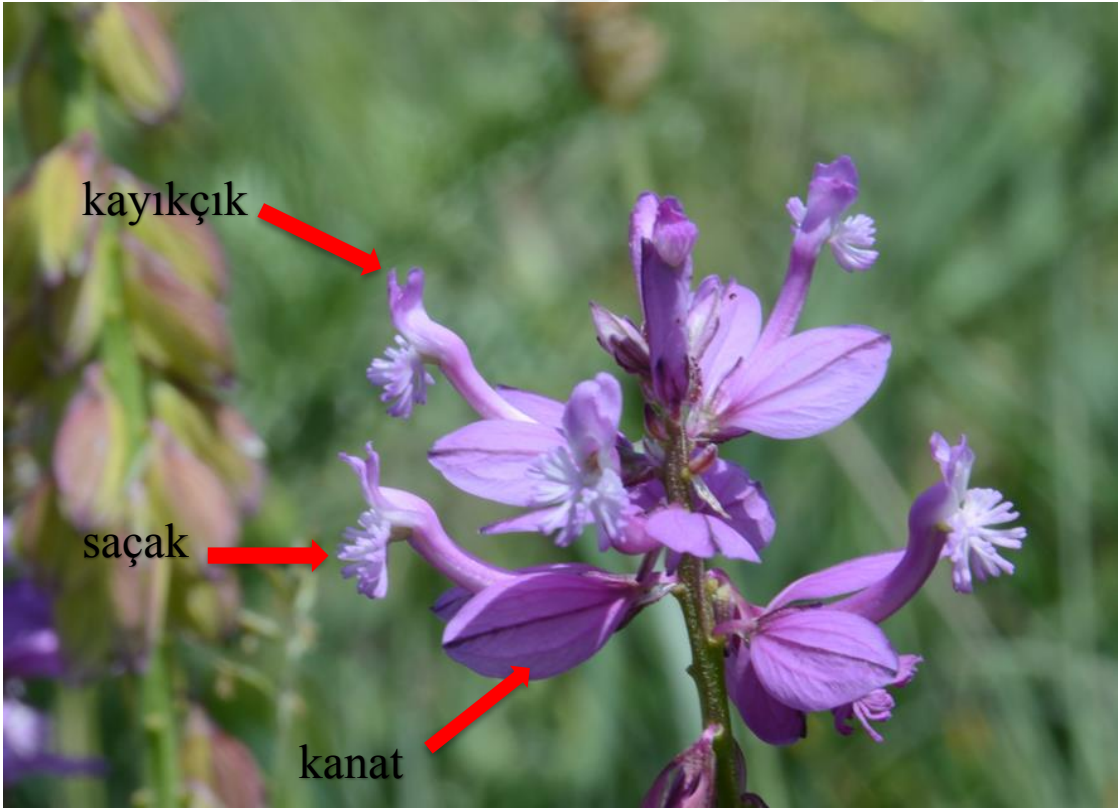
Polygalaceae familyasının filocoğrafik tarihine baktığımızda *Polygalaceae* ve kardeş grubu *Surianaceae* arasındaki ayrılmanın, Üst Kretasede 66.9 milyon yıl önce meydana geldiğini bilinmektedir [23]. Ancak Pigg ve arkadaşları Paleosecuridaca makrofosillerini kullanarak Forest ve arkadaşlarının yaptığı *Polygalaceae*'de orijin yaşı ve çeşitlenmesine ilişkin tahminleri hakkındaki çalışmayı yeniden değerlendirmiştir. DNA analizleri ve tarihlenmeler sonucunda *Polygalaceae*'deki kökenin ve çeşitlenmenin Forest ve arkadaşları tarafından tahmin edilenden daha erken gerçekleştiğini ortaya çıkarmışlardır [24].

Polygalaceae ile *Fabaceae* aileleri arasındaki benzerlik uzun zamandır bilinmektedir. Bu benzerlik çiçek morfolojilerinin yakınlığı ve iki aile arasındaki bazı türlerin sinapomorfi göstermesi sebebiyle yapılmıştır [25], [26]. *Polygalaceae* ve *Fabaceae* için yapılan moleküler ve sistematik çalışmalar da bu ailelerin yakın bir ilişki içinde olduğunu destekler niteliktedir [27]. Sprengel ise 1793'te bu ailelerin çiçeklerini aynı grubun parçası olarak ele almıştır. Benzerlik o kadar yakındır ki, seçkin botanikçiler bile bazen yanlış incelemelerde bulunmuştur. Örneğin, George Don 1831'de *Carpolobia* cinsini dört tür temelinde kurmuştur, bunlardan ikisi daha sonra *Baphia* cinsine ait olduğu kabul edilmiştir [28].

Fabaceae ve *Polygalaceae* familyalarındaki bazı çiçekler ortak bir görünüme sahiptir. Toplamda beş tane petali bulunur. En dışta bayrakçık (standard, veksillum) adı verilen taç yaprak vardır. Taç yaprakları iki kenarında birer kanatçık (ala, wing) bulunur. *Fabaceae* familyasına ait *Lathyrus* L.'de çiçek görünümü Şekil 1.1.1'de gösterilmiştir. İç kısımda ise bir teknenin omurgasına benzeyen kısmen kapalı bir yapı oluşturan farklılaşmış taç yapraklar (kayıkçık) geliştirmiştir. Bu farklılaşmış yapı *Fabaceae* ve *Polygalaceae*'deki bazı taksonların karakteristik bir özelliğidir. Kayıkçık (keel, karina) olarak adlandırılan en içteki kaynaşmış iki taç yaprak genelde fark edilmez. Çünkü çiçeğin iç kısmında kalır ve bir tozlaştırıcı geldiğinde dışarı çıkar. Erkek ve dişi üreme yapıları ise genellikle omurganın iki yaprağı içinde gizlenir [29], [30], [31]. *Polygala*'da çiçek görünümü Şekil 1.1.2'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1.1. *Lathyrus*'da çiçek görünümü.



Şekil 1.1.2. *Polygala*'da çiçek görünümü.

Polygalaceae ve *Fabaceae*'nin kardeş gruplar olduğu ve her iki aile için de türlerin çoğunda farklılaşmış petallerin olduğu kabul edilmiştir [27]. Ancak *Polygalaceae*'de bu konu üzerine yapılan bir araştırmada farklılaşmış petallerin temel bir durumu temsil ettiği ve (az ya da çok) radyal simetriye sahip birkaç boru şeklindeki çiçekten türetilmiş bir dal oluşturduğu belirtilmiştir [25]. Diğer taraftan *Fabaceae* familyasındaki bazı türlerinde tamamen farklılaşmış petallere sahip olmadığı ve tabanda radyal simetrik çiçeklerin olduğu bilinmektedir [32].

Farklılaşmış petaller *Polygalaceae* familyasında en yaygın fakat ikincil bir karakterdir, hatta birden fazla kez evrimleşmiş olabilir [4]. Bu petaller: *Caesalpiniaceae*, *Fabaceae*, *Polygalaceae* ve *Trigoniaceae* ailelerinde görülmektedir [33]. *Fabaceae*, *Polygalaceae* ve *Trigoniaceae* ailelerinde farklılaşmış petaller açık ara baskın olarak görülürken, *Onagraceae*, *Solanaceae*, *Scrophulariaceae* gibi sistematik yayılışı dağınık olan ailelerde ise nadir olarak görülmektedir [29].

Erkek ve dişi üreme organlarını çevrelemek üzere farklılaşan petallerin asıl amacı arıları cezbetmektir. Fakat çiçek kısımlarının giderek daha belirgin bir şekilde kaynaşması, polinatörlerin polene erişmesini engelleyen tüpsü çiçekleri oluşturmuştur. Engeli ortadan kaldırmak ve polene erişmek için polinatörün petali güçlü bir şekilde aşağı itmesi gerekir. Bu da aynı anda çiçeğin üreme yapılarının polinatör ile temas kurması için bir fırsattır [29], [30]. Tüm bunlar *Polygalaceae* familyasındaki tozlaştırıcı spektrumunun genişlemesine katkı sağlamıştır [34].

Polygalaceae familyası diğer familyalarla karşılaştırıldığında daha az ekonomik öneme sahiptir, ancak genellikle halk arasında bitkisel tedavi amacıyla kullanılmaktadır. En çok bilinen örneklerden biri *Polygala senega* L.'dir. Bu tür, Kuzey Amerikaya özgü olup, Güney Kanada'da, Orta ve Doğu Amerika'da yayılış gösterir [35]. 50 cm uzunluğa kadar erişebilen çok yıllık bir bitkidir. *Polygala senega* bitkisinin kökleri ekonomik değere sahiptir, bu nedenle özellikle Japonya, Hindistan ve Brezilya'da küçük çapta yetiştirilmekte, bitkisel ve allopatik ilaç yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca *P. senega*'nın kökünün antikanser, anti-inflamatuar, anti-hipoglisemik, antioksidan, anti-zehir ve immünolojik koruyucu aktivitelere sahip olduğu bildirilmiştir [36], [37], [38], [39], [40]. Örneğin yılan ısırıklarını tedavi etmek için kızılderililer tarafından yıllarca kullanılmıştır. Familya içinde bir diğer ekonomik öneme sahip olan *Securidaca longepedunculata* Fresen.'in 100 kadar tıbbi özelliği olduğu bilinmektedir ve

geleneksel tıpta müşhil, zührevi ilaç ve çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Daha yakın tarihli araştırmalar da *S. longepedunculata*'nın HIV replikasyonu üzerinde seçici bir inhibisyona sahip olduğu bulunmuştur [41]. Ayrıca modern tıpta kullanılan *Polygala costaricensis* Chodat türü balgam söktürücü olarak kullanılırken *Polygala sibirica* L. bitkisinin kökleri meyan kökü ile birlikte kullanılmaktadır. Çin modern tıbbında depresyon, sinirlilik ve uykusuzluğu tedavi etmek için, yüksek saponin içeriği ve mantar önleyici özellikleri nedeniyle, tropikal Amerika'da yayılış gösteren ve *Polygalaceae* familyasında bulunan *Monnina* cinsine ait birçok bitki türünün ise kepek önleyici şampuan olarak sıklıkla kullanıldığı bilinmektedir [6].

Polygalaceae ailesine ait türler nadiren yiyecek veya içecek için de kullanılır. Örneğin *Polygala butyracea* Heckel'in tohumları, malukang yağı üretmek için; *Polygala arillata* var. *revoluta* G. S. Giri'nin kökleri Nepal'de alkollü içecekleri fermente etmek için; *Securidaca longepedunculata* ise Burkina Faso'da çorbalarda sebze amacıyla kullanılır [42].

Peyzaj ve bahçecilik değeri açısından *Polygalaceae*'nin önemi yoktur, ancak *P. chamaebuxus* L., *P. myrtifolia* Fr. ve *P. dalmaisiana* Neumann süs bitkisi olarak yetiştirilmektedir. Ayrıca *Monnina* ve *Polygala*'nın meyveleri boya yapımında kullanılır [6].

Ülkemizde yetişen *Polygala* türlerinin ise Anadolu'da tedavi amacıyla kullanıldığı tespit edilmiştir. Elazığ ve çevresinde *Polygala pruinosa* subsp. *pruinosa* Boiss. köklerinin balgam atılmasına ve terlemeye yardımcı olması amacıyla kullanıldığı; *Polygala anatolica* Boiss. & Heldr. bitkisinin ise kök haricindeki toprak üstündeki kısımlarının Ege Bölgesinde enflamasyon azaltıcı, idrar söktürücü, anne sütünü arttırıcı ve terlemeye yardımcı olduğu bilinmektedir [43], [44], [45].

1.1.1. *Polygala*'nın Taksonomik Tarihçesi

Polygalaceae içinde en yaygın ve en kalabalık cins olan *Polygala*, 22 tür olarak yayınlanmıştır [46]. Günümüzde ise dünya üzerinde bu cinsin 700'den fazla tür kaydı mevcuttur [2], [10], [53]. Bu cinsin üyeleri otsu, çalı veya küçük ağaçlar formunda bulunmaktadır [47]. *Polygala* cinsi, dünyada tropikal ve ılıman bölgelerde yoğun olarak yayılış göstermektedir. Bu cins dünyada sadece Yeni Zelanda, Polinezya ve Asya'nın

kutup bölgelerinde yayılış göstermemektedir [48]. *Polygala* cinsi çeşitliliğinin ana merkezlerinin Güney Afrika, Orta ve Güney Amerika olduğu bilinmektedir [10], [2].

Polygala cinsinin türleri morfolojik çeşitlilik sergileyen hiyerarşik bir alt sınıflandırmaya sahiptir. *Polygala lutea* L. (1753) tanımlanan ilk *Polygala* türüdür. Bu türü Linnaeus, Peter Kalm'dan alarak incelemiş ve teşhis etmiştir. Daha sonra yapılan çalışmalar neticesinde Andre Michaux (1803) tarafından *Polygala nana* DC. türü, Thomas Nuttall (1818) tarafından *Polygala baldunii* Nutt. türü, Stephan Elliott (1822) tarafından *Polygala ramosa* Elliott türü, A. W. Chapman tarafından (1887) *Polygala rugelii* Shuttlew. ex A. Gray ve JK Small (1905) tarafından *Polygala smallii* R.R. Sm. & D.B. Ward türü tanımlanarak kayıtlara geçirilmiştir. Bu türlerin *Polygala* cinsi içinde doğal bir grup oluşturduğu hemen fark edilmemiştir. Nuttall, *Polygala lutea*'yı ayrı bir gruba yerleştirilmiş olmasına rağmen, kendisi tarafından ele alınan dört türü sırayla düzenleyerek ilişkileri hakkında bazı farkındalıklar ortaya koymuştur [48].

Polygala türleri ile ilgili yapılan taksonomik çalışmalar, gruplar halinde düzenlemeye yönelik olmuştur. Bu türler ile ilgili ilk taksonomik çalışmalar Candolle tarafından yapılmıştır. Candolle, *Polygala*'yı sekiz bölüme ayırmış daha sonraki araştırmacılar onun bu sınıflandırma sistemini kabul ederek çalışmalarını sürdürmüşlerdir. Spach, 1838'de Candolle'nin sınıflandırma sisteminin devamı niteliğinde yaptığı çalışmalarda *Polygala*'yı beş cinse ayırmıştır. Duchartre, ise 1847'de *Polygala*'yı Spach'ın sınıflandırma sisteminden devam ettirerek altı alt cinse ayırmıştır. Ancak günümüz perspektifinden bakıldığında, Candolle'un sınırlamalarının çoğunun monofiletik olmadığı bilinmektedir [3].

Polygala taksonları üzerindeki en önemli taksonomik çalışmayı yapan, İsviçreli botanikçi Robert Chodat, Kuzey Amerika'da yayılış gösteren *Polygala* türlerinden bağımsız izole edilen türlerin birçoğunun genel görünüm üzerinde bir araya getirildiğini kabul etmiştir. Kapsül hücrelerinin kenarlı veya kanatlı olma derecesiyle ayırt edilen ilgili türlerde yeni ikili adlandırma yapmaktan kaçınmıştır. 1891'de *Polygala*'nın bilinen tüm türleri için bölümleri, alt bölümleri ve serileri içeren bir sınıflandırma önermiştir. Tüm bunların neticesinde *Polygala* on iki alt bölüme ayrılmış, her bir alt bölüm tek tek adlandırılmış ve bu alanda yapılan çalışmalar devam etmiştir [49].

Blake de yaptığı çalışmalarda [50], [51] Chodat'ın yaptığı çalışmalarla aynı temel organizasyon yapısını kullanmıştır. Ancak, Chodat'ın bazı bölümlerini alt türler olarak

düzenlemiştir. Adema ise 1966'da *Polygala*'da on bölüm olduğunu söylemiş ve *Pseudosemeiocardium* Adema olarak adlandırılan yeni bir bölüm tanımlamıştır [52]. Daha sonra, Chertk & Kşisa (1977) tarafından alt cins statüsüne yükseltilmiştir [53].

Paiva ve Marques, Brezilya'daki *Polygala* türlerini inceleyerek Chodat'ın bazı serilerini yeniden değerlendirerek birkaç yeni tür tanımlamıştır. Paiva, Afrika *Polygala* türlerini taksonomik olarak ele alırken küresel bir tür sınıflandırması önermiştir. Günümüzde ise Paiva'nın tüm alt türleri artık filogenetik olarak ayrı cinsler olarak desteklenmektedir. [53], [54].

Mevcut filogenetik çalışmalar sonucunda da Abbott 2009 yılında *Polygala*'yı Yeni Dünya Taksonları ve Eski Dünya Taksonları şeklinde iki ayrı soya ayırmıştır. Abbott Eski Dünya Taksonlarını Afrika, Asya, Avrupa ve Avustralya kıtasında dağılım gösteren, Yeni Dünya Taksonlarını ise Kuzey ve Güney Amerika'da dağılımı olan taksonları ifade etmek için kullanmıştır. Ancak her iki soyda hala resmi olarak bir isme sahip değildir [55].

Türkiye Florası'nda Polygalaceae familyası tek cinsle temsil edilmekte olup [56], [57], [58], [59], *Polygala* revizyonunda kabul edilen tür sayısı 12'dir [60].

Ülkemizde *Polygala* cinsi için detaylı bir revizyon yapılmadan yeni türler tanımlanmıştır [56], [57]. Günümüzde son yapılan çalışmalar ve yayınlanan yeni kayıtlar da eklendiğinde *Polygala*'nın Türkiye florasındaki doğal taksonlarının sayısının 18 olduğu belirtilmiştir [58], [59]. Türkiye florasına ait *Polygala* taksonları Çizelge 1.1.1.'de verilmiştir. *Polygala myrtifolia* Türkiye'de süs bitkisi olarak yetiştirilmektedir.

Ülkemizde yapılan etnobotanik çalışmalarda farklı *Polygala* türlerine Anadolu'da halk arasında değişik isimlerin verildiği belirtilmiştir. Tez konusu dahilinde olan *P. anatolica* türü kaymak çiçeği, süt otu ve yılan yoncası olarak isimlendirilirken, *P. vulgaris* süt otu, *P. monspeliaca* ise mart süt otu olarak isimlendirilmektedir [61].

Çizelge 1.1.1.1. Türkiye'de yayılış gösteren *Polygala* taksonları.

Türkiye’de yayılış gösteren *Polygala* taksonları

- 1- *P. alpestris* Rchb.
 - 2- *P. anatolica* Boiss. & Heldr.
 - 3- *P. azizsancarü* Dönmez **endemik**
 - 4- *P. comosa* Schkuhr.
 - 5- *P. hohenackeriana* Fisch. & C.A. Mey
 - 6- *P. inexpectata* Peşmen & Erik **endemik**
 - 7- *P. major* Jacq.
 - 8- *P. monspeliaca* L.
 - 9- *P. myrtifolia* L.
 - 10- *P. papilionacea* Boiss.
 - 11- *P. peshmenii* Eren, Parolly, Raus & Kürschner **endemik**
 - 12- a) *P. pruinosa* subsp. *megaptera* Cullen **endemik**
b) *P. pruinosa* subsp. *pruinosa* Boiss.
 - 13- *P. stocksiana* Boiss.
 - 14- *P. supina* Schreb
 - 15- *P. transcaucasica* Tamamsch.
 - 16- *P. turcica* Dönmez & Uğurlu **endemik**
 - 17- *P. venulosa* Sibth. & Sm.
 - 18- *P. vulgaris* L.
-

1.1.2. *Polygala* L. Morfolojisi

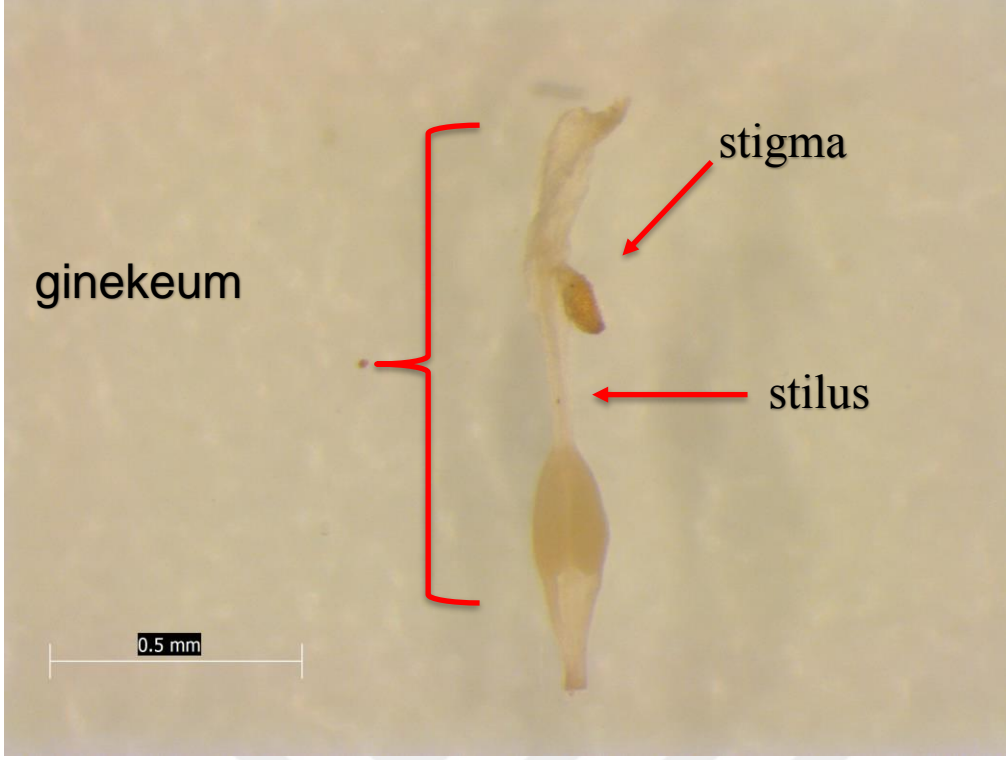
Polygala cinsinde yapraklar basit ve stipulasız, spiral dizilmiştir. Çiçek salkımları terminal veya aksiller, basit salkım şeklindedir. Kaliks-korolla düzensizdir. Sepaller 5 tane ve serbest, içteki 2 tanesi geniş ve petaloid, dıştaki 3 tanesi küçük ve sepaloid. Petaller 3 tane, ± birleşik ve bir staminal tüple birlikte gelişmiştir. Stamenler monadelphous, 8 adettir. Anterler porlarla açılır. Kapsül 2-hücreli, basık, genellikle kanatlı. Tohumlar arillat, herbir lokülde 1’er adet, tüylü veya tüysüz olabilir [60].

1.1.3. *Polygala* L. Çiçek Morfolojisi

Zigomorfik olan çiçeklerde bir brakte ve iki brakteol bulunur. Beş köşeli, petaloid kaliks çiçeğin hem korollasını hem de üreme organlarını çevreleyen iki uzun kanat içerir. Tabanda birleşen 3 taç yaprağın ortancası kanatlıdır, hem anteri hem de stigmayı çevreleyen tepeli bir saçak ve başlık (krest) taşır. Şekil 1.1.3.1.'de *Polygala*'da crest yapısı gösterilmektedir. Filamentler, uzunlukları boyunca birleşir ve kanatlı taç yaprağının tabanına yapışır. İki loblu stigma ve stil birleşerek bikarpellat ginekeumu oluşturur. Bir septum, ovaryumu, her biri içinde apikal olarak bağlı tek bir ovülün bulunduğu iki lokula böler [62]. Şekil 1.1.3.3.'de *Polygala*'da ginekeum yapısı gösterilmektedir.



