

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



***MERCURIALIS ANNUA* L. (EUPHORBIACEAE) TOHUMLARININ
ÇİMLENMESİNE FARKLI ORTAM ŞARTLARININ ETKİSİ ÜZERİNE BİR
ARAŞTIRMA**

Mehtap BOYRAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ ONAYI

Mehtap BOYRAZ tarafından hazırlanan “*Mercurialis annua* L. (Euphorbiaceae) tohumlarının çimlenmesine farklı ortam şartlarının etkisi üzerine bir araştırma” adlı tez çalışması 27/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı’nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman Prof. Dr. Hasan KORKMAZ
Biyoloji Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri
Başkan Prof. Dr. Yasemin ÖZDENER KÖMPE
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Biyoloji Anabilim Dalı

Üye Prof. Dr. Hasan KORKMAZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Biyoloji Anabilim Dalı

Üye Doç. Dr. Cengiz YILDIRIM
Amasya Üniversitesi
Biyoloji Anabilim Dalı

.....
.....
.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım... / ... / 20..

.....

Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

XXXXXX

Tarih
İmza

Mehtap BOYRAZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MERCURIALIS ANNUA L. (EUPHORBIACEAE) TOHUMLARININ ÇİMLENMESİNE FARKLI ORTAM ŞARTLARININ ETKİSİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Mehtap BOYRAZ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hasan KORKMAZ

Bu çalışmada, kozmopolit, tek yıllık, otsu, dioik ve ruderal bir tür olan *Mercurialis annua* L. (Euphorbiaceae) nın bazı morfolojik özelliklerinin yanında, tohumlarının farklı ortamlardaki çevresel faktörlere (ortam, gün, sıcaklık ve ışık miktarı) ve uygulamalara (giberellin, soğuklama ve karanlık) bağlı çimlenme özelliklerindeki değişimler araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre *M. annua* tohumlarının çimlenmesi üzerinde ortam, gün ve sıcaklık faktörleri ile giberellin, soğuklama ve karanlık uygulamaları anlamlı etkiler oluşturmaktadır. Farklı faktör ve uygulama kombinasyonlarının, 8 farklı test grubu üzerinde araştırıldığı bu çalışmada, her bir test grubunun çimlenme performansının anlamlı derecede farklı çıkmasının yanında, en iyi çimlenme performansının, 25°C iklim odasındaki karanlık ortamda, giberellin ve soğuklama uygulanmayan (G-, S-, F+) test grubunda görüldüğü belirlenmiştir.

Haziran 2019, 82 sayfa

Anahtar Kelimeler: *Mercurialis annua*, Çimlenme, Ekolojik faktör

ABSTRACT

Master's Thesis

AN INVESTIGATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT ENVIRONMENTAL CONDITIONS ON THE GERMINATION OF *MERCURIALIS ANNUA* L. (EUPHORBIACEAE) SEEDS

Mehtap BOYRAZ

Ondokuz Mayıs University
Institute of Sciences
Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Hasan KORKMAZ

In this study, some morphological features of a cosmopolitan, annual, herbaceous, dioic and ruderal species, *Mercurialis annua* L. (Euphorbiaceae), as well as changes in germination characteristics of its seeds as a function of environmental factors in different medium (environment, day, temperature and the amount of light) and applications (gibberellin, cold stratification and darkness) were investigated. According to the results of the study, the environment, day and temperature factors and giberellin, cold stratification and darkness applications have significant effects on the germination of *Mercurialis annua* seeds. In this study, where different combinations of factors and applications were investigated in 8 different test groups, the germination performance of each test group was significantly different, and the best germination performance was observed in the test group in which a dark environment in a 25°C climate chamber was used and gibberellin and cold stratification were not applied (G-, S-, F+).

June 2019, 82 pages

Key words: *Mercurialis annua*, Germination, Ecological factor

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmalarım boyunca değerli katkılarını esirgemeyen Ondokuz Mayıs Üniversitesi Öğretim Üyesi danışman hocam Prof. Dr. Hasan KORKMAZ'a en derin teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tezle ilgili deney çalışmaları boyunca laboratuvar imkanlarından yararlanmamı sağlayan Prof. Dr. Yasemin Özden KÖMPE hocama, tezin istatistiksel analizlerinde yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Yüksel TERZİ hocama teşekkür ederim. Çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen Doktora Öğrencisi Alper DURMAZ'a teşekkür ederim.

Tez araştırmalarım süresince beni destekleyen kıymetli aileme de teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2019, Samsun

Mehtap BOYRAZ

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	1
1. GİRİŞ	2
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM	8
3.1. Bitki Örneklerinin Toplanması ve Morfolojik Tespitler	8
3.2. Canlılık Testi (Tetrazolium Testi=TZ).....	8
3.3. Tohumların Sterilizasyonu	9
3.4. Çimlendirme Test Grupları	9
3.5. İstatistiksel Analizler	11
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	13
4.1. Morfolojik Bulgular	13
4.2. Palinolojik Bulgular	26
4.3. Çimlenme Bulguları	29
4.4. İstatistiksel Analizler	37
4.4.1. Çimlenen tohum sayısı üzerinde, farklı ortamlardaki çevresel faktör ve uygulamaların etkileri (Poisson Regresyon Analizi)	37
4.4.2. Tüm test grupları birlikte (8 test grubu) Poisson Regresyon Analizi	40
4.4.3. Giberellin uygulanmayan (G-) test gruplarının poisson regresyon analizi.....	43
4.4.4. Giberellin uygulanan (G+) test gruplarının Poisson Regresyon Analizi	46
4.5. Çimlenme Performansı.....	55
4.5.1. Üç farklı ortamdaki çimlenme performans formüllerine göre bulgular... ..	56
Korunaklı Doğal Ortam	56
İklim Odası Deney Ortamı	60
İnkübatör Deney Ortamı	63
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	67
KAYNAKLAR	68
ÖZGEÇMİŞ	74

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Tetrazloium testine göre canlı tohumlar	9
Şekil 3.2. Çimlendirme test grupları	10
Şekil 4.1. <i>Mercurialis annua</i> erkek birey	14
Şekil 4.2. <i>Mercurialis annua</i> dişi birey	15
Şekil 4.3. Petiolar çift glandlar	16
Şekil 4.4. Petiolar tek gland	17
Şekil 4.5. <i>Mercurialis annua</i> 'da dişi çiçek organları	18
Şekil 4.6. <i>Mercurialis annua</i> 'da dişi çiçek stigma	18
Şekil 4.7. Şizokarpik septisidal kapsül meyveler	19
Şekil 4.8. Olgunlaşmamış şizokarpik septisidal kapsül meyve	20
Şekil 4.9. <i>Mercurialis annua</i> 'nın olgunlaşmış meyvesi ve iki bölmedeki tohumları	21
Şekil 4.10. <i>Mercurialis annua</i> tohumunun morfolojik yapısı	22
Şekil 4.11. Foliar embriyo	23
Şekil 4.12. Meyve ve tohumun boyuna kesitindeki embriyo	24
Şekil 4.13. <i>Mercurialis annua</i> erkek çiçek durumu	25
Şekil 4.14. <i>Mercurialis annua</i> 'nın erkek çiçek organları	26
Şekil 4.15. <i>Mercurialis annua</i> poleni ve apertural sistem	27
Şekil 4.16. <i>M. annua</i> polenlerinin ekvatoryal görünümü	28
Şekil 4.17. Trikolporat <i>M. annua</i> tohumlarının kutuplardan görünümü	29
Şekil 4.18. Su alarak şişmiş tohum kabuğu ve tohum zarı	30
Şekil 4.19. Tohum kabuğu çatlaması	31
Şekil 4.20. Eksojen giberellin uygulanan tohumlarda endosperm uzaması	32
Şekil 4.21. İlk radikul çıkışı	33
Şekil 4.22. Primer kök ve kısımları	34

Şekil 4.23.	Giberellin uygulanan tohumdaki radikulda oluşan negatif gravitropizma ve endosperm uzaması	35
Şekil 4.24.	Çimlenme süreçleri ve embriyoya endosperm içeriğinin transferi (URL 1)	36
Şekil 4.25.	<i>M. annua</i> da epigeal çimlenme (a) doğal ortamında (b) sökülmüş örnek	37
Şekil 4.26.	Korunaklı doğal ortamda farklı uygulamalara bağlı çimlenen tohum sayısının günlere göre değişimi	40
Şekil 4.27.	İklim odasında farklı uygulamalara bağlı çimlenen tohum sayısının günlere göre değişimi	41
Şekil 4.28.	İnkübatör ortamında farklı uygulamalara bağlı çimlenen tohum sayısının günlere göre değişimi	42
Şekil 4.29.	Korunaklı doğal ortamda farklı uygulamalara bağlı çimlenen tohum sayısının günlere göre değişimi	44
Şekil 4.30.	İklim odası ortamında farklı uygulamalara bağlı çimlenen tohum sayısının günlere göre değişimi	45
Şekil 4.31.	İnkübatör ortamında farklı uygulamalara bağlı çimlenen tohum sayısının günlere göre değişimi	46
Şekil 4.32.	Korunaklı doğal ortamda farklı uygulamalara bağlı çimlenen tohum sayısının günlere göre değişimi	47
Şekil 4.33.	İklim odasında farklı uygulamalara bağlı çimlenen tohum sayısının günlere göre değişimi	48
Şekil 4.34.	İnkübatörde farklı uygulamalara bağlı çimlenen tohum sayısının günlere göre değişimi	49
Şekil 4.35.	Korunaklı doğal ortamdaki test gruplarının* çimlenme performansı	58
Şekil 4.36.	İklim odasındaki test gruplarının* çimlenme performansı	62
Şekil 4.37.	İnkübatördeki test gruplarının* çimlenme performansı	66