Şekil 1.1.3.1. *Polygala*'da krest yapısı [34].



Şekil 1.1.3.3. *Polygala*'da ginekeum yapısı.

1.2. Bitki Embriyolojisi

Bitki embriyolojisi, botanikğin en önemli bölümlerinden biridir; yöntemleri ve amaçları bitki morfolojisinden farklıdır. Genel bitki embriyolojisi, üreme organları ve embriyolojik olayların (süreçlerin) (sporogenez, gametogenez, endospermogenez, embriyogeni, apomiksis) kökeni ve gelişiminin temel yasalarını açıklar. Karşılaştırmalı bitki embriyolojisi, sistematik ve çiçek oluşumu problemlerini çözmek için veri elde etmek amacıyla çeşitli türlerde embriyolojik süreçleri inceler. Özelleşmiş bitki embriyolojisi, bireysel sistematik grupların bitkilerdeki embriyolojik süreçlerin çalışmasını aydınlatmak için uzmanlaşmıştır. Deneysel bitki embriyolojisi ise, embriyonik süreçlerin fonksiyonel, biyokimyasal ve genetik doğasını ortaya çıkarmak için bitki organizmalarının gelişim sürecini yeniden düzenlemektedir [63], [64], [65].

Modern bitki embriyolojisinin temel bir özelliği, teori ve pratiğin iç içe geçmesidir. Embriyologlar, örneğin mikrogametogenez ve makrogametogenez, çifte döllenme, embriyogeni, endospermatogenez, poliembriyoni ve apomiksis gibi karmaşık fenomenlerin temeli olan konuları çalışmaktadır. Bu süreçlerin incelenmesi, evrim,

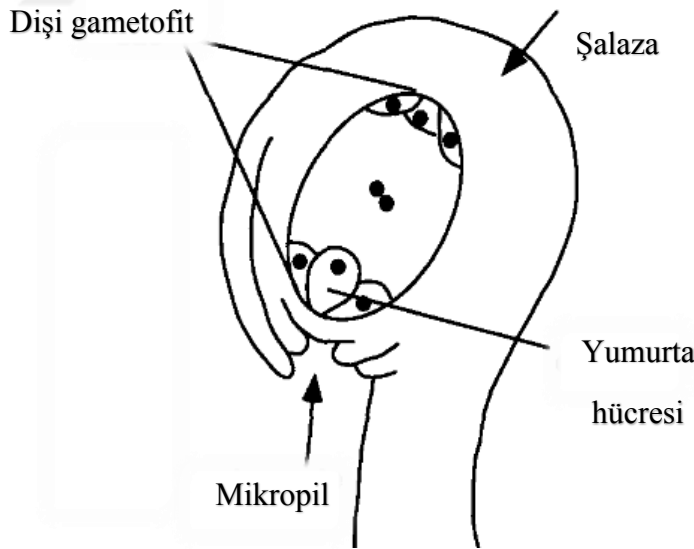
filogeni, morfogenez ve tür oluşumu problemlerini anlamak adına büyük önem taşımaktadır. Genetikçilerin ve bitki yetiştiricilerinin karşı karşıya olduğu birçok sorunun aydınlatılması, bitki embriyolojisindeki (uzak hibridizasyon, kısırlık, apomiksis) araştırmalara dayanmaktadır. Bitkiler aleminde erkek ve dişi gametlerin oluşumu, kökenleri ve farklı filumlardaki evrimleri bitki embriyolojisinin temel problemlerindendir. Ele alınması gereken bir sonraki soru, dişi ve erkek gametofitlerin homolojisine ilişkin eski kavramların yeniden incelenmesidir [66], [67], [68].

1.2.1. *Polygalaceae* Familyası Embriyolojisi

Temel embriyolojik özelliklerine bakıldığında *Polygalaceae*'de embriyogeni asterad tipine karşılık gelir ve bazen ikiz embriyolar gelişebilir. Ovül, trizonat, anatropöz, bitegmik ve crassinucellatdır. Dış kabuk iki veya çok katmanlı, iç kabuk ise iki katmanlıdır. *Salomonina*'da mikropil sadece tohum kabuğunu (testa) oluşturur, aksi takdirde hem kabuk hem de mikropil zikzak olur. *Salomonina*'da çekirdek, iç kabuğun ucuna kadar uzanır [69], [70].

Dişi gametofit gelişimi, *polygonum* tipinde ve genellikle kısa ömürlüdür. Kesenin mikropil yönünde bir yumurta hücresi ve iki sinerjitten oluşan bir yumurta, merkezde iki polar nucleus içeren bir merkezi hücre ve kalaza tarafında üç antipod hücresi bulunur. *Polygonum* tipi embriyo kesesi Şekil 1.2.1.1'de gösterilmiştir. Embriyo kesesi gelişiminin bu tipi angiospermilerin çoğunda görülür. Davis'e göre angiospermilerin %81'inde bu tip gelişim görülür. Dişi gametofitin yapısının ilk olarak *Polygonum divaricatum*'da aydınlatılmasından sonra birçok farklı araştırmacı farklı bitkilerde embriyo kesesinin ontogenisi ve yapısı üzerinde çalışmıştır. *Austrobaileyaceae*, *Amborellaceae* ve *Nymphaeaceae* gibi ilkel angiospermelerde görülen embriyo kesesi gelişimi ise farklıdır. Bunlar dört hücreli/dört çekirdekli bir embriyo kesesine sahiptir. Bir yumurta hücresi, iki sinerjit ve bir kutup çekirdeğinden oluşan embriyo kesesine gelişen bir tetradın kalazal megasporu ile monosporiktir. Bu embriyo kesesi oluşumu ilk olarak Schisandra'da rapor edilmiştir ve Schisandra tipi embriyo kesesi olarak adlandırılmaktadır. Embriyo kesesinin gelişim tipini tayin eden birçok etken vardır. Mayoz, polarite, mayoz sonrası mitozların sayısı gelişim tipini belirleyen önemli etkenlerdir.

Nusellusun dermal tabakasında periklinal bölünmeler meydana gelir. Bu bir nusellar başlığın oluşmasına yol açar. Paternal dokunun büyük bir bölümü ise, büyüyen dişi gametofit tarafından emilir. Anter duvarı epidermis, fibröz endotelyum, bir veya iki kısa ömürlü ara tabaka ve çift çekirdekli hücrelere sahip salgı tapetumu içerir. Olgun durumda ise sadece epidermis ve endotel yapılarıyla devam eder. Mikrospor ana hücreleri mayotik olarak bölünür, sitokinez eş zamanlıdır ve tetradlar tetrahedraldir. Bir hipodermal arkesporiyal hücre, sekiz ile on kat parietal doku üreten bir parietal hücreyi keser. Megaspor ana hücresi mayotik bölünmelere uğrar, çoğunlukla lineer, bazen T-şekilli bir tetrad üretir ve kalazal megaspor, Polygonum tipi bir embriyo kesesine dönüşür. *Polygala polygama*'da psödomonosporik, tetrasporik tipte bir gelişme (dört çekirdekli koenomegaspor fonksiyonlarının sadece bir çekirdeği) rapor edilmiştir. Antipodallar genellikle geçicidir, ancak *Polygala erioptera*'da kalıcıdır ve *Polygala sibirica*'da ise sayıları 12'ye kadar çoğalabilir. Polen tüpünün girişi gözeneklidir ve çift döllenme meydana gelir. Endosperm nükleer tiptedir. Merkezil duvar oluşumu, proembriyonun geç aşamasında mikropilar uçtan başlatılır [71], [72], [73].



Şekil 1.2.1.1. *Polygonum* tipi embriyo kesesi [74].

Testa tohum kabuğunu oluşturur. Dış epidermis, subsklerotik hücrelerden oluşur. Mezofil, kalın veya ince duvarlı parankimatiktir. İç epidermis, kristalleri olan kalın

duvarlı hücrelerden oluşan kompakt bir çeper oluşur. Kalın duvar hafifçe lamine edilmiş ve belirgin şekilde çukurlaşmıştır. *Xanthophyllum arnottianum*'da tohum kabuğunun yapısı biraz farklıdır. Testa dört ila beş katmanlı ve ince duvarlıdır. İç epidermisin hücreleri, gerçek bir çit tabakası oluşturmak için uzamaz. Tegmen çöker, nusellus kalıntıları (iki ila üç katman) varlığını sürdürür. Kalazal bölgede perisperm hücrelerinin bir kısmı hipertrofik hale gelir. Testanın iki özelliği çok belirgindir ve büyük taksonomik değere sahiptir: çeper hücresinin uzunluğu ve parankimatöz bir orta tabakanın varlığı. Endotesta, tohum kabuğunun koruyucu tabakasıdır [75].

Tohum endotestaldır ve *Polygala*'da arilattır. Aril, tohumu kaplar ve etli olabilir. Olgun tohumda beyaz ile soluk sarı eksostome aril çok belirgindir. Tipik olarak üç lobludur ve loblar tohum boyunca boyunun dörtte birine kadar aşağı doğru büyür. Tepede gevşek bir tutam tüy vardır, ancak arilin lobları küreseldir. Olgun tohum birkaç kat endosperm içerir. *Xanthophyllum fragrans*'ta, endosperm kotiledonları sarar. Hem endosperm hem de kotiledonlar yağ deposuna sahiptir. Buna karşılık, *X. arnottianum*'da endosperm yetersizdir, serbest çekirdeklidir ve hücre sel hale gelmez. Embriyo nişasta taneleri açısından zengindir, ancak yağ içeriği açısından zengin değildir. *P. chamaebuxus*, *P. myrtifolia*, *P. vayredae* ve *P. vulgaris*'te tohum, çok sayıda tek hücreli çizgili sivri uçlu tüylerle kaplıdır. Tüyler, tipik olarak radyal olarak düzenlenmiş komşu hücrelerle çevrilidir [75], [72].

Morfolojik ve embriyolojik olarak *Polygalaceae*'nin *Malpighiaceae*, *Trigoniaceae*, *Vochysiaceae*, *Tremandraceae* ve *Zygophyllaceae* aileleri ile bir ilişkisi olduğu ileri sürülmüştür. Ancak bu familyaların embriyolojisi ayrıntılı olarak yeterince incelendiğinde kesin olarak tartışılabilir.

Prenner, *Polygala myrtifolia*'nın çiçek gelişimini ve *Fabaceae* familyası ile benzerliklerini karşılaştırdığı çalışmada; *Polygalaceae* ve *Fabaceae*'nin çiçek morfolojisinin açık bir şekilde farklılık gösterse de, *Polygala myrtifolia*'nın çiçek gelişimi, *Polygalaceae*'nin Fabales'te gruplandırıldığı *Fabaceae* ile dikkate değer paralellikler gösterdiğini belirtmiştir. Bu çalışmanın, Fabales'teki çiçek evriminin daha iyi anlaşılmasına yönelik bir adım olduğunu ve ayrıntılı bir filogenetik analizin temel alınabileceği veri setiyle *Polygalaceae* ve *Fabaceae* familyaları arasındaki çiçek evrimin daha net anlaşılabilceğini söylemiştir [76].

Castro, *P. vayredae* endemik bitkisinin çiçek biyolojisi ve üreme sistemi üzerine yaptığı çalışmada, *P. vayredae*'nin çiçek özelliklerinin, bu türün üreme sistemine uygun olarak, yabancı eşli ve entomofil bir çiçeğin göstergesi olduğunu belirtmiştir [77].

C. De Kock ve arkadaşları ise *P. myrtifolia* petallerinde farklılaşmış kanat yapısının fonksiyonel rolü ve tozlaştırıcı başarısına etkilerini incelediği bir çalışmada, *P. myrtifolia*'nın çiçek tepesinin, tozlaşmada tekil bir rol oynamadığını, hem görsel bir çekici/işaret hem de tozlaşmaya yardımcı ikili bir rol oynayabileceğinden bahsetmiştir. Çiçek tepesinin başlangıçta farklı bir rol için evrimleşmiş olabileceğini, ancak daha sonra tozlaştırıcı çekiciliğinin de önemli bir belirleyici haline geldiğini veya tam tersi bir durum gösterdiğini söylemiştir. Ayrıca petallerdeki farklılaşmış kanat yapısının nektar erişim başarısı üzerinde güçlü bir etkisi olduğu açıklamıştır [78].

1.2.2. Polygalaceae Familyası Çiçek Yapısı ve Anatomisi

Polygalaceae ailesi üyelerinde çiçekler, hipogin ve zigomorfiktir. Çiçek parçalarının sayısında simetri olsa bile, parçaların boyut, şekil ve konumlarındaki farklılıklar zigomorfizmi oluşturur. Her zaman, serbest, kısmen bağlantılı veya bir tüpte birleştirilmiş olabilen beş sepal vardır. Sepaller genellikle eşit değildir veya yanallı olanlar açıkça farklılaşmış, büyük ve petaloiddir. Bunlara genellikle kanatlar denir, ancak bunlar *Fabaceae* ailesinin papilyonlu çiçeğinin kanatlarıyla homolog değildir [79]. İki aile arasındaki yakın ilişkiyi destekleyen bir dizi çiçek gelişimi özelliği vardır [76]. *Xanthophylleae*, *Moutabeae* ve *Carpolobieae*'de beş, *Polygalaceae*'de sadece üç petal vardır. Petal genellikle belirgindir, bazen apekte \pm fimbriat bir tepe ile sağlanan kanatlara (karina) farklılaşmıştır. *Polygalaceae*'de yan taç yapraklar ilkindir veya yoktur. Genellikle, eksik floral organları temsil eden körelmiş izlerin kanıtı da yoktur [62]. Ayrıca kanatların bileşik bir yapı olduğunu gösteren hiçbir vasküler kanıt bulunmamaktadır [80]. *Polygala dalmaisiana*'da Westerkamp ve Weber, karinanın pençe ile bıçak arasında daha ince dokudan oluşan V şeklinde bir yapı ile sağlandığını bulmuşlardır. Bu özel yapı, tozlaşma mekanizması için önemli olan karinanın hareketli olmasını sağlar. Petaller genellikle diğer çiçek kısımlarına yapışır. Petallerin ve petalooid sepallerin rengi beyaz ve sarıdan pembe, mor ve mavinin çeşitli tonlarına kadar değişir. [79], [29].

Androkeumdaki varyasyona genel bir bakış Eriksen tarafından verilmiştir. Stamen sayısı iki ile on arasında değişir. *Xanthophyllum* ve *Diclidanthera* cinslerine ait türlerde on stamen bulunur. Ayrıca, çoğu cinsten, adaksiyel ercik için hiçbir zaman vasküler bir iz oluşmaz. Çoğu cinsin sekiz stamini vardır. *Polygalaceae*'deki sekiz stamene sahip cinsler arasında, sekizinci ercik gelişimi, vasküler izinin eksen dışı pozisyonunda bölünmesinden kaynaklanmaktadır. *Carpolobieae* cinsinde sadece beş stamen gelişir. Anterler temelde tetrasporangiyattır. Belirli cinslerde hakim olan bisporangiyat durumu, iki ventral sporangiyanın baskılanmasının sonucudur. Filamentler genellikle korolla loblarına yapışır veya birbirleriyle birleşerek bir tüp veya kılıf oluşturur [81], [82], [62], [25].

Ovaryum iki veya sekiz karpelden oluşur. Chodat ve Leinfellner'e göre, bikarpellat ovaryumlar plesiomorfik bir durumdur. Bikarpellat taksonlar kesinlikle sayı olarak ailede en yaygın olanlardır ancak kardeş taksonlarla (*Surianaceae*, *Quillajaceae*) karşılaştırıldığında, bazal karpel sayısının beş olabileceğini düşünülmektedir. *Polygalaceae* ailesindeki *Diclidanthera* ve bazı *Moutabea* cinlerine ait taksonların ovaryumları pentakarpellattır. *Xanthophylleae*'de ovaryumlar bikarpellattır. *Polygala* L. ovaryumları bikarpellattır veya bazen bir karpel azalır, bu da psödomonomerli meyvelerle sonuçlanır. *Securidaca longepedunculata* türünde ve *Monnina* ile *Pteromononina* gibi diğer psödomonomerik cinslerde, sadece abaksiyal karpel genişler [83], [25]. *Xanthophyllum* cinsi hariç, her loküle tek bir ovül vardır. *Xanthophyllum*'da yerleşim parietaldir. Kalan tribuslarda ovaryum, septum ve duvarın birleştiği ovaryum duvarına bağlanır. Vasküler anatomi temelinde, plasentasyon en iyi parietal olarak anlaşılır, çünkü ovaryum duvarından ovüllere iner [81], [62]. Stil düz-düzenli, apikal olarak kavisli ve genikülat genellikle çatallıdır [82], [83]. *Securidaca longepedunculata* ve *Polygala virgata* var. *decora*, türlerinde yüzey açıktır, ancak *Polygala* 'da bir kütikül membranı ile kaplanmış tek bir stylar kanal vardır [6].

1.2.3. *Polygalaceae* Familyası Çiçeklenmesi

Polygalaceae familyasında çiçek salkımları aksiller veya terminal olabilir. Genellikle rasemöz çiçek durumuna sahiptirler [84]. Bu aynı zamanda *Fabaceae* familyası ile paylaşılan bir karakterdir [76]. Pediküller kısa olabilir ve bu durum çiçek salkımını sivri uçlu hale getirir. *Bredemeyera* ve *Barnhartia* cinsinde ise çiçek salkımları genellikle dallıdır. Ayrıca salkımlar *Polygala*, *Xanthophyllum* ve *Securidaca* cinsinde de görülür.

Krüger ve Robbertse, *Securidaca longepedunculata*'da küçük braktelerin koltuk altlarında gelişmemiş aksiller tomurcuklar gözlemlemiştir, bu durum rasemöz çiçek durumunun çiçek salkımı potansiyeline sahip olabileceğini düşündürür. *Monnina* cinsinde, çiçek salkımları genellikle dallıdır, ancak birkaç salkım ana gövdenin yan kısımlarından dallanır ve süpürge benzeri bir görünüme neden olur. Bu yapılara bileşik rasemöz denir [85].

1.3. Çiçek Tomurcuğu

Angiospermler, vasküler bitkilerin baskın ve en yaygın grubunu oluşturur ve çeşitli ekolojik habitatlara yayılmaktadır. Bir çiçeğin ne olduğunun ve nasıl gelişeceğini evrimsel tarih boyunca tanımlanması, nesiller boyu botanikçilerin ilgisini çekmiştir. Ancak fosil kanıtlarının olmaması çiçeğin kökeninin anlaşılmasında ciddi engellerden biridir. Çiçeğin gelişimi ile ilgili çok miktarda literatür bilgisine ulaşabilmemize rağmen, çiçek organlarının çiçek ekseninin farklılaşması için gen işlevinde spesifik değişiklikleri içeren çiçek gelişimi hakkındaki mevcut bilginiz oldukça eksiktir. Doğal genetik mekanizmaların anlaşılması, bunların çevresel ve fizyolojik faktörler tarafından değiştirilmesi, bitki bilimcileri için çözülmesi zor problemlerdir. Farklı yapılarda organizasyona sahip olan çiçeğin temel doğasının yorumlanmasında birbirinden farklı bakış açıları ifade edilmiştir. Pfeffer, Goldsmith, Hafenrichter ve Ball gibi bilim adamlarının çiçekler üzerindeki çalışmalarına baktığımızda çiçek yapısı, büyümesi, hareketleri ve işlevlerini incelemek oldukça zor olmuştur. Ancak modern bitki bilimcileri gelişen teknoloji ile birlikte; optik, taramalı elektron mikroskobu, fotografik gereçler ve doku kültürü teknikleri sayesinde, çiçek büyümesi ve gelişimi gibi süreçleri multidisipliner olarak inceleme fırsatı bulmuştur [86], [87], [88], [89].

Çiçekli bitkilerle çalışan sitologlar, bazı türlerde mayozda mikrosporositler veya mitozda mikrosporlar içeren anterlerin belirli boyutlardaki çiçek tomurcuklarını seçerek bir dereceye kadar kesin olarak bulunabileceğine inanırlar. Bu, en azından, çiçek tomurcuğunun genel büyümesi ile polen oluşumundan önceki ve buna dahil olan nükleer süreçler arasında tutarlı bir korelasyon olduğunu gösterir. Angiospermlerin eşeyli üreme dışında üreme sistemleri olmasına rağmen, çiçeğin temel işlevleri şunlardır: mikrosporların oluşumu, polen oluşumu, erkek gametofitlerin yönlendirilmesi, gametik birlik, tohumların oluşumu ve bunlarla ilişkili yapılardır. Çiçekler, genetik

rekombinasyonu ve gen göçünü teşvik ederek seçici baskıları karşılamak ve evrimsel tepkileri hızlandırmak için çeşitli adaptif mekanizmalar sergiler [90].

Fotoperiyodik olarak incelenen bitkilerde florijenik bir uyarının yapraklardan tomurcuklara hareketi bilinmesine rağmen, çiçek oluşumunu düzenleyen iç olaylar belirsizliğini korumaktadır. Özellikle bitkilerde, oksin, sitokinin ve giberellin çiçeklenmeyi indükleyebilir, ancak bu maddelerin hiçbiri, hem uzun gün hem de kısa gün bitkilerinde tamamen etkili değildir ve bu hormonlar çiçeklenmenin gerekli ihtiyaçlarını tam olarak karşılayamaz [91].

Çiçek tomurcuğu oluşumu, fizyolojik ayırmadan başlayarak morfolojik ayrımla sonuçlanan bir süreç halinde gelişir [92]. Meyve türlerinde çiçek tomurcuğu farklılaşması vejetasyon içerisinde değişik dönemlerde gerçekleşebilmektedir. Çiçek taşıyan tomurcukların oluşumu, büyümenin erken evrelerinde farklılaşmamış olan tomurcuğun meristematik tepesinin çiçek taşıyan bir yapıya dönüşmesini gerektiren bir süreçtir. Böyle bir süreç genel olarak iki aşamaya bölünür: ilk, indüksiyon aşamasında, tomurcuk bitkinin hem içinde hem de dışında bir dizi koşullanmadan geçer. İkinci aşamada ise tepe meristeminde bu tür biyokimyasal değişiklikler onu bitkiye 'bağlayacak' şekilde üreme yapılarının oluşmasını sağlar. Bu aynı zamanda, tomurcuğun bir çiçek tomurcuğuna dönüşme veya daha fazla gelişmeme olasılığı gibi bir durumunu belirtmek için 'tersine çevrilemezlik' aşaması olarak da adlandırılır.

Farklılaşma evreleri incelenebilir, bu sayede çok sayıda anatomik araştırma sayesinde, kural olarak, yaprak döken türlerin, çiçeklenmeden önceki büyüme mevsiminde (yaz-sonbahar) çiçek farklılaşmasına başladıkları dönemi ve devam eden süreci tespit etmeleri mümkündür. Yapracağını döken bitkilerin çiçeklenme dönemleri, çiçeklenmeden hemen önceki haftalarda incelenebilmektedir. Ancak yaprağını dökmeyen bitkilerde ise çiçeklenme dönemi sonbahar-kış aylarında başlayarak daha sonraki tarihlerde farklılaşır. Buna rağmen yaprağını döken bitkilerin çiçeklenme zamanıyla neredeyse kesintisiz bir şekilde süreci birlikte tamamladıkları bilinmektedir. Çiçeklenmeden hemen önceki haftalarda incelemenin tamamlanması; yaprak dökmeyenlerde ise tam tersine, sonbahar-kış aylarında başlayarak daha sonraki tarihlerde farklılaşır ve çiçeklenmeden hemen önce, diğer türlerle aynı çiçek oluşturma zamanının saptanması daha zordur, çünkü çoğunlukla ilgili modifikasyonlar fizyolojik bir yapıya sahiptir ve bu nedenle mikroskobik olarak

saptanamaz. Ayrıca, bu aşamanın bir süresi vardır. Bu bireysel tomurcuktaki sürecin uzunluğu ile tam olarak alakalı değildir [93], [94], [95].