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Deney ortamlarının çevresel parametre değerleri ve test grupları	11
Çizelge 4.1. Çimlenen tohum sayısı üzerinde farklı ortamlardaki çevresel faktör ve uygulamaların Poisson Regresyon Analizi (* $p<0.05$)	38
Çizelge 4.2. Çimlenen tohum sayılarının çevresel parametrelere göre tanımlayıcı istatistikleri	39
Çizelge 4.3. Korunaklı doğal ortamdaki test gruplarının çimlenme performansı verilerinin MANOVA ve Tukey (HSD) tablosu. ($p<0.05$)	57
Çizelge 4.4. Korunaklı doğal ortamdaki test gruplarının hesaplanmış çimlenme performansı	58
Çizelge 4.5. İklim odası test gruplarının çimlenme performansı değerlerinin MANOVA ve Tukey (HSD) tablosu ($p<0.05$)	61
Çizelge 4.6. İklim odasındaki test gruplarının hesaplanmış çimlenme performansı	61
Çizelge 4.7. İnkübatör test gruplarının çimlenme performansı MANOVA ve Tukey (HSD) tablosu ($p<0.05$)	65
Çizelge 4.8. İnkübatördeki test gruplarının formüllere göre hesaplanmış çimlenme performansı	65

1. GİRİŞ

Tohum çimlenmesinin karmaşık süreçlerinin anlaşılmasında, çimlenmenin moleküler, epigenetik, morfolojik ve biyofiziksel alanlarının yanında (Steinbrecher ve Leubner-Metzger, 2018) ekolojik boyutlarının da birlikte değerlendirilmesi anahtar rol oynar. Her şeyden önce, tohumların çimlenme için ihtiyaç duydukları ve optimal düzeyi türden türe değişen nem, termoperyot, oksijen ve fotoperyot gibi çevresel etkenlerin, çimlenme ortamında karşılanması gereklidir. Çünkü tohum çimlenmesi, toprağın fiziksel faktörleri ve ana bitkinin habitatı ile ilişkili çevresel değişkenler arasındaki bir dizi karmaşık etkileşimle kontrol edilir (Cuba-Díaz vd, 2019). Bu nedenle topraktaki tohumun çimlenmesi, tohumların fizyolojik bakımdan hazır olması ve çevresel faktörlerin etkileşimleriyle düzenlenir (Baskin ve Baskin, 1989). Ayrıca her bitki türünün çimlenme için gerekli olan belirli çevresel ihtiyaçları vardır (Gallagher ve Cardina, 1998). Çünkü sıcaklık, tuzluluk, ışık ve toprak nemi, vs. gibi çeşitli çevresel faktörler, birlikte çimlenmeyi etkiler (Tlig vd, 2008). Bu nedenle, dormant olmayan bir takson veya genotipin tohumlarında bile (çiçeklenme dönemindeki ana çevre ve pozisyona bağlı olmak kaydıyla), çevre faktörlerinin belirli bir kombinasyonu (sıcaklık, ışık / karanlık, vb.) oluşmadıkça çimlenme gerçekleşmez (Baskin ve Baskin, 2004). Bu durumdaki tohumlara “durgun haldedir (=quiescence)” demek doğru olur (Baskin ve Baskin, 2003). Buna göre karasal Angiospermilerin yaşam döngüsünde fide oluşumunu ve bitki büyümesini belirleyen, en kritik aşama olan tohum çimlenmesi (Misra ve Dwivedi, 2004; Zhang vd, 2010) üzerinde, hem dışsal (nem, sıcaklık, oksijen, ışık, vs.) hem de genetik yapısına bağlı içsel faktörlerin (hormonlar, tohum yapısı, dormansi, tohum kalitesi, vs.) ortak etkisi yönetici bir işlev görür (Iglesias ve Babiano, 1997; Atici vd, 2005). Çünkü tohumun çimlenme için uyarılmasında veya dormansiye girmesinde önemli rol oynayan değişken çevresel faktörler, çoğunlukla bitki hormonlarının seviyelerini değiştirerek etki gösterirler (Ünal vd, 2004). Buna göre absisik asit (ABA), etilen, gibberellinler, oksin (IAA), sitokininler ve brassinosteroidler gibi fitohormonlar, bitkideki dormansi ve çimlenme dahil birçok fizyolojik ve biyokimyasal süreci kontrol etmektedir (Graber vd, 2012; Miransari ve Smith, 2014). Örneğin, oksin, sitokinin ve gibberellinler tohumlarda çimlenmeyi teşvik ederken, absisik asitin varlığı çimlenmeyi engelleyebilmektedir (Ünyayar, 1995).