1.4. Amaç ve Hedef

Bu tez çalışması kapsamında, Türkiye’de doğal olarak yayılış gösteren *Polygala monspeliaca* L., *P. turcica* Dönmez & Uğurlu, *P. anatolica* Boiss. & Heldr. ve *P. vulgaris* L. türleri için sistematik botanik bilgileri ile karşılaştırmalı embriyolojik morfolojik ve mikromorfolojik bir araştırma amaçlanmıştır.

Bu tez çalışması ile;

1. Çiçekli dönemlerde araziden toplanan bazı *Polygala* türlerinin, morfolojik özellikleri ile embriyolojik özellikleri arasındaki ilişkinin ortaya çıkarılması;
2. Hedef türlerin embriyolojik gelişimlerinin arazi örneklerinde karşılaştırmalı olarak çalışılması;
3. Taramalı elektron mikroskopunda (SEM) ve stereo mikroskopunda yapılacak morfolojik ve mikromorfolojik çalışmalar ile türlerin çiçek parçalarının gelişimini araştırarak, embriyoloji ile çiçek morfolojisi arasındaki bağlantının daha belirgin hale getirilmesi ve cinsin üreme özelliği için yeni veriler sağlanması hedeflenmiştir.

2. MALZEMELER VE YÖNTEMLER

Tez çalışması kapsamında yapılan literatür araştırmaları sonucu ÷lkemizde yayılış g÷steren *Polygala monspeliaca* L., *P. turcica* Dñnmez & Uğurlu, *P. anatolica* Boiss. & Heldr. ve *P. vulgaris* L. t÷rleri detaylı şekilde incelenmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda 18 t÷r ve 2 altt÷r için hiç embriyolojik çalışma yapılmadığı, 14 *Polygala* taksonu için ise taksonomik ve anatomik çalışmaların kısıtlı olduğu saptanmıştır. T÷rkiye’de bulunan ve taksonomik ÷zellikleri temel alınarak seçilmiş dñrt *Polygala* t÷rünün embriyolojik gelişim ÷zelliklerinin araştırılması uygun g÷r÷lmüşt÷r. Cins içinde taksonomik ÷zellikleri bakımından birbirinden uzak olan, *Polygala monspeliaca*, *Polygala turcica*, *Polygala anatolica* ve *Polygala vulgaris* t÷rleri, bu tez çalışması için belirlenmiştir.

2.1. Arazi alışmaları

Üzerinde embriyolojik çalışma yapılacak olan dñrt *Polygala* t÷rünün ÷rnekleri daha ÷nce yapılan arazi çalışmalarında toplanmıştır. Ancak morfolojik ve mikromorfolojik çalışmalar için ihtiyaç duyulan bitki materyalinin sağlanması amacıyla ÷nceden bilinen lokalitelere tekrar arazi çalışması dñzenlenmiřtir. Toplanan ÷rneklerin lokalite bilgileri (koordinat, y÷kseklik, habitat) kayıt altına alınmış ve ÷rnekler habitatlarında fotoğraflanmıştır. Çalışılan taksonlar, ÷rnek numaraları ve lokalite bilgileri izelge 2.1.1.’de verilmiştir.

Çizelge 2.1.1. Çalışılan taksonların adı, ÷rnek numaraları ve toplama bilgileri.

| | |
|--------------------|---|
| <i>P. vulgaris</i> | A8 Erzurum: Oltu, Duralar K÷y÷’ne varmadan Maden yolu, Maden’e 2. km, <i>Juniperus</i> açıklığı, killi yamaçlar, 1421 m, 40°-29’-29.9’’-K, 41°-56’-20.9’’-D, 25.7.2020, A. A. Dñnmez 20743-Y. Kaya A8 Erzurum: Oltu, Duralar K÷y÷’ne varmadan Maden yolu, Maden’e 2. km, <i>Juniperus</i> açıklığı, killi yamalar, 1421 m, 40°-29’-29.9’’-K, 41°-56’-20.9’’-D, A. A. Dñnmez 20896-Y. Kaya |
|--------------------|---|

| | |
|-------------------------------------|---|
| <p><i>P. monspeliaca</i></p> | <p>Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti: Geçitköy, 74 m, A. <i>Cantaş Ünlü</i> 003</p> <p>Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti: Geçitköy civarı, 80 m, 19.04.2021, A. <i>Cantaş Ünlü</i> 004</p> <p>C1 Muğla: Datça, Datça tarafından giriş, 1. km, Amazon Koyu karşısı, serpantin, bodur makilik, 6m, 36°-48'-12,91"-K, 028°-03'-41.2"-D, 16.04.2021, A. A. <i>Dönmez</i> 20797–E. O. <i>Karahan</i></p> |
| <p><i>P. turcica</i></p> | <p>A9 Kars: Değirmendere köprüsünden Karakurt'a çakıllı bozkır yamaçları, 1329 m, 44°-37'-13.8"-K, 38°-31'-34.7"-D, A. A. <i>Dönmez</i> 20390–Y. <i>Kaya</i></p> |
| <p><i>P. anatolica</i></p> | <p>B6 Erzincan: Refahiye, Sakaltutan Geçidi'nden Refahiyyeye 15. km, bozkır, 1700 m, 44°-15'-68.8"-K, 37°-49'-88.4"-D, 25.05.2019, A. A. <i>Dönmez</i> 20148</p> <p>A3 Sakarya: Geyve, Çamlık Köyü yol ayrımı çevresi, <i>Pinus nigra</i> açıklığı, 640 m, 40°-26'-35.4"-K, 30°-22'-47"-D, 18.06.2021, A. A. <i>Dönmez</i> 20856–E. O. <i>Karahan</i></p> |

Belirlenen *Polygala* türlerinin çiçek tomurcuğu oluşumu ve gelişimini incelemek için farklı boyutlarda tomurcuk ve çiçek örnekleri toplanmıştır.

Arazi çalışması sırasında elde edilen çiçek tomurcukları 50-100 ml'lik şişelerde, belirlenen çalışmalarda kullanılmak üzere %70'lik alkol içeren tüplere yerleştirilerek etiketlenmiştir. İhtiyaç dahilinde tekrar kullanılmak üzere örnekler +4 °C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir.

2.2. Embriyolojik Çalışmalar

Belirlenen dört taksonun farklı gelişim dönemlerinde çiçek tomurcuklarının kesitleri parafin metoduna göre yapılmıştır [96]. Hazırlanan örneklerden uygun kalınlıklar belirlenerek mikrotom ile kesit alınmış, alınan kesitler albümin-gliserin ile lam üzerine yapıştırılmıştır. Daha sonra kesitler fast green boyama yöntemi ile boyanmıştır. Parafin metodu ile hazırlanan kesitler ışık mikroskopunda incelenmiş ve kameralı mikrofotografi cihazı ile fotoğraf çekimleri yapılmıştır.

2.2.1. Parafin Metodu

Parafin metodu sürekli preparat hazırlanmasında en çok kullanılan metottur. Mikroteknik olarak, Johansen (1940) ve Algan (1981) yöntemi kullanılmıştır [97], [96]. %70'lik alkolde +4 °C sıcaklıkta bekleyen çiçek tomurcuklarına dehidrasyon işlemi uygulanmıştır. Alkol ve ksilol serilerinden geçirilen örnekler şeffaflaştırma işlemi uygulanmıştır. Bu sayede örnekler yarı şeffaf hale gelmiş hem alkol hem de parafin ile karışabilir olma özelliği kazanmıştır. Uygun hale gelen örnekler ksilol içinde parafine doyurulmuştur. Parafine doyurma işlemi uzun sürede yavaş yavaş yapılmıştır. Pul parafin ve rendelenmiş kalıp parafin karıştırılarak saf ksilol içinde bulunan örnekler az miktarda eklenmiş oda sıcaklığında 1-2 gün süreyle bekletilmiştir. Daha sonra örnekler 35-40 °C'lik etüve alınmıştır, 2-3 gün süreyle parafin eridikçe parafin ilave edilmiştir. Ksilen parafinle doymuş duruma getirildikten sonra örneklerin bulunduğu tartım kaplarının kapakları açılmış ve etüvün sıcaklığı 55-60 °C'ye çıkarılarak ksilolün uçması sağlanmıştır. Çiçek tomurcuklarının suyunu aldırma, şeffaflaştırma ve parafine doyurma işlemleri Çizelge 2.2.1.1.'de verilmiştir. Daha sonra örnekler kesit yönlerine dikkat edilerek parafin kalıplara yerleştirilmiştir. Parafin bloğa alınan tomurcuk örnekleri trimlenerek tahta bloklara yapıştırılmıştır. Böylece örnekler kesit almaya hazır hale getirilmiştir.

Çizelge 2.2.1.1. Örneklerin suyunu aldırma, şeffaflaştırma ve parafine doyurma.

| | | |
|-------------------------------------|--|---|
| Suyunu alma işlemi (Dehidrasyon) | %80'lik etil alkol | 1 saat 30 dakika |
| | %96'lık etil alkol | 1 saat 30 dakika |
| | %100'lük etil alkol | 30 dakika |
| Şeffaflaştırma işlemi | %96'lık etil alkol-ksilol (3'e 1 oranında) | 1 saat |
| | %96'lık etil alkol-ksilol (1'e 1 oranında) | 1 saat |
| | %96'lık etil alkol-ksilol (1'e 3 oranında) | 1 saat |
| | Saf ksilol | 10 dakika x2 defa |
| | II. Saf ksilol | Parafine doyurma |
| Parafine doyurma işlemi | Pul parafin- kalıp parafin | 48 saat/25 °C oda sıcaklığında |
| | Pul parafin-kalıp parafin | 2-3 gün/35-40 °C'lik etüvde |
| | Pul parafin- kalıp parafin | 3-4 gün/55-60 °C 'lik etüvde (tartım kaplarının kapağı açık durumda) |

Leica SM2000R kızaklı mikrotom ile tomurcuk örneklerinden 10–12 µm kalınlığında boyuna kesitler alınmıştır. Mikrotom cihazı Şekil 2.2.1.1.'de gösterilmiştir. Alınan kesitler, albümin-gliserin ile lam üzerine yapıştırılmış ve lamlar 60 °C'lik etüv içine alınarak parafinin erimesi sağlanmıştır. Albümin-gliserinin hazırlanması Çizelge 2.2.1.2.'de verilmiştir.



Şekil 2.2.1.1. Leica SM2000R marka mikrotom cihazı.

Çizelge 2.2.1.2. Albümin–gliserin hazırlanışı.

| |
|--|
| Albümin – Gliserin |
| 1 adet yumurta akı filtre kağıdından süzülür. |
| Süzülen yumurta akının içine aynı oranda gliserin ilave edilerek birkaç timol kristali atılır. |
| Buz dolabında +4 °C saklanır. |

Parafin eridikten sonra lamalar, kesitlerin çevresinde ve içinde bulunan parafinin erimesi için bir kaç gün süreyle saf ksilol içinde bekletilmiştir. Daha sonra kesitler parafinden uzaklaştırılmış ve safranin-fast green ikili boyama yöntemi ile boyanmıştır [96]. Kesitlerden parafinin uzaklaştırılması Çizelge 2.2.1.3.'de verilmiştir. Kesitlerin bir kısmı ise, Heidenhain Fe'li hema-toksilen boyası ile boyanmıştır. Dehidrasyon boyama işlemi Çizelge 2.2.1.4.'de verilmiştir.

Çizelge 2.2.1.3. Parafinin uzaklaştırılması.

| Uygulama | Kullanılan Kimyasallar | Süre |
|-------------------------|--|----------|
| Parafinden Uzaklaştırma | Ksilol | 5 dakika |
| | Ksilol: %96 etil alkol (3'e 1 oranında) | 5 dakika |
| | Ksilol: %96 etil alkol (1'e 1 oranında) | 5 dakika |
| | Ksilol: %100 etil alkol (1'e 3 oranında) | 5 dakika |
| | %100 etil alkol | 3 dakika |
| | %96 etil alkol | 5 dakika |
| | %80 etil alkol | 5 dakika |
| | %70 etil alkol | 5 dakika |
| | %50 etil alkol | 5 dakika |
| | %30 etil alkol | 5 dakika |

Çizelge 2.2.1.4. Boyanan örneklerle uygulanan dehidrasyon işlemi.

| Uygulama | Uygulama Solüsyonları | Uygulama Koşulları |
|-------------|--|-----------------------|
| Dehidrasyon | Distile su | 3 dakika |
| | %30 etil alkol | 3 dakika |
| | %50 etil alkol | 3 dakika |
| | %70 etil alkol | 3 dakika |
| | %96 etil alkol | 3 dakika |
| | %100 etil alkol | 5 dakika (iki tekrar) |
| | %100 etil alkol :ksilol (2/1 oranında) | 5 dakika |
| | %100 etil alkol:ksilol (1/1 oranında) | 5 dakika |
| | % 100 etil alkol:ksilol (1/2 oranında) | 5 dakika |
| | Saf ksilol | 5 dakika (iki tekrar) |

Ksilol içinde bekletilen boyanmış kesitler Kanada balzamu ile kapatılmıştır. 10–15 gün kuruması için bırakılmıştır. Kapatılıp-kuruyan lamalar temizlendikten sonra

etiketlenmiştir. Hazırlanan preparatlar ışık mikroskopunda incelenmiş ve gerekli değerlendirmeler yapılmıştır.

Fotoğraflar Leica DFC 290 marka kameralı mikrofotografi cihazı ile çekilmiştir. Kullanılan cihazlar Şekil 2.2.1.2.'de gösterilmiştir.



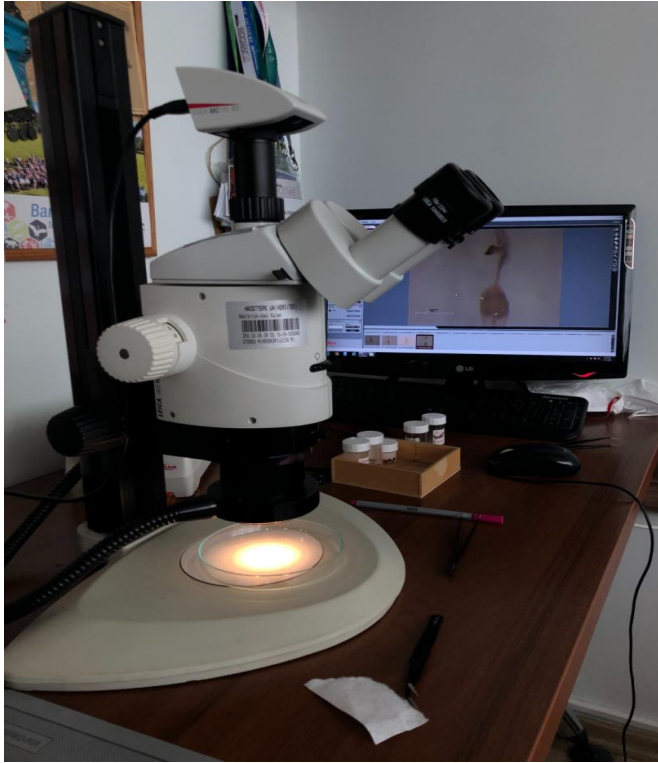
Şekil 2.2.1.2. Leica DFC 290 marka kameralı mikrofotografi cihazı.

2.3. Morfolojik Çalışmalar

Çiçek tomurcuklarının farklı dönemlerdeki gelişme evrelerini incelemek için belirli periyotlarda çiçek tomurcuklarının morfolojik incelemeleri yapılmıştır. Tez çalışması kapsamında toplanan temsilci örnekler Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Herbariyumu'nda (HUB) saklanmıştır.

Morfolojik incelemelerde bitkinin çiçek tomurcuğundaki karakter durumları belirlenip, çiçek tomurcuğunun farklılaşmasını (morfolojik ayırım) ve gelişimini saptamak için fotoğraflanmıştır. İncelemeler sonucunda çiçek tomurcuklarının morfolojik ayırım dönemi ve çiçek tomurcuğunun bazı gelişim dönemlerini saptamak hedeflenmiştir. Alınan örnekler 50-100 ml'lik şişelerde FAA çözeltisi (formalin %10, alkol %50 ve glasiyel asetik asit %5) içerisinde korumaya alınmıştır. Mikroskobik ölçüm ve görüntülemesi yapılan örnekler, stereo mikroskop altında diseksiyon iğnesi yardımıyla

temizlenerek açılmıştır. Erkek ve dişi organ taslaklarının mikroskobik incelemesi için çanak yaprak taslakları ve taç yaprak taslakları ok uçlu iğneler yardımıyla kesilerek çıkarılmıştır. Bu işlemler, çiçek dokularından FAA'nın uzaklaşması esnasında meydana gelebilecek kurumaları önlemek için saf su içerisinde yapılmıştır. Çiçek ve çiçek organ taslaklarının oluşumunun tespit edilmesinde Leica marka stereo mikroskop kullanılmıştır. Kameralı mikrofotografi cihazı ile örneklerin görüntülenmesi ve fotoğraflarının bilgisayara aktarılması sağlanmıştır. Stereo çalışmaları Şekil 2.3.1.'de gösterilmiştir.



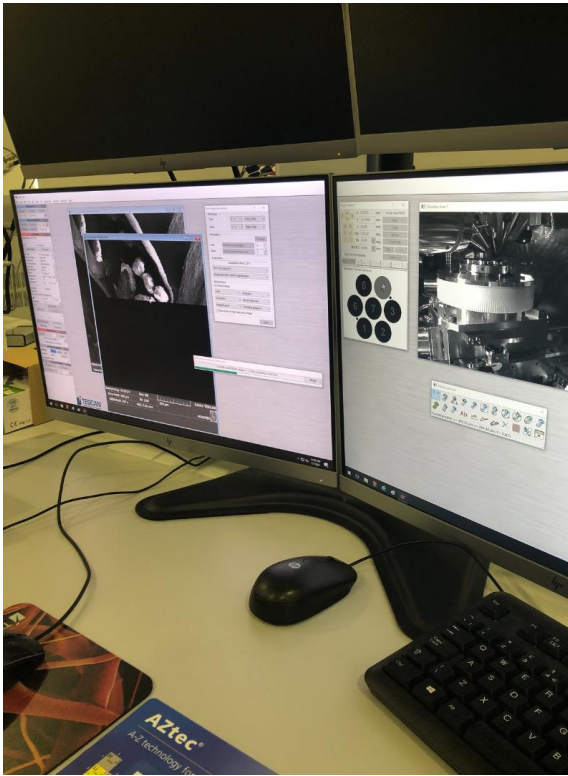
Şekil 2.3.1. Leica stereo mikroskop cihazı.

2.4. Mikromorfolojik Çalışmalar

Bu çalışmada, belirlenen taksonların çiçek karakterleri (çiçek yüzeyinin özellikleri, kütikula yoğunluğu ve katlanmaları, korolla yüzeyinin mevcut ornemantasyonu) mikromorfolojik olarak incelenmiştir. Taramalı Elektron Mikroskopunda (SEM) ışık mikroskobu ile belirlenemeyen özelliklerin tespit edilmesi ve türlerin ayrılmasında ortaya çıkan taksonomik problemlerin çözümüne yardımcı olması amaçlanmıştır.

Mikromorfolojik çalışma için taze çiçek tomurcukları kullanılmıştır. Taramalı Elektron mikroskopunda fotoğraf çekimi yapabilmek için öncelikle çiçek yüzeyi stereomikroskop

altında incelenerek alüminyum obje taşıyıcısı (stap) üzerine çift taraflı karbon fiber bant ile sabitlenmiştir [98]. Sabitlenen örneklerin tüm yüzeyi 12,5-15 nm altın ile kaplanmıştır. İnceleme ve çekimler Hacettepe Üniversitesi İleri Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi (HUNİTEK)'nde yer alan Tescan marka GAIA3 GMU (model 2016) 117-0302 model Tarayıcı Elektron Mikroskopunda (SEM) yapılmıştır. Çekilen fotoğrafların ölçekleri çekim yapılırken otomatik olarak fotoğraf üzerine yerleştirilmiştir. Fotoğraflar 768 x 918 piksel boyutlarında "bmp" formatında dijital ortama kaydedilmiştir. Taramalı Elektron Mikroskopunda (SEM) yapılan çalışmalar Şekil 2.4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.4.1. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) çalışmaları.

3. SONUÇLAR

3.1. Embriyolojik Sonuçlar

Bu araştırmada *Polygala anatolica*, *Polygala turcica*, *Polygala vulgaris* ve *Polygala monspeliaca* türlerinin embriyolojik gelişimleri incelenmiştir. Elde edilen bulgular şu şekildedir:

P. vulgaris, *P. anatolica*, *P. monspeliaca* ve *P. turcica* çiçek tomurcuklarındaki tohum taslaklarından alınan kesitlerde 1. ve 2. evredeki tomurcuklarda iki integüment primordiumun tabandan çıkarak farklılaştığı görülmüştür. Tohum taslağı ovaryumun plesantasından oluşur ve homogeniktir. Alınan kesitlerde tohum taslaklarının iki integüment taşıdığı bitegmik (çift integümentli) olduğu görülmüştür. Tohum taslağının dokusu parankimatiktir. Tohum taslaklarındaki funikulus, mikropil ve embriyo kesesi aynı konumda ve dikey (vertikal) şekilde bulunur. Buna bağılı olarak integümentlerin gelişmesi sonucu daha ileriki evrelerde olgun tohum taslakları mikropilin görünüşüne bağılı olarak, ovaryumun ortotrop (atrop) ovaryum şeklinde olduğu belirlenmiştir. 3. ve 4. evrelerde ise olgun embriyo kesesi teşekkül etmiş kesitlerde tohum taslağı primordiumları plesanta çeperindeki hücrelerden tomurcuklanma ile belirlediğı görülmüştür. Periklinal bölünmelerle üç katmanlı ovüler primordiumun farklılaşmasıyla nusellustaki hücrelerin bazıları ön tarafta çıkıntı meydana getirir. Arkespor hücresi periklinal bölünmelerle primer parietal hücreyi ve primer sporojen hücreleri oluşturur. Primer parietal hücre ovüler primordiumun dış katmanındaki subdermatojen bölgede periklinal bölünmeler geçirir. Bu duruma bağılı olarak alınan kesitlerde tohum taslaklarının krassinusellat tipte görüldüğü belirlenmiştir.

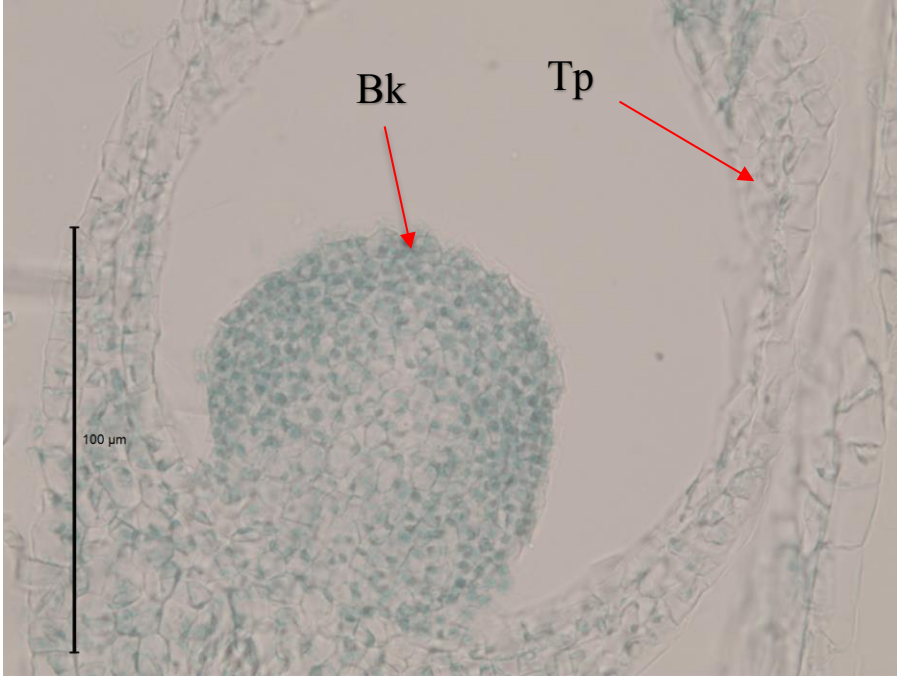
Genel olarak, bitki çiçeklenme sürecinde üç aşama vardır: cinsiyet belirleme, çiçek tomurcuğı farklılaşması ve çiçek organ gelişimi. Cinsiyet belirlemeden çiçek tomurcuğı farklılaşmasına kadar, süreci histolojik düzeyde 4 aşamaya ayırdık:

1. Farklılaşmamış aşama
2. İlk çiçek tomurcuğı farklılaşması
3. Taç yaprak farklılaşması
4. Dişi organ farklılaşması

Buna bağılı olarak, çiçek tomurcuklarının morfolojisi ve gelişim evreleri incelenmiştir.

1. Farklılaşmamış aşama

Hazırlık evresinde çiçek tomurcuklarında henüz farklılaşma başlamadığı tespit edilmiştir. Farklılaşmamış aşamada, yaprak aksillerinin her iki tarafında iki brakte belirlemeye başlamış ve belirgin bir dışbükey apikal meristem gözlenmiştir.

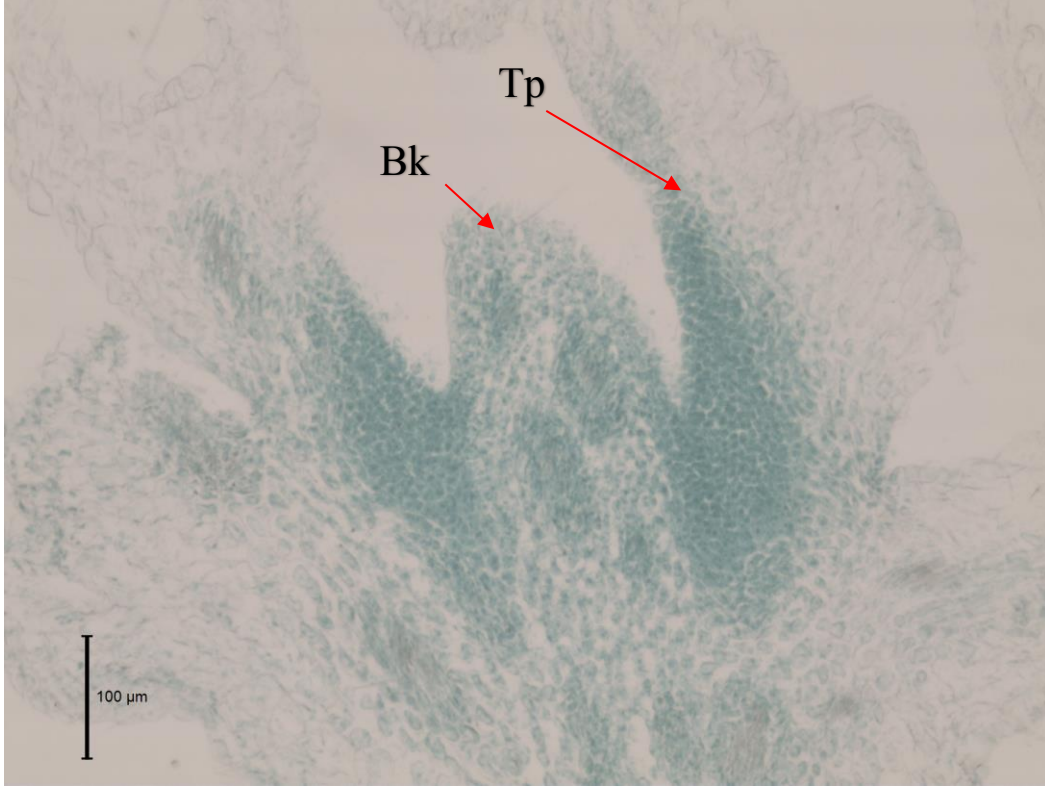


Tp: Tomurcuk pulu

Bk: Büyüme konisi

Şekil 3.1.1. Farklılaşmamış aşamada *Polygala monspeliaca*'nın tomurcuk pulu ve büyüme konisi gelişimi (ACÜ 003, HUB).

Çiçek tomurcuğu farklılaşması başlamadan hemen önce, tomurcuğun tepesi yavaş yavaş sivri bir daireye şeklini almaya başlar.



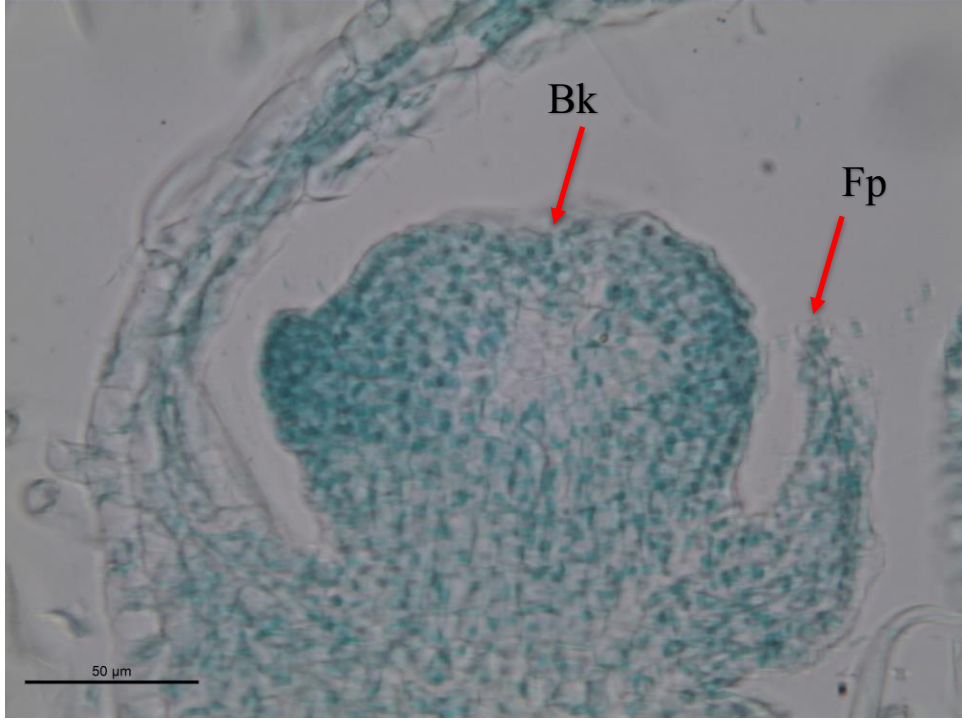
Tp: Tomurcuk pulu

Bk: Büyüme konisi

Şekil 3.1.2. Farklılaşmamış aşamada *Polygala anatolica*'nın tomurcuk pulu ve büyüme konisi gelişimi (AAD 20148, HUB).

2. İlk çiçek tomurcuğu farklılaşması

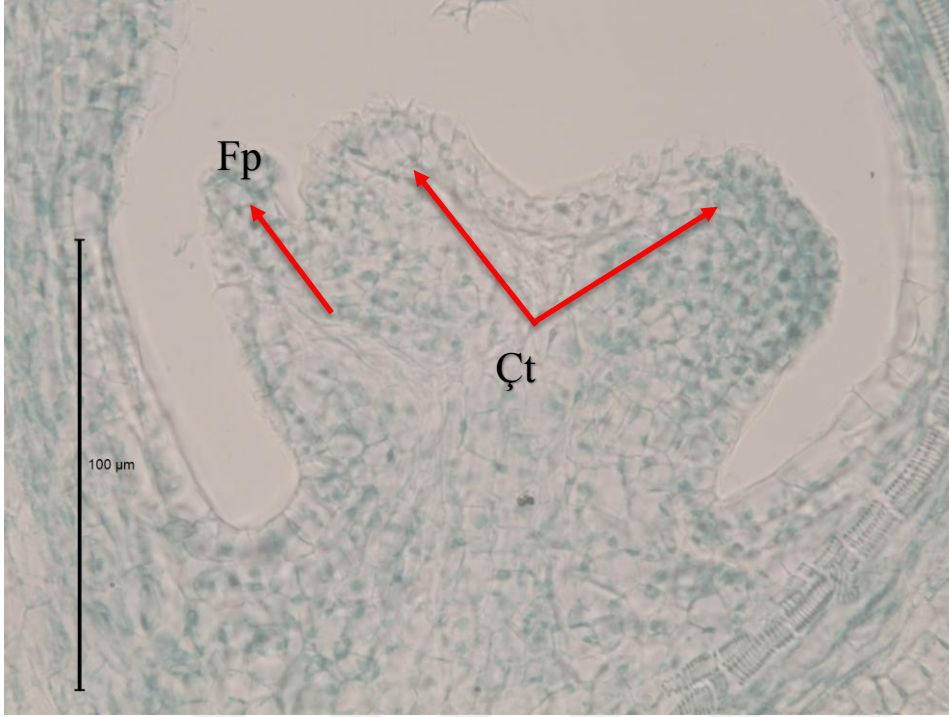
Bu evrede çiçek tomurcukları şişkinleşmeye başlamış, çiçek tomurcuklarında tomurcuk eksenini uzamış ve genişlemiştir. Çiçek tomurcuğundan ilk primordium çıkışları oluşmaya başlamıştır.



Fp: Floral primordium

Bk: Büyüme konisi

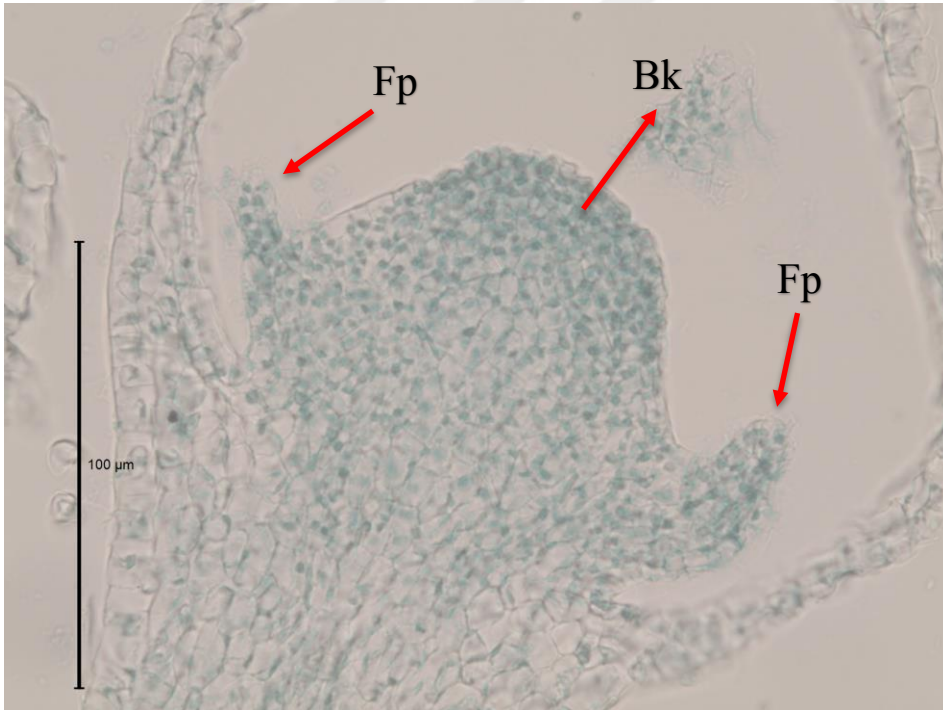
Şekil 3.1.3. *Polygala turcica*'da floral primordium ve büyüme konisi gelişimi (AAD 20390, HUB).



Fp: Floral primordium

Çt: Çiçek taslağı

Şekil 3.1.4. *Polygala monspeliaca*'da floral primordium ve çiçek taslağı gelişimi (ACÜ 003, HUB)



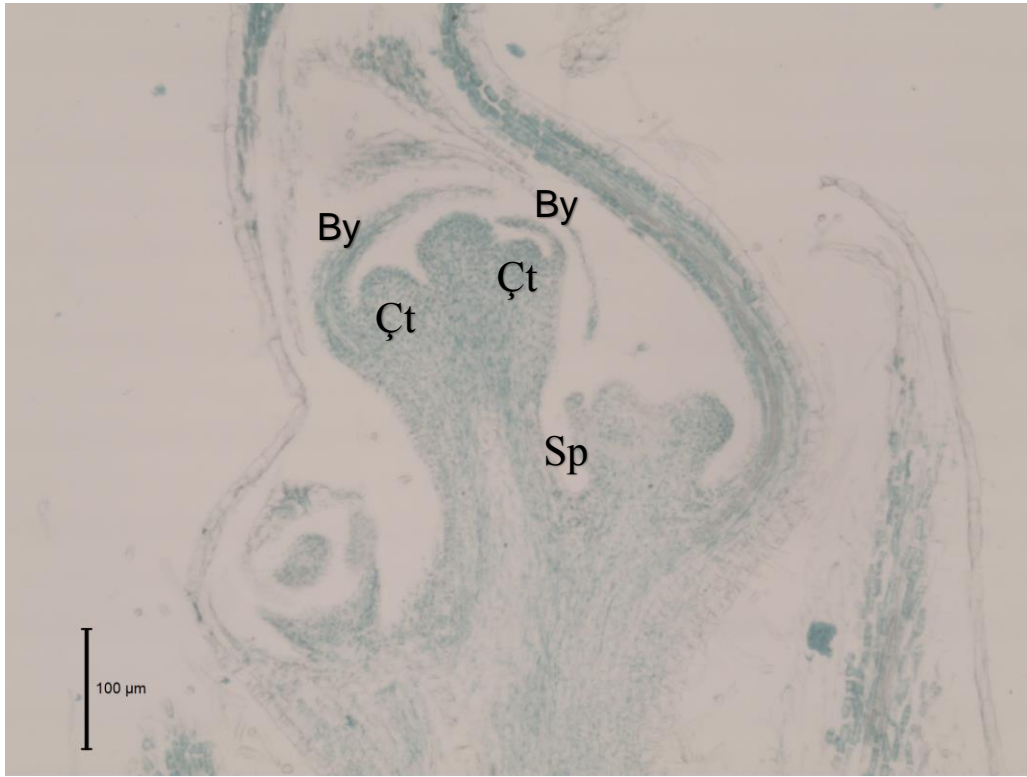
Fp: Floral primordium

Bk: Büyüme konisi

Şekil 3.1.5. *Polygala anatolica*'da floral primordium ve büyüme konisi gelişimi (AAD 20148, HUB).

3. Taç yaprak farklılaşması

Bu evrede çiçek tomurcuğunda gelişmeye devam eden tohum çiçek parçaları tomurcuğu çevrelemeye başlamıştır. Bu evrede dişi organı meydana getiren şişkinlikler oluşmaya başlamıştır. 3. evrede çiçek tomurcuğu taslaklarının oluşumu sona ermeye başlamıştır. Dişi organ taslakları tomurcuğu kaplamaya başlamıştır. Çiçek taslakları genişleyerek orta bölümde hafif kabarmalar görülmeye başlamıştır. Daha sonra çiçek tomurcuğu taslaklarındaki orta bölümde yer alan tepcıklar iyice belirgin hale gelmiştir. Dişi organ taslaklarının çevrelerinde brakteol taslağı oluşmuştur.



Çt: Çiçek taslağı

By: Brakte yaprağı

Sp: Sekonder primordium

Şekil 3.1.6. *Polygala monspeliaca*'da çiçek taslağı brakte yaprağı ve sekonder primordium gelişimi (ACÜ 003, HUB).



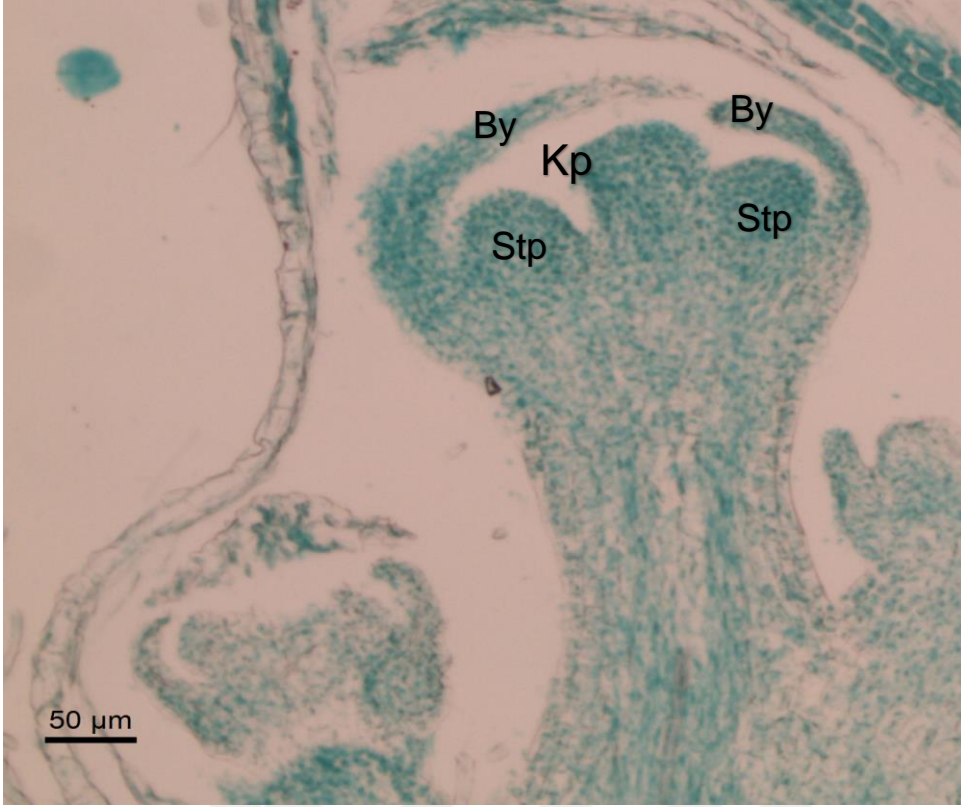
Çt: Çiçek taslağı

By: Brakte yaprağı

Sp: Sekonder primordium

Bk: Büyüme konisi

Şekil 3.1.7. *Polygala turcica*'da çiçek taslağı, sekonder primordium, brakte yaprağı ve büyüme konisi gelişimi (AAD 20390, HUB).



Kp: Karpel primordium

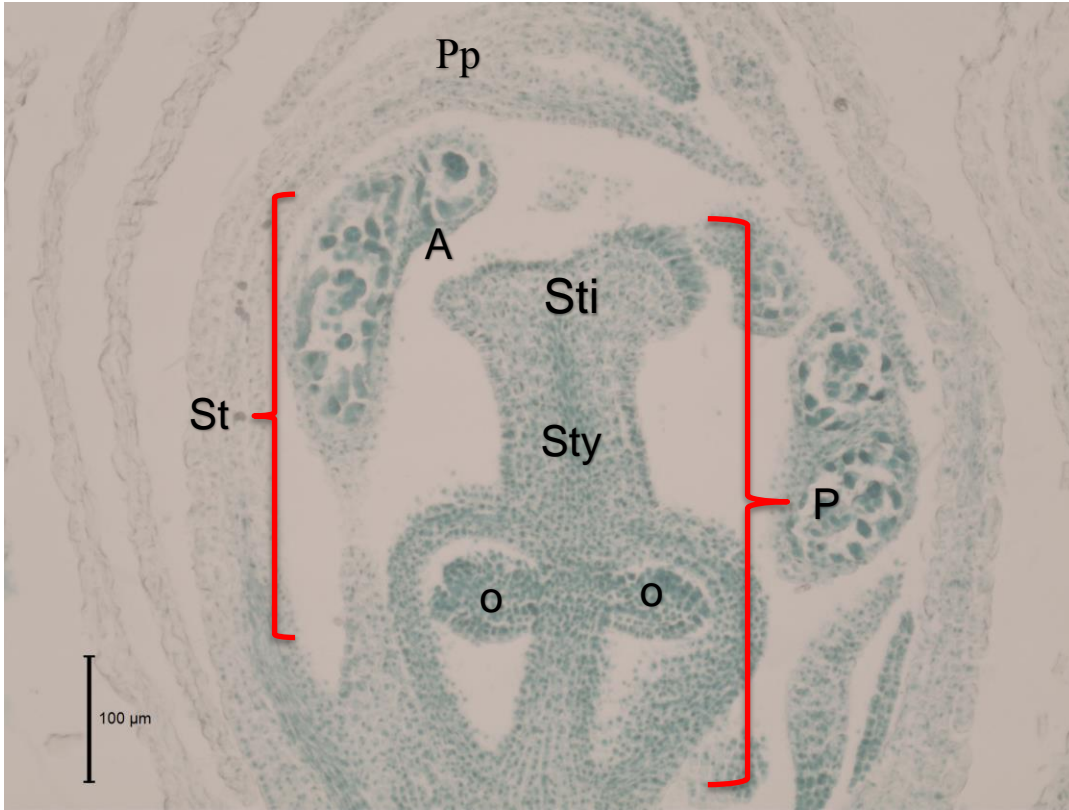
By: Brakte yaprağı

Stp: Stamen primordium

Şekil 3.1.8. *Polygala anatolica*'da brakte yaprağı, karpel ve stamen primordiumu gelişimi (AAD 20148, HUB).

4. Dişı organ farklılaşması

4. evrede dişı organ kısımları belirginleşmiştir. Dişicik borusu yukarıya doğru uzamaya başlamıştır. Çiçek organlarını çevreleyen brakteoller halka şeklinde dokunun etrafını sarmıştır.