Değişen çevresel faktörlere göre tohumların, çimlenme performansındaki değişimlerin araştırılması, türün ekofizyolojik özelliklerine bağlı çimlenme adaptasyonu ve stratejilerini anlamada ve türün korolojik özelliklerinin açıklığa kavuşturulmasında bize geniş bilgiler verir. Bu nedenle söz konusu testler, bitki ekofizyolojisi araştırma alan ve metodolojisi kapsamına girmektedir. Bu amaçla içsel ve dışsal faktörlerin birçok farklı kombinasyonlarının, farklı türlere ait tohumların çimlenme davranışları üzerindeki etki derecelerinin araştırılması için, çok sayıda çimlendirme çalışmaları yapılmıştır (Ünal vd, 2004; Magyar ve Lukacs, 2006).

Bu çalışmamıza konu olan *Mercurialis annua* L. (Euphorbiaceae), dünyanın birçok ülkesinde (Avrupa, K. Afrika, Orta Doğu, G. Afrika, K. Amerika, B. Hindistan, Yeni Zelanda, Avustralya ve Japonya) doğallaşmış ve Türkiye'nin birçok farklı bölgesinde, doğal veya invasif olarak yayılış gösteren, hemen hemen kozmopolit, tek yıllık otsu, dioik, ruderal bir türdür (Radcliffe-Smith, 1982; USDA, 2016). Yayılış gösterdiği farklı ülkelerde ve çalışma için bitkisel materyalleri sağladığımız bölgemizde (Samsun/OMÜ kampüs alanı), yılın farklı dönemlerinde çiçeklenme gösterebilen *M. annua*, ekolojik toleransı yüksek ve farklı çimlenme özellikleri gösteren bir türdür. Nitekim farklı lokasyonlardan sağlanan tohumlarla yapılan çimlenme çalışmalarında, türün değişik çimlenme davranışları gösterdiği belirlenmiştir (Szárnyas, 2000). Bu çalışmada, yılın farklı dönemlerinde çiçek ve meyvelenmesi sayesinde, deney için gerekli yeter sayıda tohumlarını sağlayabileceğimiz bir tür olan *M. annua* tercih edilmiştir. Çünkü erkek ve dişiler polen ve tohumlarını büyüdükçe üretilip dağıttıklarından, *M. annua*'da vejetatif büyüme ve generatif üremesi arasında keskin bir geçiş yoktur (Hesse ve Pannell, 2011). Nitekim, özellikle çimlendirme deneylerinde, farklı ekolojik parametrelerin kombinasyonlarını test edilebilecek sayıda, tohum tedarik etmek önemlidir. Ayrıca çiçeklenme ve meyvelerinin olgunlaşması ve olgun tohumların elde edilmesi kısa dönemde sağlandığı ve çimlendirme deney süresi bakımından da uygun olması nedeniyle de çalışma için tercih edilmiştir.

Bu çalışmada, farklı ortamlardaki *M. annua* tohumlarının çimlenme performansı üzerinde stratifikasyon (ön üşütme), karanlık, sıcaklık, ışık miktarı ve gibberellin (GA) uygulaması etkenlerinin farklı kombinasyonlarının, önemli değişiklikler sağlayacağı hipotezi oluşturularak, çimlenme deney düzenekleri hazırlanmış ve elde edilen bulgular tartışılmıştır. Bunun yanında *M. annua*'nın bazı

generatif ve vejetatif morfolojik özellikleri de incelenerek, çalışmaya konu olan türün taksonomik özelliklerine katkı sağlanmaya çalışılmıştır.



2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

Bugüne kadar *Mercurialis annua* ve diğer birçok türün çimlenme özellikleri ile çevresel faktör kombinasyonları arasındaki ilişkileri araştıran, birçok bilimsel çalışma yapılmıştır. Bu araştırmalardan çalışmamızla yakından ilişkili olanlarını, konu ve sonuçları bakımından şöyle özetlemek mümkündür:

Pacini (1990), *M. annua* tohumlarının dağılması ve çimlenme performansını test ettiği çalışmasında tohumların, özellikle elaisomlarındaki lipid ve protein rezervleri için, *Messor structor* (Latr.), (Hymenoptera: Formicidae) türü karınca tarafından besin amaçlı toplandıklarını belirtmiştir. Karıncalar tarafından elaisomları kazanmış olan tohumların hem mekanik hem kimyasal inhibitörlerinin uzaklaştırıldığını, suyla yıkanan tohumların ise kimyasal inhibitörlerin uzaklaştırılması sayesinde dormansinin sonlandırılarak çimlendiklerini ifade etmiştir.