Pp: Petal primordium

P: Pistil

St: Stamen

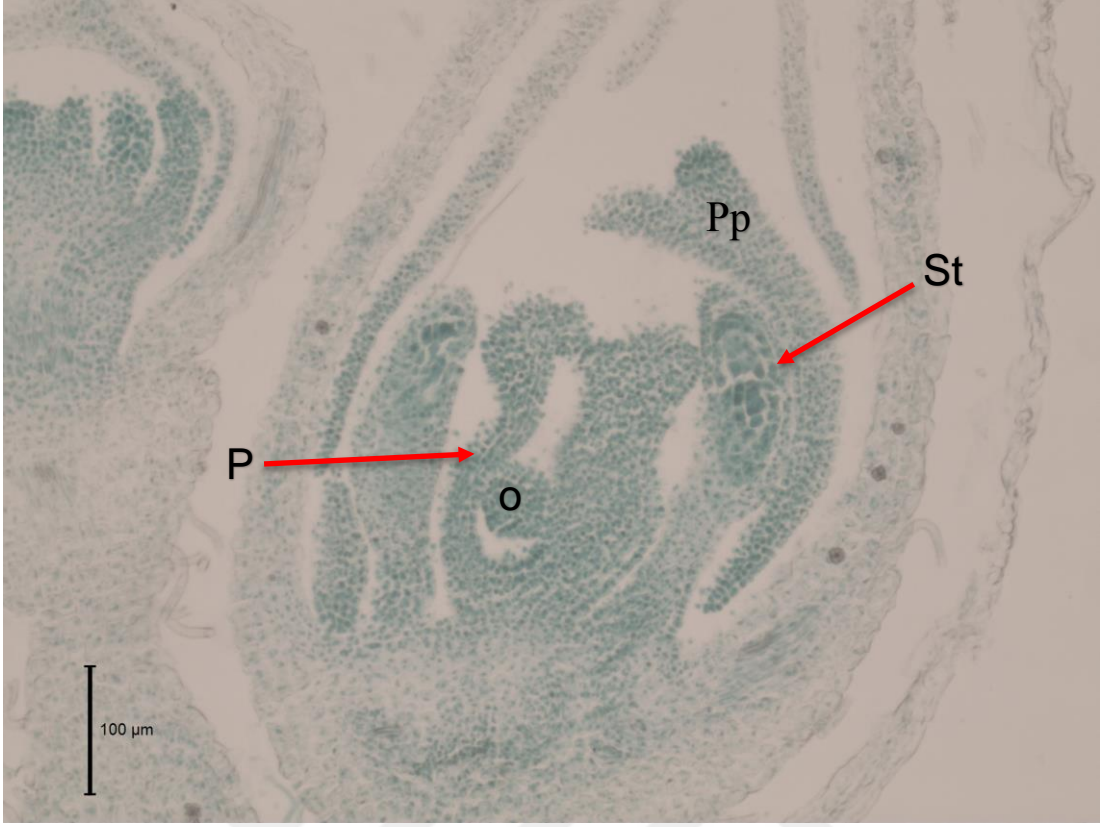
A: Anther

Sti: Stigma

Stl: Stilus

O: Ovül

Şekil 3.1.9. *Polygala vulgaris*'te çiçek organları gelişimi (AAD 20743, HUB).



Pp: Petal primordium

P: Pistil

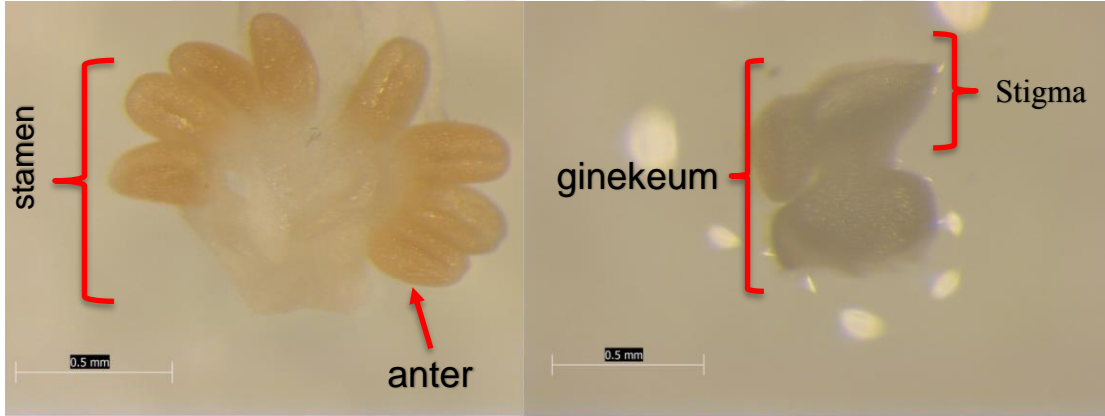
O: Ovül

St: Stamen

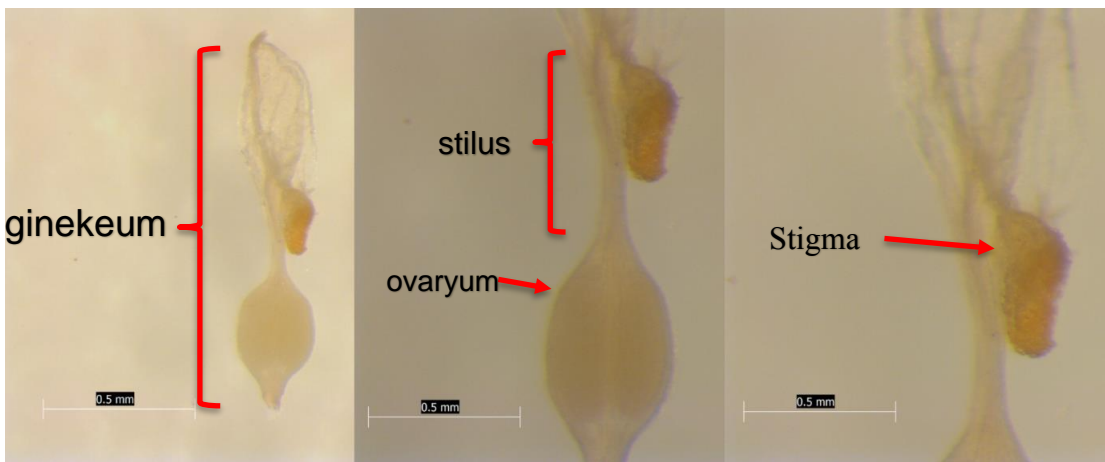
Şekil 3.1.10. *Polygala turcica*'da çiçek organları gelişimi (AAD 20390, HUB).

3.2. Makromorfolojik İnceleme Sonuçları

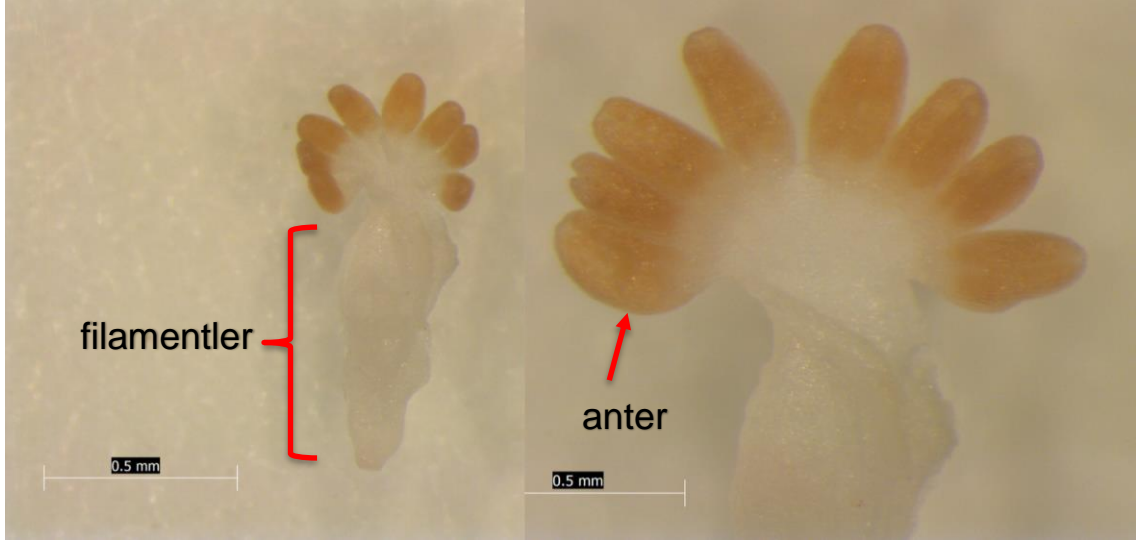
Polygala anatolica, *Polygala vulgaris* ve *Polygala monspeliaca* türleri disekte edilmiş, stereo mikroskop altında incelenerek fotoğraflanmıştır. Elde edilen bulgular şu şekildedir; *Polygala anatolica* ve *Polygala vulgaris*'in erken gelişim evrelerinde (1. ve 2. evre) stigma ile stilus birleşiktir. Ovaryum yapıları tam olarak gelişmemiştir. Stilus birinci evrede henüz belirgin değilken ikinci evrede stilusun uzamaya başladığı görülmektedir. Stamenler monodelpheous (stamenlerin hepsi bir arada bulunur) tipindedir. 8 adet stamene sahip olduğu gözlemlenmiştir. Filamentler korolla loplarına yapışık olup U şeklinde staminal kılıf içinde kaynaştığı tespit edilmiştir. *Polygala anatolica*'nın 1. ve 2. evredeki dişi ve erkek organ görünüşleri Şekil 3.2.1., Şekil 3.2.2. ve Şekil 3.2.3.'de verilmiştir. *Polygala vulgaris*'in 1. ve 2. evredeki dişi ve erkek organ görünüşleri Şekil 3.2.4. ve Şekil 3.2.5.'de verilmiştir.



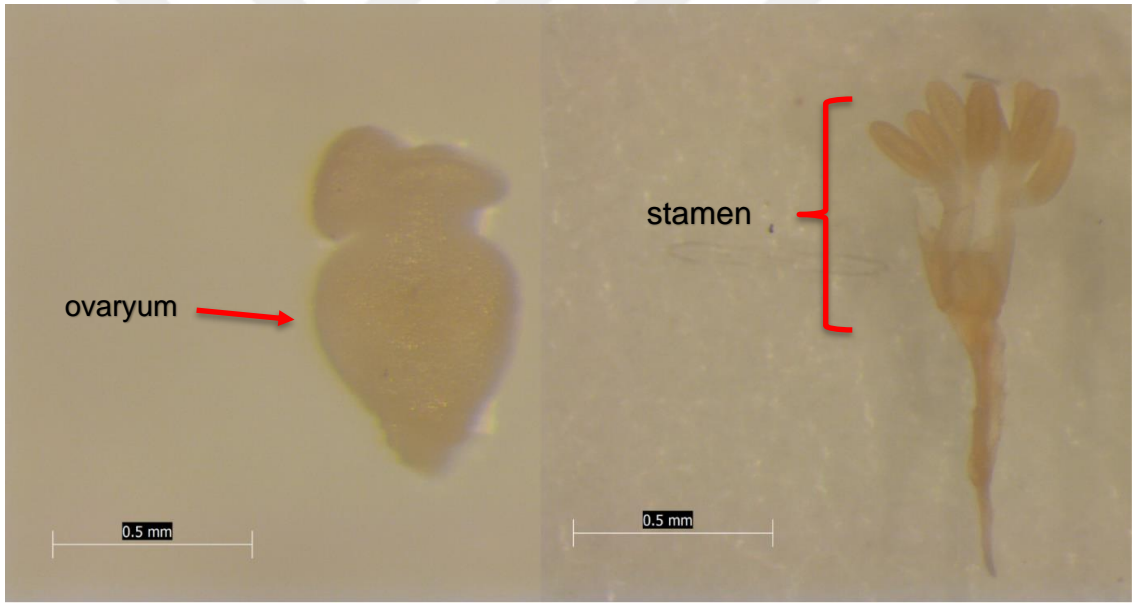
Şekil 3.2.1. *Polygala anatolica* 1. evrede dişi ve erkek organ görünüşleri (AAD 20797, HUB).



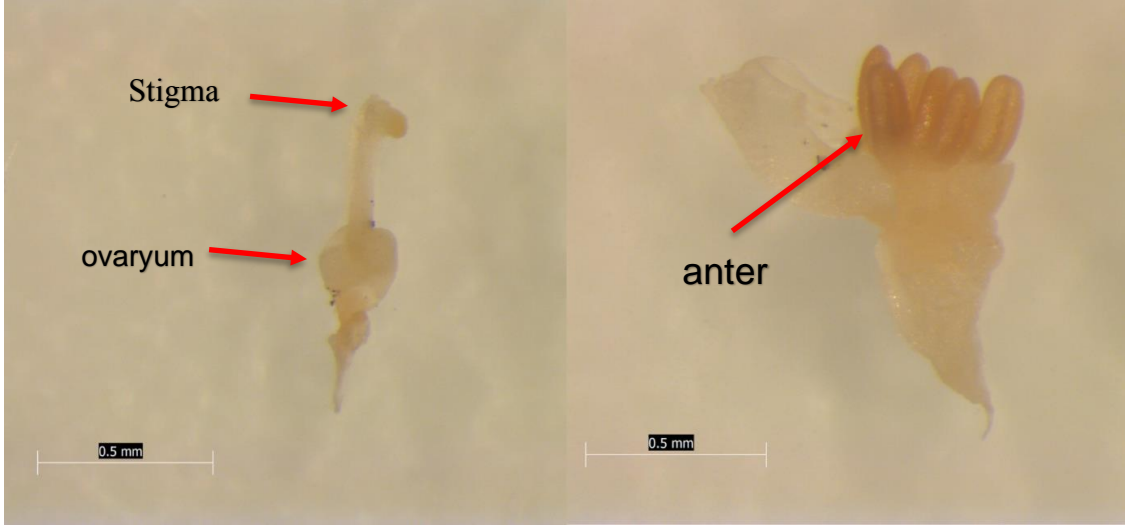
Şekil 3.2.2. *Polygala anatolica* 2. evrede dişi organ görünüşleri (AAD 20797, HUB).



Şekil 3.2.3. *Polygala anatolica* 2. evrede erkek organ görünüşleri (AAD 20797, HUB).

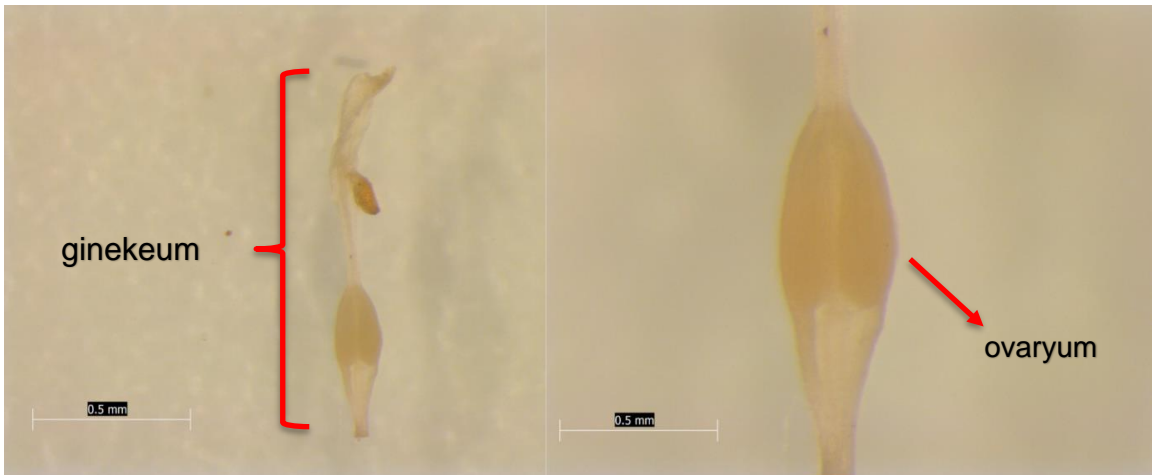


Şekil 3.2.4. *Polygala vulgaris* 1. evrede dişi ve erkek organ görünüşleri (AAD 20896, HUB).



Şekil 3.2.5. *Polygala vulgaris* 2. evrede dişi ve erkek organ görüntüleri (AAD 20896, HUB).

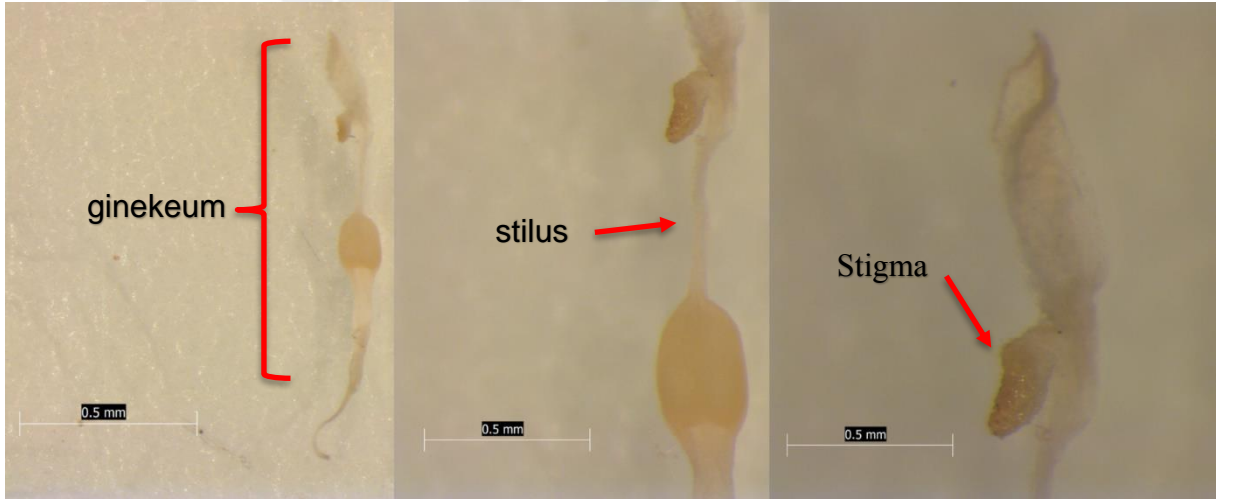
Olgun evrelerde ise, (3. ve 4. evre) ovaryum belirginleşerek kalpsi bir görünüm kazanmıştır. Ovaryumun her biri içinde apikal olarak bağlı tek bir ovülün bulunduğu iki lokula bölündüğü tespit edilmiştir. Nispeten uzun bir stile sahip olduğu belirlenmiştir. Anter yarıklarının daha belirgin olduğu sekiz adet stamen tespit edilmiştir. Stamenlerin tabanda birleşerek kılıf şeklini aldıkları tespit edilmiştir. Anterlerin bisporangiat olduğu gözlemlenmiştir. *Polygala anatolica*'nın 3. ve 4. evreki dişi ve erkek organ görüntüleri Şekil 3.2.6., Şekil 3.2.7., Şekil 3.2.8. ve Şekil 3.2.9.'de verilmiştir. *Polygala vulgaris*'in 3. ve 4. evreki dişi ve erkek organ görüntüleri Şekil 3.2.10. ve Şekil 3.2.11.'de verilmiştir



Şekil 3.2.6. *Polygala anatolica* 3. evrede dişi organ görüntüleri (AAD 20797, HUB).



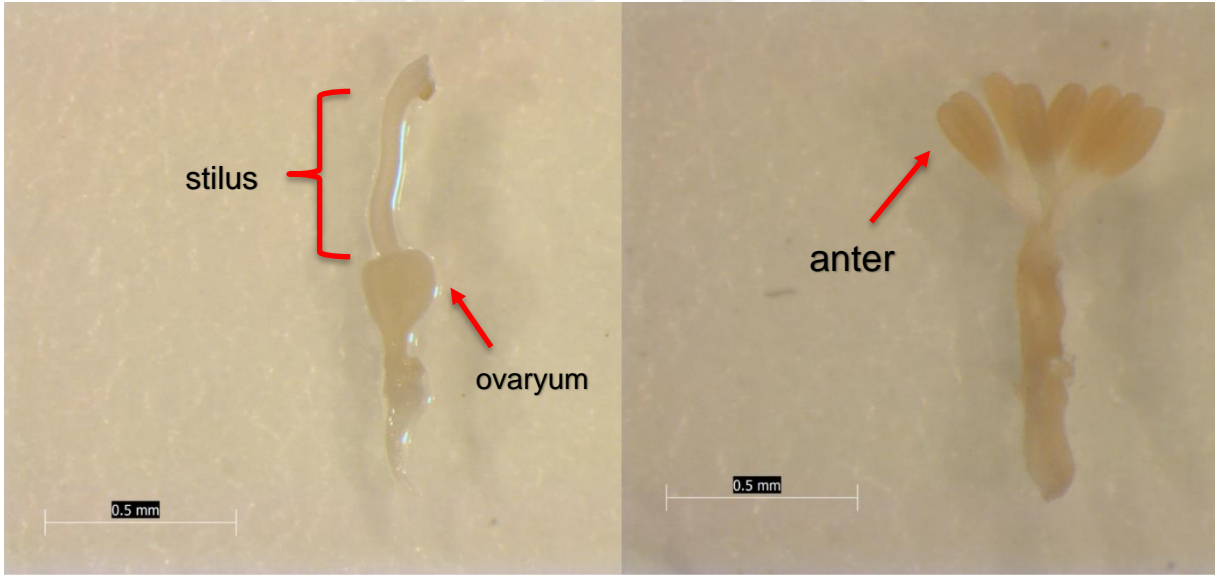
Şekil 3.2.7. *Polygala anatolica* 3. evrede erkek organ görünüşleri (AAD 20797, HUB).



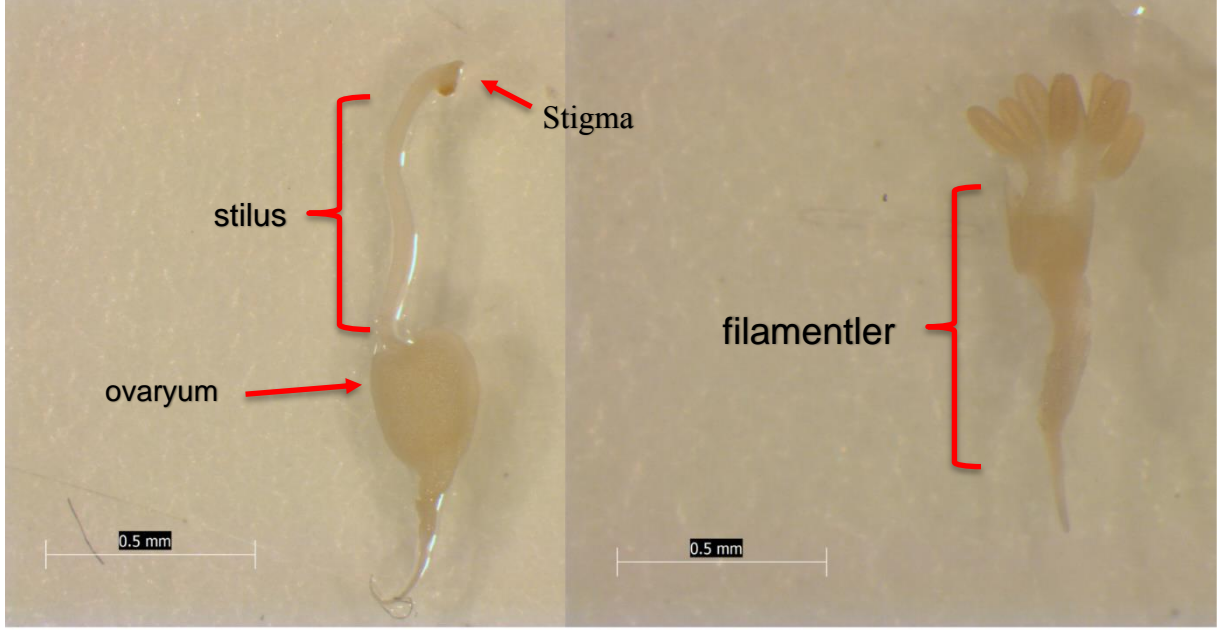
Şekil 3.2.8. *Polygala anatolica* 4. evrede dişi organ görünüşleri (AAD 20797, HUB).



Şekil 3.2.9. *Polygala anatolica* 4. evrede erkek organ görünüşleri (AAD 20797, HUB).

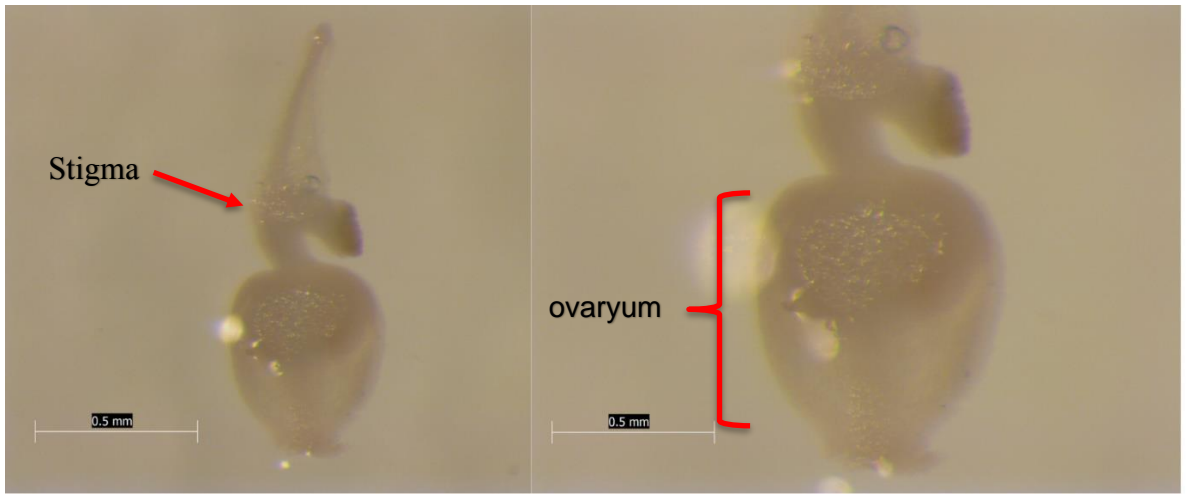


Şekil 3.2.10. *Polygala vulgaris* 3. evrede dişi ve erkek organ görünüşleri (AAD 20896, HUB).

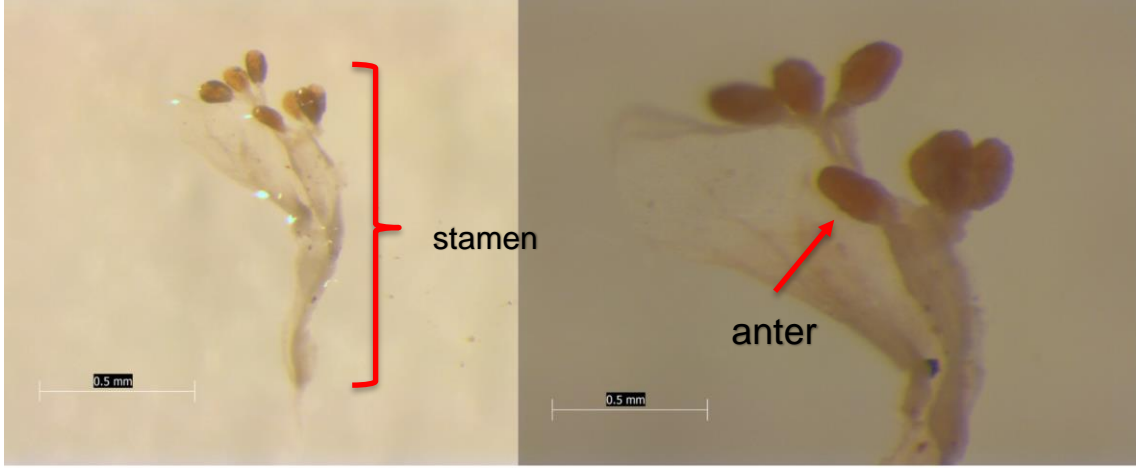


Şekil 3.2.11. *Polygala vulgaris* 4. evrede dişi ve erkek organ görünüşleri (AAD 20896, HUB).

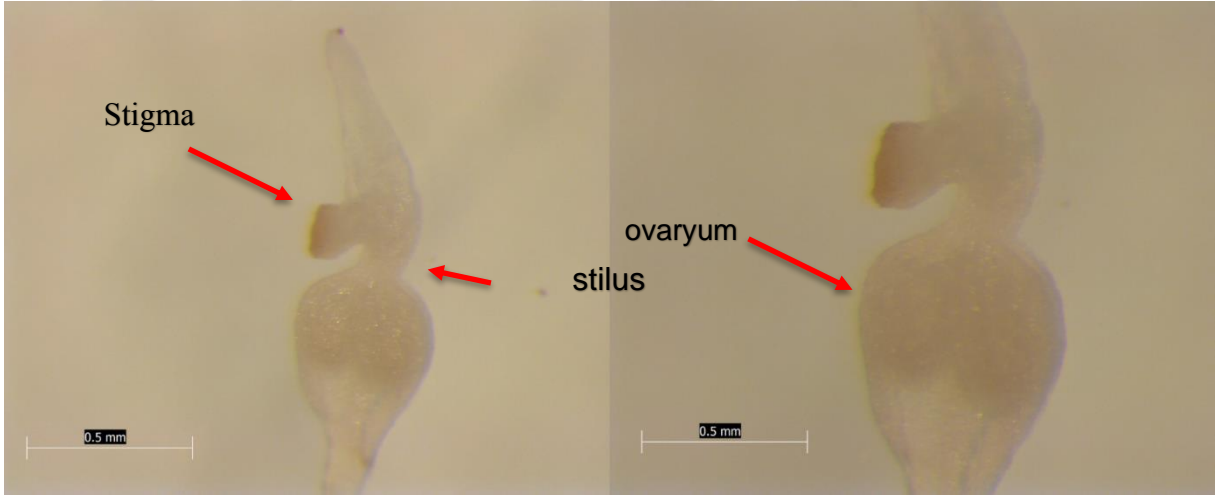
Polygala monspeliaca türünün 1. ve 2. evrelerinde ovaryum yapıları tam olarak gelişme göstermemiştir. Stigma alt lobunun *Polygala anatolica* ve *Polygala vulgaris* 'e göre daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. Sekiz adet stameni mevcuttur. Filamentlerin alt kısımlarının birleşik ve yukarıda siliat şeklinde olduğu tespit edilmiştir. *Polygala monspeliaca*'nın 1. ve 2. evreki dişi ve erkek organ görünüşleri Şekil 3.2.12., Şekil 3.2.13., Şekil 3.2.14. ve Şekil 3.2.15'de verilmiştir.



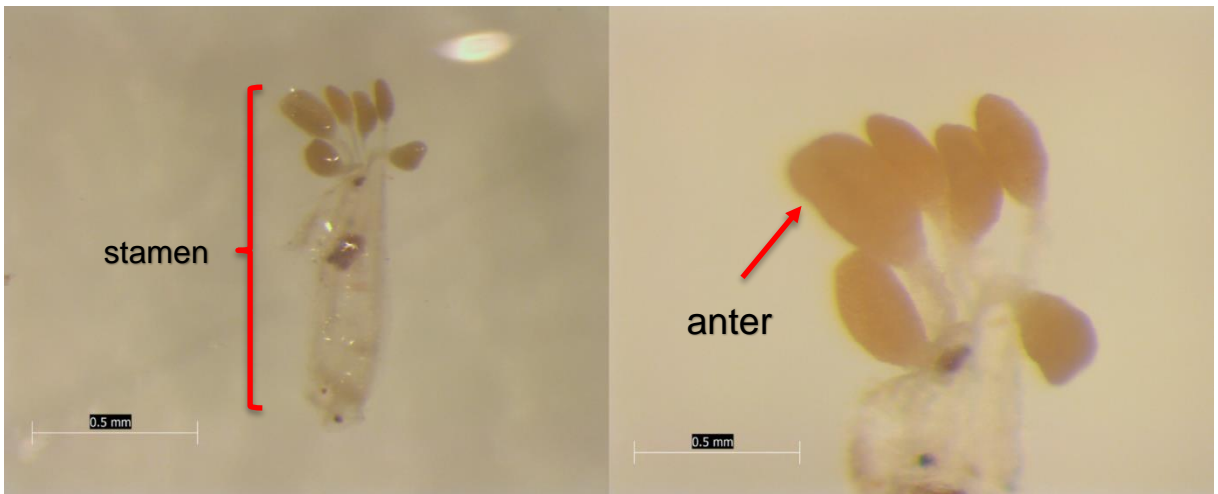
Şekil 3.2.12. *Polygala monspeliaca* 1. evrede dişi organ görünüşleri (AAD 20797, HUB).



Şekil 3.2.13. *Polygala monspeliaca* 1. evrede erkek organ görünüşleri (AAD 20797, HUB).

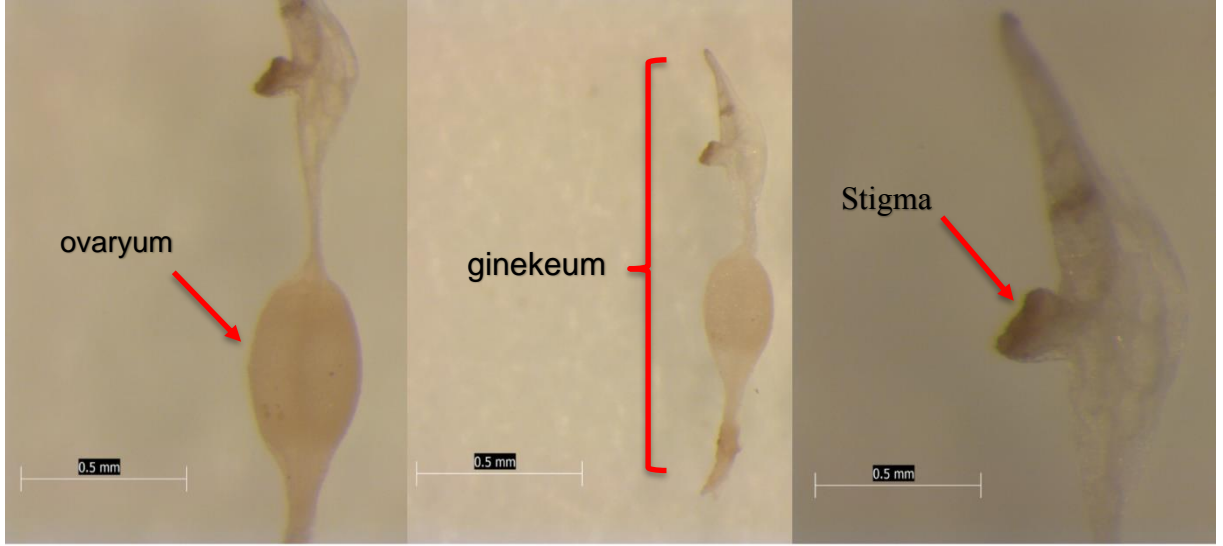


Şekil 3.2.14. *Polygala monspeliaca* 2. evrede dişi organ görünüşleri (AAD 20797, HUB).

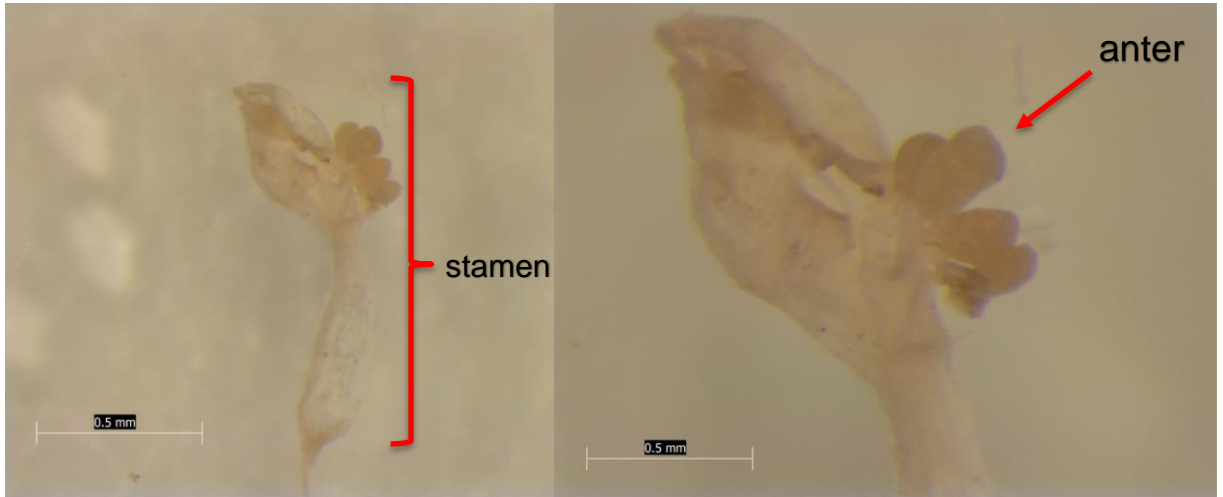


Şekil 3.2.15. *Polygala monspeliaca* 2. evrede erkek organ görünüşleri (AAD 20797, HUB).

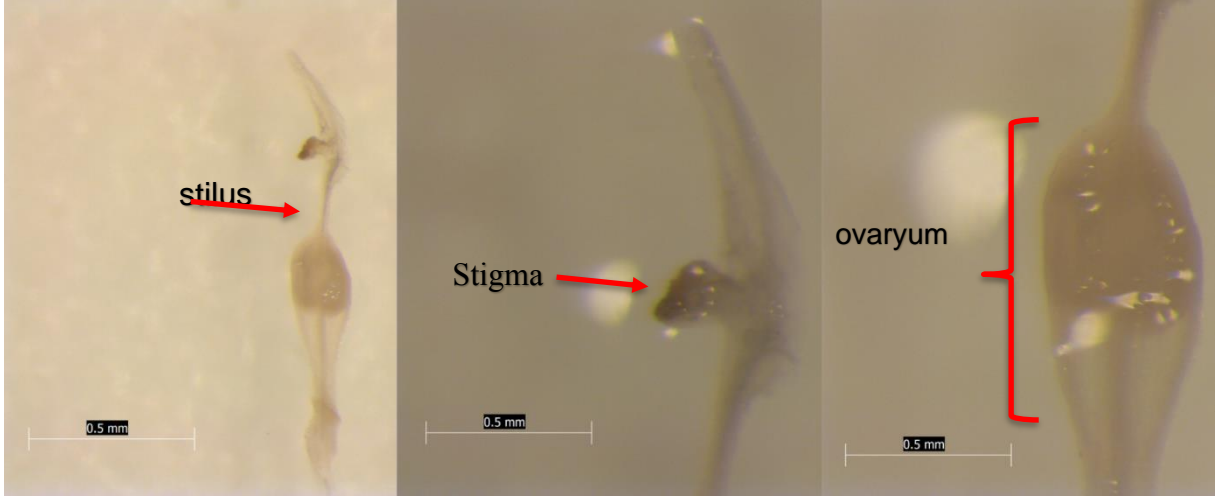
Olgun evrelerde ise, (3. ve 4. evre) ovaryum belirgin bir görünüm kazanmıştır. Stilus dar ve kıvrılmış, üst stigma kısa ve spiral olarak bükülmüş, alt stigmanın ise uzun olduğu gözlemlenmiştir. Anterler 4. evrede şeffaf renkte görünmektedir. Filamentlerin tabanda birleşik olduğu tespit edilmiştir. *Polygala monspeliaca*'nın 3. ve 4. evreki dişi ve erkek organ görünüşleri Şekil 3.2.16., Şekil 3.2.17., Şekil 3.2.18. ve Şekil 3.2.19'da verilmiştir.



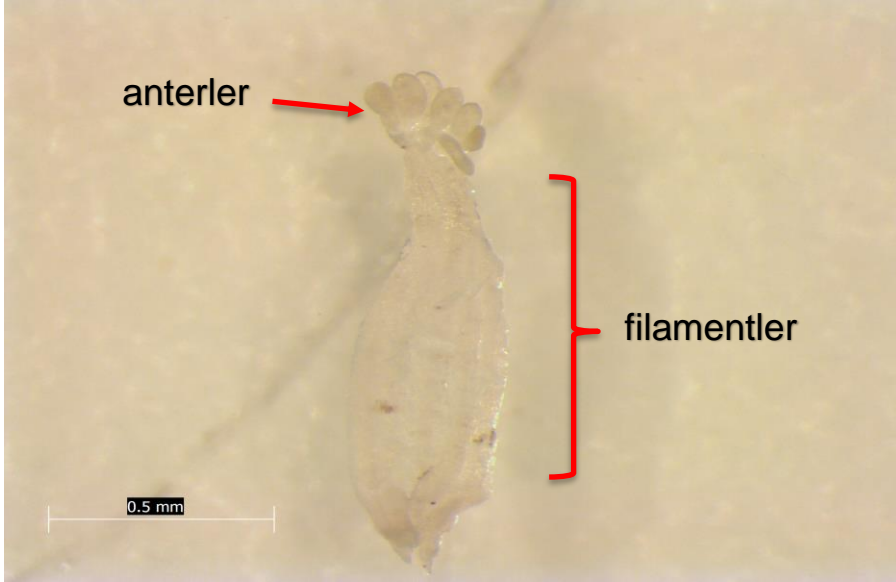
Şekil 3.2.16. *Polygala monspeliaca* 3. evrede dişi organ görünüşleri (AAD 20797, HUB).



Şekil 3.2.17. *Polygala monspeliaca* 3. evrede erkek organ görünüşleri (AAD 20797, HUB).



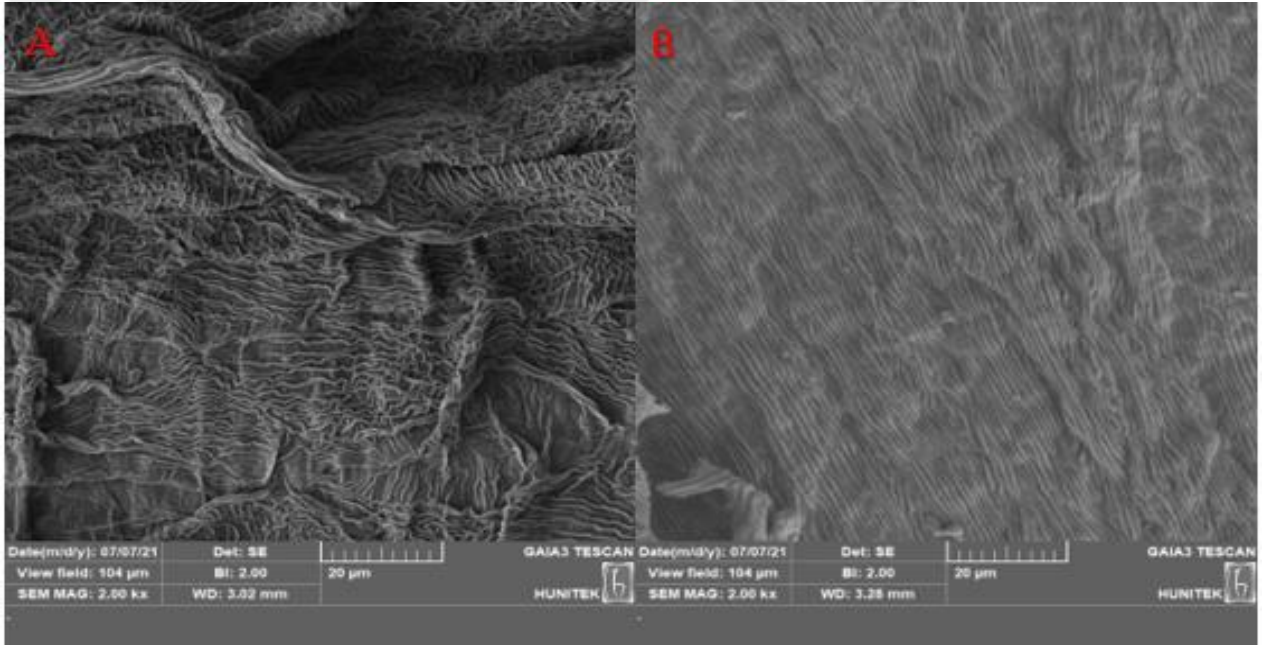
Şekil 3.2.18. *Polygala monspeliaca* 4. evrede dişi organ görünüşleri (AAD 20797, HUB).

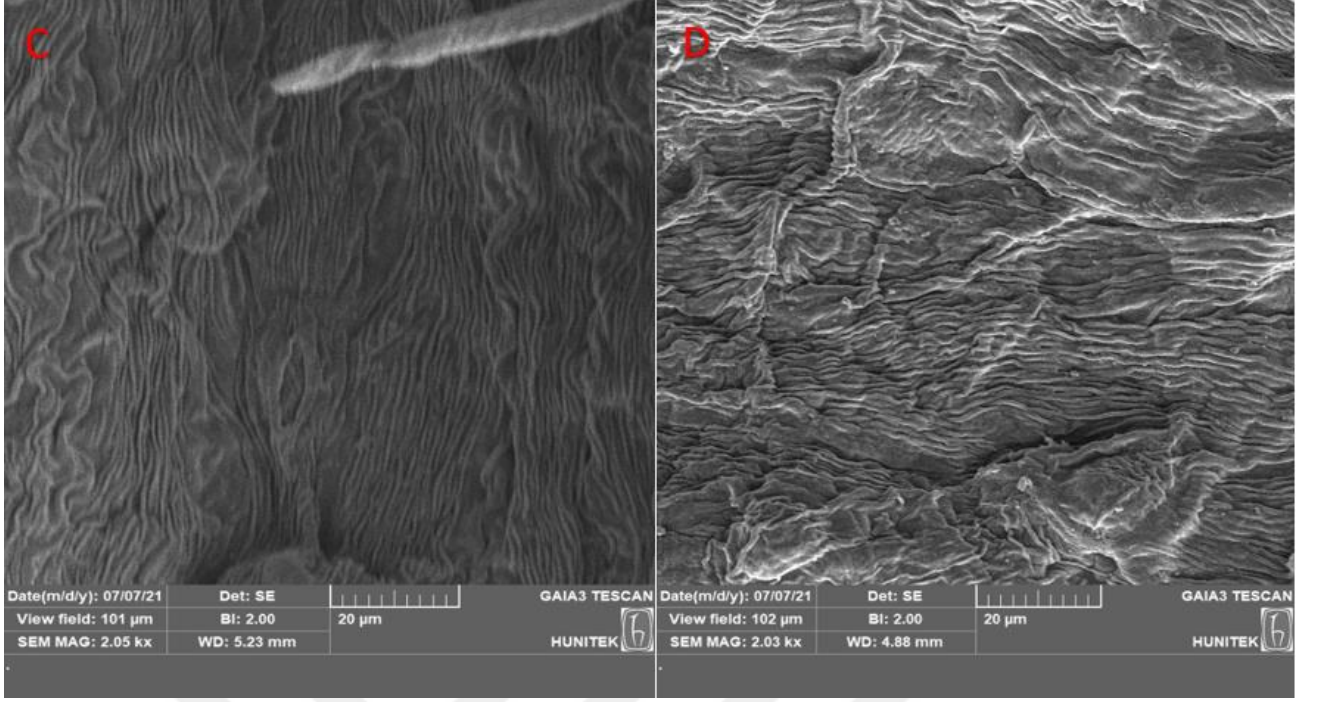


Şekil 3.2.19. *Polygala monspeliaca* 4. evrede erkek organ görünüşü (AAD 20797, HUB).