Lisci vd (1994), *M. annua*'nın generatif morfolojisi ve polinasyon ekofizyolojisini araştırdığı çalışmasında, yıl boyunca (orta ve güney İtalya'da) çiçeklenen *M. annua*'nın, anemofil, dimorfik çiçeklere sahip dioik bir tür olduğunu, polen tanelerinin hacimlerinin mevsimsel olarak değişirken, stigma başına düşen polen sayısının 0 - 300 arasında değiştiğini belirtmiştir.

Lisci vd (1996), aralarında *Mercurialis annua* türünün de bulunduğu bazı Angiosperm türlerindeki elaisomun yapısı ve fonksiyonlarını incelediği çalışmasında, tohumlarda bulunan elaisom yapısının, mirmekokorik dağılmanın yanı sıra tohumun su alması veya kaybetmesinde fonksiyonel, bu nedenle dormansinin kırılmasında da etkili ve ayrıca topraktan su alınmasında da fonksiyonel olduğunu, bu işlevleri sayesinde elaisomun, tohumların çimlenmesinde önemli bir özellik olduğunu açıklamışlardır.

Lisci ve Pacini (1997) *M. annua*'nın meyve ve tohumun yapısal özelliklerini ve tohum dağılma mekanizmalarını araştırdığı çalışmasında, meyvelerin mikropilar alandaki dış integümetten köken alan elaisoma sahip, iki tohumlu bir kapsül yapısında olduğunu belirtmiştir. Ayrıca tohumların dağılımının, meyve duvarlarının mekanik tabakasının dehidrasyonuna bağlı, patlayarak fırlaması şeklinde bir otokori ve ardından mirmekokori'nin bir kombinasyonu ile oluştuğunu belirlemiştir.

Pacini vd (1997), polen canlılığının tozlaşma tipi ile ilişkili olup olmadığını, *M. annua*'nın da içinde bulunduğu rüzgarla ve böceklerle tozlaşan 6 Angiosperm türünde araştırmışlardır. Çalışılan anemofil ve entomofil türlerde yaşam biçimi, cinsiyet ekspresyonu, birey sayısı gibi özelliklere bağlı olarak türlerin polenlerinin canlılığının değişebileceğini belirtmişlerdir. Buna göre rüzgarla tozlaşan *M. annua*'nın polenlerinin hızlı kuruduğunu ve canlılık kaybının zamanla orantılı olarak, çiçeklenmeden 72 saat sonra tüm polenlerin öldüğünü bildirmişlerdir.

Szárnyas (2000) farklı yıllara ait *M. annua* tohumlarının çimlenmesi üzerine ışık, sıcaklık, toprak derinliği ve NH_4NO_3 konsantrasyonlarının etkisini incelediği, doktora tez çalışmasında, oldukça farklı bulgular elde ederek tartışmıştır.

Magyar (2003) yürüttüğü doktora tez çalışmasında; *M. annua* tohumlarında ışık, depolama şartları, soğuklama süresi, tohum toplama lokasyon ve tarihlerinin dormansi ve çimlenme üzerine etkilerini araştırmıştır. Araştırmacı çalışmasında *M. annua* tohumlarının, farklı toprak derinliklerinde ve laboratuvar şartlarında (PH, simüle edilmiş tuz ve ozmotik stresin) çimlenme sonuçlarını da test etmiş ve farklı çevresel parametrelerin *M. annua* tohumlarının çimlenme performansı üzerinde önemli etkilerinin olduğunu belirlemiştir.

Tilki (2005) *Fraxinus ornus*' da dormansinin giderilmesi amacıyla farklı sürelerde soğuk /sıcak / soğuk katlama işlemleri uyguladığı tohumlarını farklı sıcaklık aralıkları ve karanlıkta çimlendirmiştir. Buna göre en yüksek çimlenme yüzdesi ($\text{ÇY} > \%55$) ve çimlenme değerinin ($\text{ÇD} > 7$), 3 hafta sıcak + 12-16 hafta soğuk katlama işlemi uygulanan tohumlarda olduğu görülmüştür. Bunun yanında tohumlara yalnız soğuk katlama uygulamasının dormansiyi kırmadığı da belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca, en yüksek çimlenme yüzdesi ve çimlenme değerinin, $25/5^\circ\text{C}$ sıcaklıkta elde edildiği tespit edilmiştir.

Ortega-Baesa ve Rojas-Aréchiga (2007) *Trichocereus terscheckii* (Cactaceae) tohumlarının çimlenmesi üzerine ışık, sıcaklık ve giberellik asitin etkilerini araştırdığı çalışmasında, tüm deney gruplarının karanlıkta çimlenmediğini buna karşın, farklı konsantrasyonlarda GA uyguladığı tohumların, en iyi beyaz ışık altında ve $15-35^\circ\text{C}$ arasında çimlendiklerini belirlemiştir.