3.3. Mikromorfolojik İnceleme Sonuçları

Polygala vulgaris'in çiçek tomurcuklarındaki belirlenen bütün evrelerinde petal yüzeyinde birbirinden ayrı yöne eğimli (antiklinal) ve hücre yüzeyine paralel (periklinal) çıkıntılar yapmış hücreler tespit edilmiştir. Hücrelerin 1. evreden başlayarak 4. evreye kadar kademeli şekilde belirginliği ve kutikula yoğunluğu artmıştır. Bu hücreler genellikle dikdörtgenimsi şekillerde gözlemlenmiştir. Kutikula üzerinde düzensiz ağsı (irregüler retikulate) katlanmalar tespit edilmiştir. *Polygala vulgaris*'in belirlenen tüm evrelerinde petal yüzeyinin görüntüleri Şekil 3.3.1.'de verilmiştir.

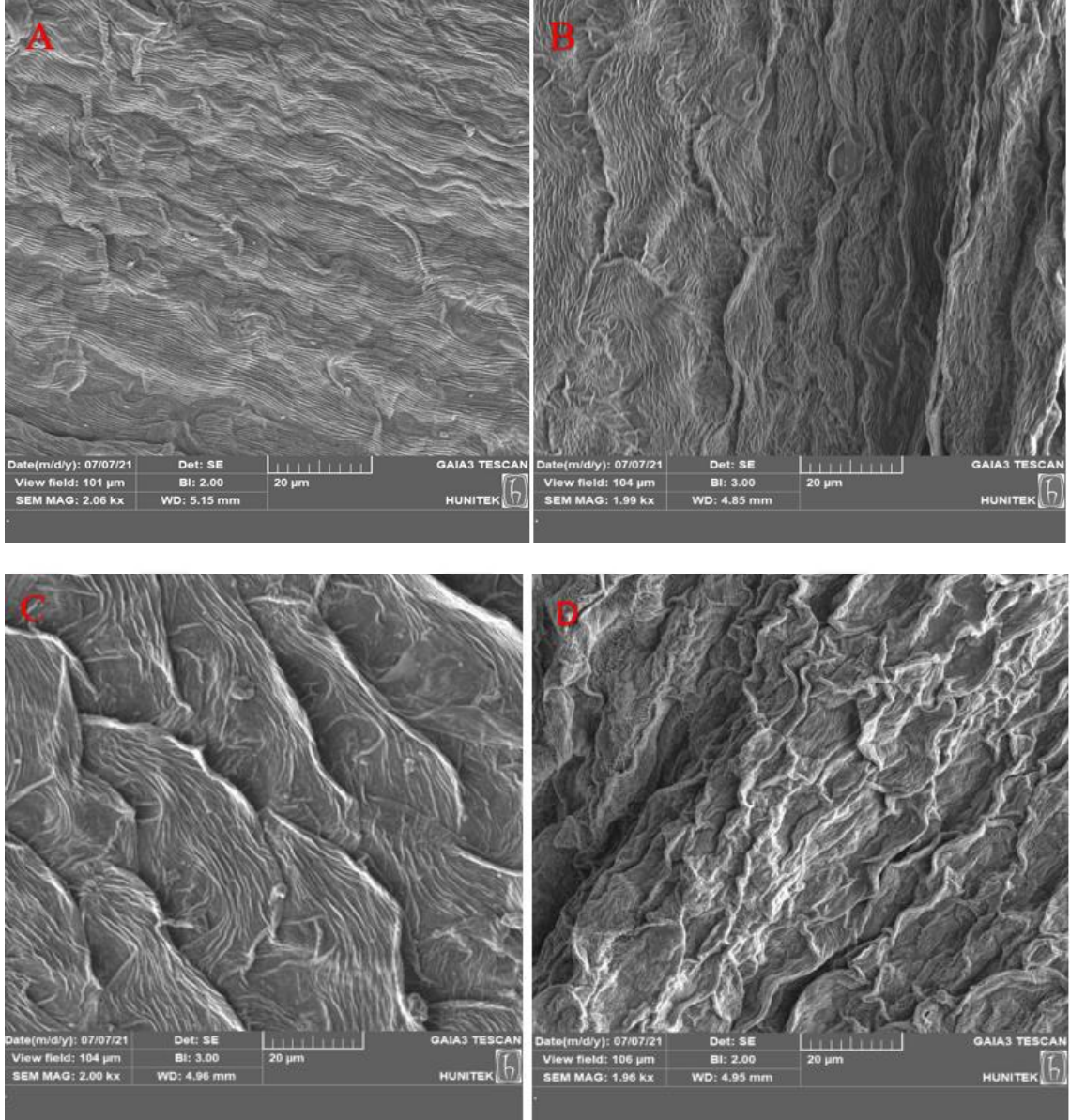




Şekil 3.3.1. *Polygala vulgaris*'in tüm evrelerindeki petal yüzeyi görünümü (AAD 20896, HUB).

A) 1. evredeki petal yüzeyi B) 2. evredeki petal yüzeyi C) 3. evredeki petal yüzeyi D) 4. evredeki petal yüzeyi

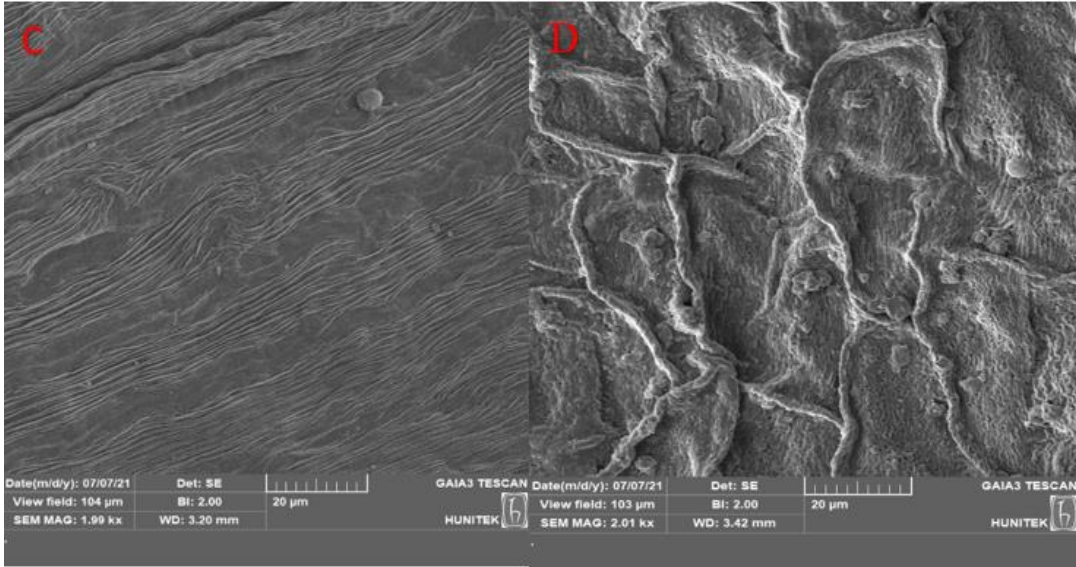
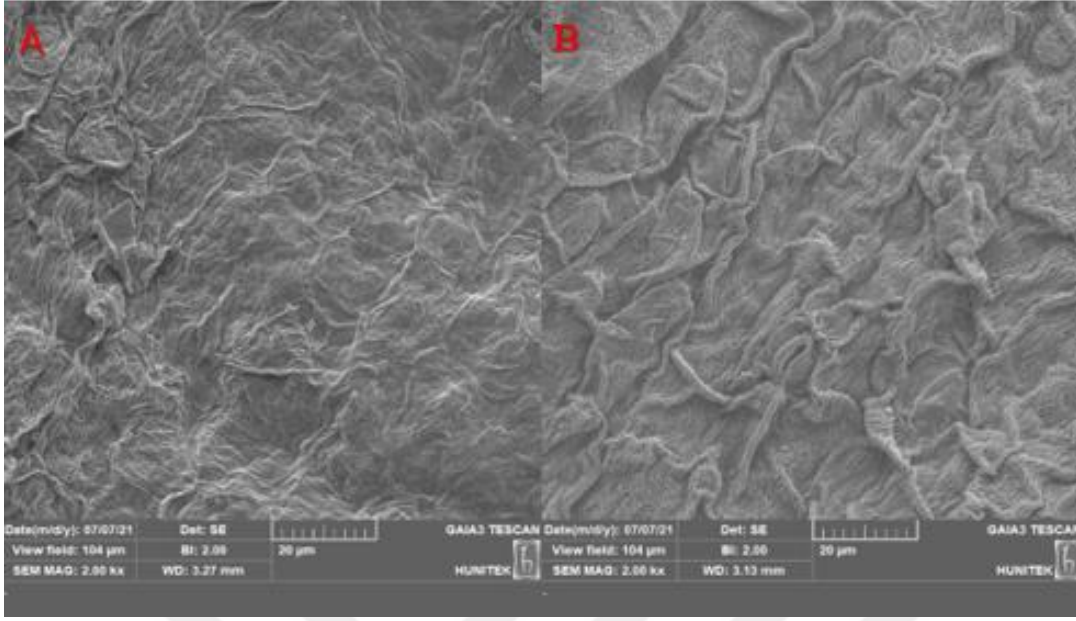
Polygala monspeliaca çiçeğinde de petal yüzeyinde aynı şekilde antiklinal ve periklinal hücreler tespit edilmiştir. Bu hücrelerin belirginliği ve kutikula yoğunluğu gelişme devam ettikçe artmıştır. Bu hücreler dikdörtgenimsi-mızrak şeklinde gözlemlenmiştir. Kutikula yüzeyinde düzensiz ağsı (irregular reticulate) katlanmalar mevcuttur. Katlanmalar petalin boyuna eksenini yönünde tespit edilmiştir. *Polygala monspeliaca*'nın belirlenen tüm evrelerinde petal yüzeyinin görüntüleri Şekil 3.3.2.'de verilmiştir.



Şekil 3.3.2. *Polygala monspeliaca*'nın petal yüzeyi görünümü (AAD 20797, HUB).

A) 1. evredeki petal yüzeyi B) 2. evredeki petal yüzeyi C) 3. evredeki petal yüzeyi D) 4. evredeki petal yüzeyi

Polygala anatolica'nın çiçeğinde ise petal yüzeyinde aynı şekilde antiklinal ve periklinal hücreler gözlemlenmiş ve bu hücrelerin belirginliği ve kutikula yoğunluğu gelişme devam ettikçe artmıştır. Yüzeyi tamamen kaplayan çıkıntılar daha çok uç kısımlara doğru yoğunlaşmıştır. Kutiku yüzeyinde düzensiz ağsı (irregular reticulate) katlanmalar mevcuttur. *Polygala anatolica*'nın belirlenen tüm evrelerinde petal yüzeyinin görüntüleri Şekil 3.3.3.'de verilmiştir.



Şekil 3.3.3. *Polygala anatolica*'nın petal yüzeyi görünümü (AAD 20797, HUB).

A) 1. evredeki petal yüzeyi B) 2. evredeki petal yüzeyi C) 3. evredeki petal yüzeyi D) 4. evredeki petal yüzeyi

4. TARTIŞMA

Türkiye’de doğal olarak yayılış gösteren *P. anatolica*, *P. vulgaris*, *P. monspeliaca* ve *P. turcica*’ya ait kesitlerde türlerin çiçek tomurcuklarının farklı evrelerde nasıl gelişme gösterdiği incelenmiştir. Yapılan çalışmalara göre türler embriyolojik olarak değerlendirilmiş, bu çalışmanın sonucunda ise Türkiye’deki *Polygala* türleri üzerinde yapılan bir embriyolojik araştırma olmaması nedeniyle literatüre katkı sağlaması ve türlerin embriyolojik özellikleri arasındaki ilişkinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Çiçek gelişiminin ilk aşamasında, çiçek salkımının braktesinden görünür hale geldiği tespit edilmiştir. 2. aşamada, floral primordiumun, enine uzunlamasına bir primordium üretecek şekilde genişlemiştir. Büyüme devam ettikçe, primordiumların iki tarafta daha sivri hale geldiği. Bu iki nokta, başlama anındaki brakteoller olduğu gözlemlenmiştir. Brakteoller, gelişen ilk organlardır (Şekil 3.1.3.) Brakteollerin uzamasını, karpel primordiumunun orta kısmında merkezi bir boşluğu çevreleyen pistil primordiumu oluşumu takip etmiştir (Şekil 3.1.10.). Merkezi boşluk, boyuna kesitte genç ovaryumun içinde belirgindir. Daha sonra bu durumu çiçek organlarının oluşumu takip etmiştir. Pistil primordiasının devam eden büyümesi, karpellerin kapanmasında ovaryum duvarının farklılaşmasıyla lokül üretir. Loküller, pistil primordiumu arasındaki boşlukların genişlemesinden kaynaklanır. Her lokülde, ovül primordiumu dışa doğru şişerek oval bir şekil oluşturmuştur (Şekil 3.1.9). Pistil primordiasının apikal bölümlerinden stilus ve stigma oluşur. Karpel primordiumu yukarı doğru büyür ve stigma primordium ile kaplanmış büyük bir silindirik stilus oluşturmak için yan kenarları boyunca birleşir. Son aşamada stigma ile tam bir pistil gözlenir.

Çalışılan *Polygala* türlerinin ovaryumlarının apikal plesantalanma gösteren, anatrop, bitegmik ve krassinusellat tipte tohum taslağı şeklinde geliştiği görülmüştür.

Bulduğumuz sonuçların, çeşitli araştırmacıların *Polygalaceae* ve *Fabaceae* familyasına dahil olan türler üzerine yaptığı çalışmalarla desteklendiği görülmektedir. Ayrıca çalışılan dört türün embriyolojik özellikleri karşılaştırıldığında aralarında bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir.

Nitekim Netolitzky (1926), Davis (1966), Corner ve Corner (1976) yaptıkları çalışmalarla tohum taslaklarının krassinusellat ve bitegmik olduğunu belirtmişlerdir [99], [100], [101].

W. Verkerke ve F. Bouman'ın (1980), *P. vulgaris*, *P. myrtifolia* ve *P. chamaebuxus* türlerinde ovül ontogenisini inceledikleri bir araştırmada *Polygala*'nın ovül primordialarının trizonat ve dermal kökenli olduğunu ve *P. vulgaris* 'te integümentlerin parankimatik yapıda olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca *P. vulgaris*'in parankima dokusunun, *P. myrtifolia*'da indirgenmiş olabileceği yorumunu yapmışlardır. [75].

W. Verkerke (1985)'nin, *Polygalaceae* familyasının *Xanthophyllum* cinsine ait ovül ve tohum yapısını incelediği başka bir çalışmada ovül primordialarının trizonat ve dış integümentin dermal kökenli ve tohum taslaklarındaki ovaryumun ortotrop (atrop) ovaryum şeklinde olduğunu bildirmiştir [73].

Beatriz G. Galati, Sonia Rosenfeldt ve Graciela M. Tourn (2006), *Fabaceae* familyasına ait *Lotus glaber* türünde yaptıkları embriyolojik bir çalışmada olgun tohum taslağının iki integüment primordiumunun tabandan çıkarak farklılaştığını ve tohum taslaklarının iki integüment taşıdığını yani bitegmik (çift integümentli) olduğunu belirtmiştir [102].

Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve stereo mikroskop ile yapılan çalışmalarda, *P. anatolica*, *P. vulgaris* ve *P. monspeliaca* türlerinin çiçek karakterleri incelenmiştir. Bu çalışmalar, embriyoloji sonuçlarımızı desteklemek, morfolojik ve mikromorfolojik özellikleri ile embriyolojik özellikleri arasındaki ilişkinin karşılaştırılması, türlerin çiçek parçalarının gelişimi araştırılarak, embriyoloji ile çiçek morfolojisi arasındaki bağlantı daha belirgin hale getirilmesi amacıyla yapılmıştır.

Araştırma konusu olan *P. vulgaris*, *P. anatolica* ve *P. monspeliaca* türlerinin çiçek tomurcuklarında, çiçek yüzeyinin (periant) özellikleri, kutikula yoğunluğu ve katlanmaları, korolla yüzeyinin mevcut ornemantasyonu araştırılmıştır. Yapılan incelemelere göre belirli gelişim dönemindeki farklılıkların morfolojik olarak nasıl bir etki gösterdiği tespit edilmiştir. Petal yüzeyinin çok sayıda düzensiz girintili çıkıntılı bölümlerden oluştuğu gözlemlenmiştir. *Polygala anatolica* ve *Polygala monspeliaca* türlerinin erken (1. ve 2. evre) ve olgun (3. ve 4. evre) evrelerdeki petal yüzeylerinde anlamlı değişikliklere rastlanmamıştır. Tomurcukların gelişim evrelerini tamamladıkça kutikula yoğunluğunun arttığı tespit edilmiştir. Çiçek yüzeyinin özellikleri ile ilgili sonuçlarımızı hem *Polygala* cinsinde hemde *Polygalaceae* familyasına dahil olan diğer türlerinde karşılaştırabileceğimiz bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bulduğumuz sonuçların çeşitli araştırmacıların *Polygalaceae* ve *Fabaceae* familyasına sahip türler üzerine yaptıkları çalışmalarla desteklendiği görülmektedir.

Çalışmamız sırasında *Polygala vulgaris* türünde çiçek tomurcuklarının stigma loplalarının birbirinden fiziksel olarak ayrı olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 3.2.2). Bu sonuçlarımızın Bello ve arkadaşlarının (2010), *Polygala chamaebuxus*, *Monnina salicifolia*, *Polygala calcarea*, *Polygala serpyllifolia* ve *Polygala vulgaris* türleri üzerinde yaptıkları çalışmalar ile benzer olduğu görülmektedir. Fakat aynı çalışmada *Securidaca longepedunculata*, *Securidaca retusa*, *Bredemeyera floribunda*, *Barnhartia floribunda*, *Diclidanthera bolivarensis*, *Salomonina cylindrica*, *Atroxima afzeliana*, *Xanthophyllum clovis* türlerinin stigma loplalarının birbirine yakın temas halinde olduğunu bildirmiştir [103].

Yapmış olduğumuz çalışmada, *Polygala vulgaris* ve *Polygala anatolica* stiluslarının nispeten uzun olduğu görülmüştür. Westercamp ve Weber (1999), *P. amara*, *P. chamaebuxus*, *P. major*, *P. oxypora* ve *P. vulgaris* türlerinde çiçek yapısını incelemişler ve stiluslarının az çok uzun olduğunu bildirmiştir [79].

Yapılan çalışmalarda *Polygala vulgaris*, *Polygala monspeliaca* ve *Polygala anatolica* türlerinde 8 tane stamene sahip olduğu (Şekil 3.2.9) ve stamenlerin bir arada olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3.2.17). Stamenler monodelpheous tipte görülmüştür. Literatürde yapılan çalışmalarla karşılaştırdığımızda ise Royen & Steenis (1952) yaptığı bir çalışmada *Eriandra* cinsinde yedi ile on arasında değişen sayılarda stamene sahip olduğunu rapor etmiştir. Styer (1977) ise *Diclidanthera* cinsi için sekiz ile on arasında değişen sayılarda stamene sahip olduğunu bildirmiştir [104], [105].

Çalışılan türlerin stamenlerindeki filamentlerinin korolla loplalarına yapışık olup U şeklinde staminal kılıf içinde kaynaştığı tespit edilmiştir (Şekil 3.2.7) İlgili literatürde baktığımızda Milby (1976), *Polygala*'nın çiçek anatomisinde yaptığı çalışmalarda monadelphous tipindeki stamenlerin filamentlerinin tabanda birleştiğini ifade etmiştir [62].

Polygala vulgaris, *Polygala anatolica* ve *Polygala monspeliaca* türlerinin çiçek tomurcuklarında yaptığımız çalışmalarda ovaryumun her biri içinde apikal olarak bağlı tek bir ovülün bulunduğu iki lokula bölündüğü tespit edilmiştir (Şekil 3.2.16). Payer (1851), *P. speciosa* türünde yaptığı çalışmada bikarpellat ginekeumda, her loküle bir tane olmak üzere iki ovülü çevrelediğini raporlamıştır [106].

Bütün bu gözlemlerin ve araştırmaların sonucunda, türlerin embriyolojik, morfolojik ve mikromorfolojik yönden incelenmesi bitki sistematğinde önemli yararlar sağlamaktadır.

Literatürde, *Polygala* cinsi bireylerinin embriyogenezi ile ilgili sınırlı miktarda bilgi bulunmaktadır. Dünya ölçeğinde yayılış gösteren bu cinsin Avrupa ve Asya taksonları üzerinde yapılmış bir embriyoloji çalışmasına rastlanmamıştır. Türkiye’de doğal olarak yayılış gösteren bu cinsin embriyogenezi üzerinde yapılmış olan bu araştırma, literatürdeki önemli bir boşluğu dolduracaktır. Embriyolojik açıdan oldukça yetersiz veriye sahip olan Türkiye’deki *Polygala* türlerinin embriyolojik, morfolojik ve mikromorfolojik olarak incelenmesi türler arasındaki benzerlik ve farklılıkların ortaya çıkarılmasında önemli olacaktır. Bu çalışmanın bundan sonra devam edecek olan *Polygala* cinsi ile yapılacak diğer tüm çalışmalara fayda sağlaması ve bulunan sonuçların *Polygala* cinsinin embriyolojik ve sistematik sonuçlarına katkı sağlaması beklenmektedir.



5. KAYNAKLAR

- [1] B. Eriksen ve C. Persson, Polygalaceae, içinde *Flowering Plants. Eudicots*, Springer, 2007, ss. 345–363, **2007**.
- [2] L. Bernardi, *Consideraciones taxonómicas y fitogeográficas acerca de 101 Polygalae Americanas*, c. 1. Real Jardín Botánico, **2000**.
- [3] J. F. B. Pastore, J. R. Abbott, K. M. Neubig, C. Van Den Berg, M. C. D. A. Mota, A. Cabral, ve W. M. Whitten, Phylogeny and biogeography of Polygala (Polygalaceae), *Taxon*, c. 68, sayı 4, ss. 673–691, **2019**, doi: 10.1002/tax.12119.
- [4] C. H. Stirton ve D. J. Du Puy, A new species of Baphia (Leguminosae: Papilionoideae) from Madagascar, *Kew Bull.*, ss. 289–291, **1992**.
- [5] Polygalaceae Hoffmanns. & Link | Plants of the World Online | Kew Science. <http://www.plantsoftheworldonline.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30000688-2> (erişim Ağu. 05, 2021).
- [6] K. Kubitzki, *The families and genera of vascular plants. In Flowering Plants. Eudicots: Malpighiales (Vol. 9)*, c. IX. **2014**.
- [7] T. Stedman, *Stedman's medical dictionary*. Dalcassian publishing company, **1920**.
- [8] B. Eriksen, Phylogeny of the Polygalaceae and its taxonomic implications, *Plant Syst. Evol.*, c. 186, sayı 1–2, ss. 33–55, **1993**, doi: 10.1007/BF00937712.
- [9] J. Hutchinson, The genera of flowering plants (Angiospermae). v. 1-2: Dicotyledones, **1967**.
- [10] A. Cronquist ve A. L. Takhtadziān, *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia university press, **1981**.