Çavuşoğlu vd (2007), tuz stresindeki arpanın (*Hordeum vulgare* L. var. Bülbül 89) tohum çimlenmesi, fide büyümesi ve yaprak anatomisine gibberellik asit (GA_3),

kinetin (Kin) ve etilen (E)'in etkisini araştırdığı çalışmasında; hormonal n uygulamaların, tuz stresinin tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerindeki olumsuz etkisini azalttığını belirlemişlerdir. Ayrıca, söz konusu büyüme hormonlarının arpa fidelerinin yaprak anatomisi üzerinde önemli derecede farklı etkilerinin olduğunu da tespit etmişlerdir.

Orlofsky vd (2016), *M. annua*'da eşeye bağlı olarak çevresel faktörlere karşı gösterdikleri tepkileri test ettikleri çalışmalarında, özellikle dişi bireylerin tuzluluk faktörlerine toleransının daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Heger vd (2018), yaptıkları çalışmada *Erodium cicutarium* 'un doğal ve istilacı popülasyonlarının çimlenme davranışı üzerinde, doğal bitki örtüsünün niteliklerindeki değişimlerin etkilerini araştırmış ve tohumların çimlenme davranışlarındaki değişimler ile birlikte bulunduğu doğal bitki örtüsü arasında önemli etkileşimlerin olduğunu belirlemiştir.

Cuba-Dıaz vd (2019), *Colobanthus quitensis* türünün 4 farklı popülasyonuna ait tohumlarına, çimlendirme öncesi yapılan uygulamaların, çimlenme üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında, hem popülasyon hem de uygulamalar arasında çimlenme bakımından anlamlı farklılıkların olduğunu belirlemişlerdir. Buna göre çimlenme öncesi en doğru uygulamanın, +4°C soğuklama olduğunu bildirmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Bitki Örneklerinin Toplanması ve Morfolojik Tespitler

Mercurialis annua'nın çiçekli örnekleri 2018 yılı, Mayıs ayının ilk haftasında, meyveli örnekleri ise aynı yılın Haziran ayının ilk haftasında, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kurupelit kampüs alanındaki toprak yığınları üzerindeki habitatlarından toplanmıştır.

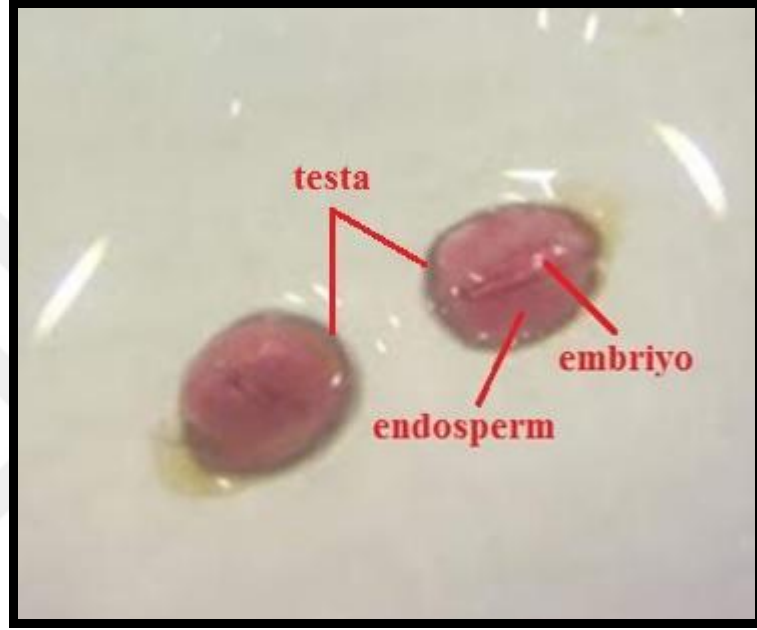
Toplanan taze erkek ve dişi örneklerin çiçek, meyve, tohum, embriyo, çimlenme, vs. organlarının bazı morfolojik özellikleri LEICA EZ4 stereo binoküler mikroskopla incelenerek, milimetrik ölçekli kağıt üzerinde ve LEICA DFC295, Leica Application Suit Version 3.8 görüntü analiz programı ile (± 0.001 mm) fotoğraflanarak belirlenmiştir. Tütün polenleri SEM (Scanning Electron Microscope) yöntemi ile fotoğraflanmıştır. Bu amaçla taramalı elektron mikroskobu çalışması için türe ait taze polen örnekleri, çift taraflı karbon bant yardımıyla stub'lar üzerine monte edilerek sabitlenmiştir. Hazırlanan örnekler Sputter Coater cihazında ince bir altın/paladyum tabakası ile kaplandıktan sonra inceleme ve görüntü alınması için, JEOL JSM-7001F taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak, uygun hızlandırma voltajında fotoğrafları çekilmiştir.

Haziran ayının ilk haftasında bitkiler, karıncaların tohumları taşımalarını önlemek için, meyveleri açılmadan hemen önce toplanmıştır. Herbaryumda, polietilen örtü üzerinde kuruyup açılan meyvelerin fırlattığı tohumlar, örtü üzerinden toplanarak, açık petri kutularına alınmıştır. 4 ay oda sıcaklığındaki açık petrilerde stoklanan tohumlara, çimlendirme testi kurulmadan önce tetrazolium (TZ) canlılık testi uygulanmıştır.

3.2. Canlılık Testi (Tetrazolium Testi=TZ)

TZ (2,3,5-Triphenyl Tetrazolium Chloride) testi, tohum canlılığını doğru ve hızlı bir şekilde tahmin etmek amacıyla kullanılmakta ve dünya çapında geniş ölçüde kabul görmektedir (Sivritepe, 2011). Bunun için rastgele alınan 50 tohum, 12 saat steril saf suda bekletildikten sonra, tetrazolium (TZ) çözeltisinin tohumun bütün dokularına

temasını sağlamak için, binoküler mikroskop altında, jilet yardımıyla boyuna ikiye ayrılmıştır. Tohumlar petrilere alınarak üzerlerine yeterli miktarda TZ çözeltisi ilave edildikten sonra, kapakları kapatılarak alüminyum folyo ile sarılmış halde oda şartlarında 12 saat bekletilmiştir (Sivritepe, 2011). Boyama süresinin sonunda, tohumlar çözeltiden çıkarılarak, su ile iyice yıkanmış ve boyanma durumları stereo binoküler mikroskop altında incelendikten sonra, kırmızı rengi alan 50 tohumun tamamının canlı olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Tetrazloium testine göre canlı tohumlar

3.3. Tohumların Sterilizasyonu

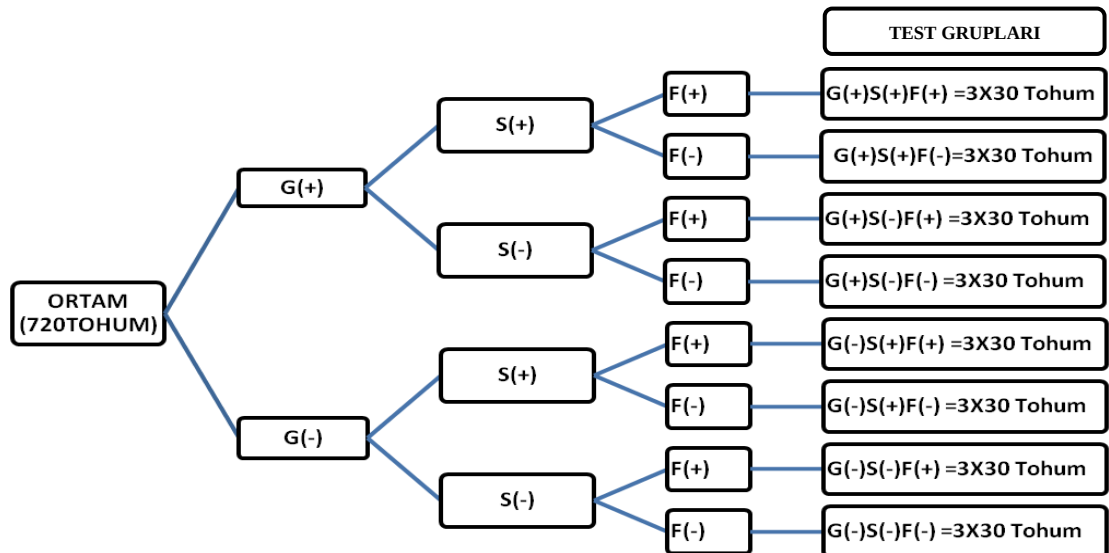
Çimlenme düzeneğine alınmadan önce tüm tohumlar, deney sürecindeki kontaminasyon riskine karşı 12 saat % 0.2 lik fungusid (Captan 50 WP) çözeltisinde bekletilmiştir. Aynı tohumlar, ekim yapılmadan hemen önce %0.5 lik sodyum hipoklorit (NaClO) çözeltisinde (%5'lik 20ml sodyum hipoklorit+ 180ml steril saf su) 5 dakika bekletildikten sonra, steril saf su ile 4 farklı beherde yıkanarak sterilizasyon tamamlanmıştır.

3.4. Çimlendirme Test Grupları

Deneyde kullanılan tohumların yarısına ($2160/2=1080$), 4 ay oda şartlarındaki kuru depolamadan sonra 4 hafta, +4°C deki buzdolabında, kapalı petrilereki nemli steril gazlı bez arasında soğuk stratifikasyon uygulanmış (S+), tohumların diğer yarısı ise

(1080) 5 ay kuru depolamadan sonra soğuk stratifikasyon uygulanmadan (S-) çimlendirme deneyine alınmıştır.