- [11] A. Goldberg, Classification, evolution, and phylogeny of the families of dicotyledons, *Smithson. Contrib. to Bot.*, **1986**.
- [12] R. F. Thorne, An updated phylogenetic classification of the flowering plants, *Aliso A J. Syst. Evol. Bot.*, c. 13, sayı 2, ss. 365–389, **1992**.
- [13] M. W. Chase, D. E. Soltis, R. G. Olmstead, D. Morgan, D. H. Les, B. D. Mishler, M. R. Duvall, R. A. Price, H. G. Hills, ve Y.-L. Qiu, Phylogenetics of seed plants: an analysis of nucleotide sequences from the plastid gene *rbcL*, *Ann. Missouri Bot. Gard.*, ss. 528–580, **1993**.
- [14] E. S. Fernando, P. A. Gadek, D. M. Crayn, ve C. J. Quinn, Rosid affinities of Surianaceae: molecular evidence, *Mol. Phylogenet. Evol.*, c. 2, sayı 4, ss. 344–350, **1993**.
- [15] D. R. Morgan, D. E. Soltis, ve K. R. Robertson, Systematic and evolutionary implications of *rbcL* sequence variation in Rosaceae, *Am. J. Bot.*, c. 81, sayı 7, ss. 890–903, **1994**.
- [16] D. M. Crayn, E. S. Fernando, P. A. Gadek, ve C. J. Quinn, A reassessment of the familial affinity of the Mexican genus *Recchia* Mocino & Sessé ex DC, *Brittonia*, c. 47, sayı 4, ss. 397–402, **1995**.
- [17] J. J. Doyle, J. L. Doyle, J. A. Ballenger, E. E. Dickson, T. Kajita, ve H. Ohashi, A phylogeny of the chloroplast gene *rbcL* in the Leguminosae: taxonomic correlations and insights into the evolution of nodulation, *Am. J. Bot.*, c. 84, sayı 4, ss. 541–554, **1997**.
- [18] M. Källersjö, J. S. Farris, M. W. Chase, B. Bremer, M. F. Fay, C. J. Humphries, G. Petersen, O. Seberg, ve K. Bremer, Simultaneous parsimony jackknife analysis of 2538 *rbcL* DNA sequences reveals support for major clades of green plants, land plants, seed plants and flowering plants, *Plant Syst. Evol.*, c. 213, sayı 3–4, ss. 259–287, **1998**, doi: 10.1007/bf00985205.

- [19] V. Savolainen, M. W. Chase, S. B. Hoot, C. M. Morton, D. E. Soltis, C. Bayer, M. F. Fay, A. Y. De Bruijn, S. Sullivan, ve Y.-L. Qiu, Phylogenetics of flowering plants based on combined analysis of plastid *atpB* and *rbcL* gene sequences, *Syst. Biol.*, c. 49, sayı 2, ss. 306–362, **2000**.
- [20] V. Savolainen, M. F. Fay, D. C. Albach, A. Backlund, M. van der Bank, K. M. Cameron, S. A. Johnson, M. D. Lledó, J.-C. Pintaud, ve M. Powell, Phylogeny of the eudicots: a nearly complete familial analysis based on *rbcL* gene sequences, *Kew Bull.*, ss. 257–309, **2000**.
- [21] C. Persson, Phylogenetic relationships in Polygalaceae based on plastid DNA sequences from the *trnL-F* region, *Taxon*, c. 50, sayı 3, ss. 763–779, **2001**.
- [22] M. W. Chase, M. J. M. Christenhusz, M. F. Fay, J. W. Byng, W. S. Judd, D. E. Soltis, D. J. Mabberley, A. N. Sennikov, P. S. Soltis, ve P. F. Stevens, An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV, *Bot. J. Linn. Soc.*, c. 181, sayı 1, ss. 1–20, **2016**.
- [23] F. Forest, R. Grenyer, M. Rouget, T. J. Davies, R. M. Cowling, D. P. Faith, A. Balmford, J. C. Manning, Ş. Procheş, ve M. van der Bank, Preserving the evolutionary potential of floras in biodiversity hotspots, *Nature*, c. 445, sayı 7129, ss. 757–760, **2007**.
- [24] K. B. Pigg, M. L. DeVore, ve M. F. Wojciechowski, *Paleosecuridaca curtisii* gen. et sp. nov., *Securidaca*-like samaras (Polygalaceae) from the late Paleocene of North Dakota and their significance to the divergence of families within the Fabales, *Int. J. Plant Sci.*, c. 169, sayı 9, ss. 1304–1313, **2008**.
- [25] B. Eriksen, Floral anatomy and morphology in the Polygalaceae, *Plant Syst. Evol.*, c. 186, sayı 1–2, ss. 17–32, **1993**, doi: 10.1007/BF00937711.
- [26] W. S. Judd, C. S. Campbell, E. A. Kellogg, P. F. Stevens, ve M. J. Donoghue, Plant systematics: a phylogenetic approach, *Ecol. mediterránea*, c. 25, sayı 2, s. 215,

1999.

- [27] J. J. Doyle, M. D. Crisp, ve R. B. Gardens, *Advances in Legume Systematics: Phylogeny*. Royal Botanic Gardens, **1995**.
- [28] F. J. Breteler ve A. A. S. Smitsaert-Houwing, Revision of *Atroxima* Stapf and *Carpolobia* G. Don (Polygalaceae), Landbouwhogeschool Wageningen, **1977**.
- [29] C. Westerkamp ve A. Weber, Secondary and tertiary pollen presentation in *Polygala myrtifolia* and allies (Polygalaceae, South Africa), *South African J. Bot.*, c. 63, sayı 5, ss. 254–258, **1997**.
- [30] C. Westerkamp, Keel blossoms: bee flowers with adaptations against bees, *Flora*, c. 192, sayı 2, ss. 125–132, **1997**.
- [31] G. J. Howell, A. T. Slater, ve R. B. Knox, Secondary pollen presentation in angiosperms and its biological significance, *Aust. J. Bot.*, c. 41, sayı 5, ss. 417–438, **1993**.
- [32] L. J. G. van der Maesen, Primitiae Africanae VIII. A revision of the genus *Cadia* Forskal (Caes.) and some remarks regarding *Dicraeopetalum* Harms (Pap.) and *Platycelyphium* Harms (Pap.), c. 19, sayı 2, ss. 227–248, **1970**, [Çevrimiçi]. Available at: <https://edepot.wur.nl/304875>.
- [33] E. Lleras, Trigoniaceae, *Flora Neotrop.*, c. 19, ss. 1–73, **1978**.
- [34] C. De Kock, C. Minnaar, K. Lunau, P. Wester, C. Verhoeven, M. J. Schulze, M. R. Randle, C. Robson, R. H. Bolus, ve B. Anderson, The functional role of the keel crest in *Polygala myrtifolia* (Polygalaceae) and its effects on pollinator visitation success, *South African J. Bot.*, c. 118, ss. 105–111, **2018**, doi: 10.1016/j.sajb.2018.06.011.
- [35] Polygala senega | NatureServe Explorer.

https://explorer.natureserve.org/Taxon/ELEMENT_GLOBAL.2.142918/Polygala_senega (**erişim Ağu. 11, 2021**).

- [36] S. Paul, S. K. Mandal, S. S. Bhattacharyya, N. Boujedaini, ve A. R. Khuda-Bukhsh, In vitro and in vivo studies demonstrate anticancer property of root extract of Polygala senega, *J. Acupunct. Meridian Stud.*, c. 3, sayı 3, ss. 188–196, **2010**.
- [37] Q. Van, B. N. Nayak, M. Reimer, P. J. H. Jones, R. G. Fulcher, ve C. B. Rempel, Anti-inflammatory effect of Inonotus obliquus, Polygala senega L., and Viburnum trilobum in a cell screening assay, *J. Ethnopharmacol.*, c. 125, sayı 3, ss. 487–493, **2009**.
- [38] A. Estrada, G. S. Katselis, B. Laarveld, ve B. Barl, Isolation and evaluation of immunological adjuvant activities of saponins from Polygala senega L., *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.*, c. 23, sayı 1, ss. 27–43, **2000**.
- [39] R. Amarowicz, R. B. Pegg, P. Rahimi-Moghaddam, B. Barl, ve J. A. Weil, Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies, *Food Chem.*, c. 84, sayı 4, ss. 551–562, **2004**.
- [40] A.-C. Mitaine-Offer, T. Miyamoto, C. Jolly, C. Delaude, ve M.-A. Lacaille-Dubois, Triterpene Saponins from Four Species of the Polygalaceae Family, *Helv. Chim. Acta*, c. 88, sayı 11, ss. 2986–2995, **Kas. 2005**, doi: <https://doi.org/10.1002/hlca.200590241>.
- [41] N. Mahmood, P. S. Moore, N. De Tommasi, F. De Simone, S. Colman, A. J. Hay, ve C. Pizza, Inhibition of HIV infection by caffeoylquinic acid derivatives, *Antivir. Chem. Chemother.*, c. 4, sayı 4, ss. 235–240, **1993**.
- [42] A. Chevalier, Une plante vivrière peu connue : le Polygala butyracea Heckel. [Histoire, dispersion et affinités.], *Rev. Bot. appliquée d'agriculture Colon.*, c. 4, sayı 35, ss. 446–451, **1924**, doi: 10.3406/jatba.1924.4198.

- [43] U. Çakılcıoğlu, İ. Türkoğlu, ve M. Kürşat, Harput (Elazığ) ve Çevresinin Etnobotanik Özellikleri, *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Derg.*, c. 5, sayı 2, ss. 22–28, **Mar. 2007**, Erişim: Ağu. 22, 2021. [Çevrimiçi]. Available at: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/fudad/592403>.
- [44] G. Honda, E. Yeşilada, M. Tabata, E. Sezik, T. Fujita, Y. Takeda, Y. Takaishi, ve T. Tanaka, Traditional medicine in Turkey VI. Folk medicine in West Anatolia: Afyon, Kütahya, Denizli, Muğla, Aydın provinces, *J. Ethnopharmacol.*, c. 53, sayı 2, ss. 75–87, **1996**.
- [45] L. Deniz, A. Serteser, ve M. Kargıoğlu, Uşak Üniversitesi ve yakın çevresindeki bazı bitkilerin mahalli adları ve etnobotanik özellikleri, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilim. Derg.*, c. 10, sayı 1, ss. 57–72, **2010**.
- [46] C. von Linnaeus, *Systema naturae*, vol. 1, içinde *Systema naturae, Vol. 1*, **1758**.
- [47] J. F. B. Pastore, J. R. Abbott, K. M. Neubig, W. M. Whitten, R. B. Mascarenhas, M. C. A. Mota, ve C. van den Berg, A molecular phylogeny and taxonomic notes in Caamembeca (Polygalaceae), *Syst. Bot.*, c. 42, sayı 1, ss. 54–62, **2017**.
- [48] R. R. Smith ve D. B. Ward, Taxonomy of the genus Polygala series Decurrentes (Polygalaceae), *SIDA, Contrib. to Bot.*, ss. 284–310, **1976**.
- [49] R. Chodat, *Monographia polygalacearum*, c. 31. Impr. Aubert-Schuchardt, **1893**.
- [50] S. F. Blake, A revision of the genus Polygala in Mexico, Central America, and the West Indies, *Contrib. from Gray Herb. Harvard Univ.*, ss. 1–122, **1916**.
- [51] S. F. Blake, A revision of the genus Polygala in Mexico, Central America, and the West Indies. *Contr. Gray Herb.* 47: 1-122.(1923), *Stud. West Indian plants-XI. Bull. Torrey Bot. Club*, c. 50, ss. 35–56, **1924**.

- [52] F. Adema, A review of the herbaceous species of *Polygala* in Malesia (Polygalaceae), *Blumea Biodiversity, Evol. Biogeogr. Plants*, c. 14, sayı 2, ss. 253–276, **1966**.
- [53] J. A. R. Paiva, Notes on Arabian "Polygala" L. ("Polygalaceae"), içinde *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, c. 45, sayı 1, ss. 151–158, **1998**.
- [54] M. C. M. Marques, Polgalas do Brasil V, *Seo Polygala (Polygalaceae). Arq*, **1989**.
- [55] J. F. B. Pastore, *Polygala veadeiroensis* (Polygalaceae), a new species of *Polygala* endemic to Chapada dos Veadeiros, Goiás, Brazil, *Kew Bull.*, c. 73, sayı 3, ss. 4–9, **2018**, doi: 10.1007/s12225-018-9759-0.
- [56] H. Pesmen, Six new species from Anatolia [*Polygala*, *Hypericum*, *Geranium*, *Astragalus*, *Potentilla*], *Notes from the Royal Botanic Garden Edinburgh*, c. v. 38. **1980**.
- [57] Ö. Eren, G. Parolly, T. Raus, ve H. Kürschner, A new species of *Polygala* L. (Polygalaceae) from south-west Anatolia, *Bot. J. Linn. Soc.*, c. 158, sayı 1, ss. 82–86, **2008**, doi: 10.1111/j.1095-8339.2008.00842.x.
- [58] A. A. Dönmez, Z. U. Aydın, ve S. Işık, *Polygala turcica* (Polygalaceae), a new species from e Turkey, and a new identification key to Turkish polygala, *Willdenowia*, c. 45, sayı 3, ss. 429–434, **2015**, doi: 10.3372/wi.45.45309.
- [59] A. A. Dönmez ve Z. U. Aydın, *Polygala azizsancarii* (Polygalaceae), a new species from Mardin Province, SE Turkey, *Phytotaxa*, c. 340, sayı 3, ss. 255–262, **2018**, doi: 10.11646/phytotaxa.340.3.5.
- [60] P. Davis, *Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Volume 1*. Edinburgh University Press, ss. 533–539, **1965**.

- [61] Türkiye Bitkileri Listesi // bizimbitkiler.org.tr - Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi - 2013. <https://bizimbitkiler.org.tr/v2/hiyerarisi.php?c=Polygala> (**erişim Ağu. 05, 2021**).
- [62] T. H. Milby, Studies in the Floral Anatomy of Polygala (Polygalaceae), *Am. J. Bot.*, c. 63, sayı 10, s. 1319, **Kas. 1976**, doi: 10.2307/2441840.
- [63] J. M. Herr, Embryology and Taxonomy, *Embryol. Angiosperms*, ss. 647–696, **1984**, doi: 10.1007/978-3-642-69302-1_14.
- [64] J. J. Harada, M. F. Belmonte, ve R. W. Kwong, Plant Embryogenesis (Zygotic and Somatic), *Encycl. Life Sci.*, **2010**, doi: 10.1002/9780470015902.a0002042.pub2.
- [65] E. M. Friis, P. Crane, ve K. R. Pedersen, Early Flowers and Angiosperm Evolution, Cambridge University Press, New York, **2011**.
- [66] B. J. Glover, *Understanding flowers and flowering*. Oxford University Press, **2007**.
- [67] V. Raghavan, *Molecular embryology of flowering plants*. Cambridge University Press, **1997**.
- [68] N. R. Lersten, Flowering Plant Embryology: With Emphasis on Economic Species, *Flower. Plant Embryol. With Emphas. Econ. Species*, ss. 1–212, **2008**, doi: 10.1002/9780470752685.
- [69] A. Rodrigue, Recherches sur la structure du tégument séminal des Polygalacées. University of Geneva, **1893**.
- [70] H. Wirz, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte von Sciaphila spec. und von Epirrhizanthes elongata BI, *Flora oder Allg. Bot. Zeitung*, c. 101, sayı 4, ss. 395–446, **1910**.
- [71] B. M. Johri, K. B. Ambegaokar, ve P. S. Srivastava, Rutales BT - Comparative

- Embryology of Angiosperms: Vol. 1, 2, B. M. Johri, K. B. Ambegaokar, ve P. S. Srivastava, Ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, ss. 438–462, **1992**.
- [72] W. Verkerke, Ovule and seed of Zanthophyllum (Polygalaceae), *Blumea Biodiversity, Evol. Biogeogr. Plants*, c. 29, sayı 2, ss. 409–421, **1984**.
- [73] W. Verkerke, Ovules and seeds of the Polygalaceae, *J. Arnold Arbor.*, c. 66, sayı 3, ss. 353–394, **1985**.
- [74] L. Reiser ve R. L. Fischer', The Ovule and the Embryo Sac, **1993**. [Çevrimiçi]. Available at: <https://academic.oup.com/plcell/article/5/10/1291/5984642>.
- [75] W. Verkerke ve F. Bouman, Ovule Ontogeny and Its Relation to Seed-Coat Structure in some Species of Polygala (Polygalaceae), *Bot. Gaz.*, c. 141, sayı 3, ss. 277–282, **Eyl. 1980**, doi: 10.1086/337156.
- [76] G. Prenner, Floral development in Polygala myrtifolia (Polygalaceae) and its similarities with Leguminosae, *Plant Syst. Evol.*, sayı 1, c. 249, ss. 67–76, **2004**.
- [77] S. Castro, P. Silveira, ve L. Navarro, How does secondary pollen presentation affect the fitness of Polygala vayredae (Polygalaceae)?, *Am. J. Bot.*, c. 95, sayı 6, ss. 706–712, **2008**, doi: 10.3732/ajb.2007329.
- [78] C. De Kock, C. Minnaar, K. Lunau, P. Wester, C. Verhoeven, M. J. Schulze, M. R. Randle, C. Robson, R. H. Bolus, ve B. Anderson, The functional role of the keel crest in Polygala myrtifolia (Polygalaceae) and its effects on pollinator visitation success, *South African J. Bot.*, c. 118, ss. 105–111, **2018**.
- [79] C. Westerkamp ve A. Weber, Keel flowers of the Polygalaceae and Fabaceae: a functional comparison, *Bot. J. Linn. Soc.*, c. 129, sayı 3, ss. 207–221, **1999**.
- [80] V. P. Dube, Morphological and anatomical studies in Polygalaceae and its allied

- families, *Agra Univ. J. Res. Sci.*, c. 11, ss. 109–112, **1962**.
- [81] B. Jauch, Quelques points de l'anatomie et de la biologie des Polygalacées, *Bull. Soc. Bot., Genève*, **1918**.
- [82] C. S. Venkatesh, The Special Mode of Dehiscence of Anthers of Polygala and Its Significance in Autogamy, *Bull. Torrey Bot. Club*, c. 83, sayı 1, ss. 19–26, **Ağu. 1956**, doi: 10.2307/2482819.
- [83] H. Krüger ve W. E. Pretorius, Notes on the structure of the stigma of Polygala virgata var. virgata (Polygalaceae), *South African J. Bot.*, c. 63, sayı 5, ss. 261–266, **1997**, doi: 10.1016/S0254-6299(15)30764-X.
- [84] A. de Saint-Hilaire ve A. Moquin-Tandon, *Premier mémoire sur la famille des Polygalées: contenant des recherches sur la symétrie de leurs organes*. Imprimerie de A. Belin, rue des Mathurins Saint-Jacques, no. 14, **1828**.
- [85] F. J. Breteler ve A. A. S. Smitsaert-Houwing, Revision of Atroxima Stapf and Carpolobia G. Don (Polygalaceae). Landbouwhogeschool Wageningen, ss. 77–95, **1977**.
- [86] E. Barut ve Ü. Ertürk, Gemlik zeytin çeşidinde çiçek tomurcuğu farklılaşması ve gelişimi üzerine bir araştırma, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derg.*, c. 16, **2002**.
- [87] F. G. Dennis, Flowering, fruit set and development under warm conditions, içinde *Temperate Fruit Crops in Warm Climates*, Springer, ss. 101–122, **2000**.
- [88] B. M. Lamp, J. H. Connell, R. A. Duncan, M. Viveros, ve V. S. Polito, Almond flower development: floral initiation and organogenesis, *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, c. 126, sayı 6, ss. 689–696, **2001**.
- [89] M. N. Westwood, *Temperate-zone pomology*. WH Freeman and Company., **1978**.

- [90] L. Van der Pijl, Reproductive integration and sexual disharmony in floral functions, *Pollinat. flowers by insects*, ss. 79–88, **1978**.
- [91] Thomas, Brian, and Daphne Vince-Prue. *Photoperiodism in Plants: First Ed. (1975) by: Daphne Vince-Prue*. San Diego: Academic Press, **1997**.
- [92] M. Polat ve M. A. Aşkın, Meyve ağaçlarında çiçek tomurcuğu oluşumu, *Genel Meyvecilik (Meyve Yetiştiriciliğinin Esasları)*, Gerçekçioğlu, R., Bilgener, Ş., Soylu, A.(eds.). Nobel Yayın Dağıtım, ss. 53–83, **2008**.
- [93] G. Puppi ve A. L. Zanotti, CORYLUS AVELLANA FLOWERING: FIRST RESULTS OF A PHENOLOGICAL NETWORK IN ITALY., içinde *III International Congress on Hazelnut 351*, ss. 257–262, **1992**.
- [94] N. Kaşka, Ankara'da Yetişen Bazı Önemli Meyve Türlerinde Çiçek Tomurcuğu Teşekkülü Üzerinde Araştırmalar, *Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları*, c. 174, s. 66, **1961**.
- [95] S. Yentür, Bitki Anatomisi. İstanbul Üniv, *Fen Fak. Yay., İstanbul.(in Turkish)*, **1995**.
- [96] G. Algan, *Bitkisel dokular için mikroteknik*. Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi, **1981**.
- [97] D. A. Johansen, Plant microtechnique., *Plant Microtech.*, **1940**.
- [98] P. Echlin, Sample Stabilization for Imaging in the SEM, içinde *Handbook of Sample Preparation for Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis*, Springer, ss. 137–183, **2009**.
- [99] G. L. Davis, Systematic Embryology of Angiosperms. JohnWiley and Sons, Inc., *New York*, **1966**.

- [100] Netolitzky, Fritz, Georg Tischler, and Karl Linsbauer. *Anatomie der Angiospermen-Samen: von Fritz Netolitzky*. Berlin: Borntraeger, **1926**.
- [101] E. J. H. Corner ve E. J. H. Corner, *The Seeds of Dicotyledons: Volume 1*, c. 1. Cambridge University Press, **1976**.
- [102] B. G. Galati, S. Rosenfeldt, ve G. M. Tourn, Embryological studies in *Lotus glaber* (Fabaceae), *Ann. Bot. Fenn.*, c. 43, sayı 2, ss. 97–106, **Ağu. 2006**, [Çevrimiçi]. Available at: <http://www.jstor.org/stable/23727193>.
- [103] M. A. Bello, J. A. Hawkins, ve P. J. Rudall, Floral ontogeny in Polygalaceae and its bearing on the homologies of keeled flowers in Fabales, *Int. J. Plant Sci.*, c. 171, sayı 5, ss. 482–498, **2010**.
- [104] P. van Royen ve C. G. G. J. van Steenis, *Eriandra*, a new genus of Polygalaceae from New Guinea, *J. Arnold Arbor.*, c. 33, sayı 1, ss. 91–95, **1952**.
- [105] C. H. Styer, Comparative anatomy and systematics of Moutabeae (Polygalaceae), *J. Arnold Arbor.*, c. 58, sayı 2, ss. 109–145, **1977**.
- [106] J. B. Payer, Organogenic de la Classe de Polygalinees, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, c. 3 ser 15, ss. 346–358, **1851**.