Deney düzeneği hazırlanırken, farklı ortamlardaki (korunaklı doğal ortam, iklim odası ve inkübatör (New Brunswick Scientific, Innova 42, Incubator Shaker) bazı faktör (fotoperyot, termoperyot) ve uygulama (giberellin, soğuk stratifikasyon, karanlık) kombinasyonlarının *M. annua* tohumlarının çimlenmesi üzerindeki etkisinin test edilmesi amaçlanmıştır. Bunun için, eksojen giberellin uygulanan (G+) ve giberellin uygulanmayan (G-) tohumların, üç farklı ortamdaki ön soğuklamalı (S+) ve soğuklamasız (S-) grupları ile karanlık (F+) ve aydınlık (F-) grupları, 31 gün süreyle inkübasyona alınmışlardır. Bu amaçla her bir ortam için ekim yapılmış 24 petrinin yarısına 5 ml steril saf su eklenirken, diğer yarısına 5 ml, 1000 ppm eksojen giberellin (Giberellic acid for syntesis. CAS No:77-06-5 Merck) uygulanmıştır (Ortega-Baes, 2007). Her bir ortamdaki giberellin uygulanan ve uygulanmayan (saf su) petrilerin de yarısı alüminyum folyo ile kaplanarak sürekli karanlık olan çimlenme ortamı sağlanmıştır. Deney düzeneğinde her bir ortamdaki giberellin uygulanan ve uygulanmayan petriler, S+, S- ve F+, F- grupları halinde ve her bir grup için 30'ar tohum x 3 petri (üç tekrarlı) olacak şekilde düzenlenmişlerdir. Böylece her bir ortam için 8 farklı kombinasyon grubundan (test grubu) oluşan toplam 720 tohum çimlendirmeye alınmıştır (8x3=24 petrideki, 24x30=720) (Toplam 3 ortam için: 720x3= 2160 tohum) (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Çimlendirme test grupları

Sterilizasyonu takiben tohumlar steril kabinde, 11 cm'lik petrilerdeki çift katlı

kurutma kağıdı üzerine ekilmiştir. Çimlenen tohum sayısı günlük olarak sayılan petrilere, gerektiğinde 1-2 ml steril saf su eklenerek nemli kalmaları sağlanmıştır. Her bir deney ortamının KIMO KISTOCK KH 100 veri kayıt cihazı ile saatlik ölçümü kaydedilen sıcaklık, fotoperyot, ışık değerleri ve çimlendirme test grupları tabloda olduğu gibidir. (Çizelge 3.1)

Çizelge 3.1. Deney ortamlarının çevresel parametre değerleri ve test grupları

İnkübasyon Ortamı	Termoperyot (Gündüz/Gece)	Fotoperyot (Aydınlık/Karanlık)	Günlük Ort. Işık Miktarı (Lux)	Test Grupları
İnkübatör	20°C/10°C	12 saat/12 saat	8517	1: G-S-F-, 2: G-S+F-, 3 :G-S-F+, 4: G-S+F+, 5: G+S-F-, 6: G+S+F-, 7: G+S-F+, 8: G+S+F+
İklim Odası	Sabit 25°C	12 saat /12 saat	1860	
Korunaklı Doğal Ortam	15°C/13°C	9 saat /15 saat	294	

Tohum çimlenmesinin tamamlanması için radikul çıkışının stereo binoküler mikroskopta görülmesi yeterli sayılmıştır. Çünkü çimlenme tohumun su alımı ile başlar ve embriyonik eksenin başlangıç uzaması ile devam ederken, çimlenmenin tamamlanması radikulun ortaya çıkmasıyla görülebilir (Bewley, 1997; Ogawa vd, 2003). Çimlenen tohumların günlük sayımı ve petrilerin kontrolü, folyosuz petriler için beyaz ışıklı aydınlık ortamda, folyolu petrilerin sayım ve kontrolleri ise soluk yeşil ışıklı karanlık ortamda ve stereo binoküler mikroskop altında yapılmıştır. Her üç ortamdaki tüm test gruplarına ait petrilerdeki çimlenen tohumlar sayılarak, gruplara göre düzenlenmiş, günlük sayım tablosu halinde kayıt altına alınmıştır. Çimlenme aşamalarını (su alma ve şişme, kabuk çatlaması, ilk radikul çıkışı, primer kök büyümesi) tamamlayan tohumlar fotoğraflandıktan sonra, petrisinden uzaklaştırılmıştır.

3.5. İstatistiksel Analizler

Günlük olarak sayılan çimlenen tohumlar, düzenlenmiş kayıt tablosuna gruplarına göre kaydedilerek, istatistiksel analizlerde (SPSS) kullanılmak üzere, temel veri bankası halinde düzenlenmişlerdir. Her gruptaki “çimlenen tohum sayısı üzerinde, farklı ortamlardaki çevresel parametrelerin etkileri”, Poisson Regresyon Analizi ile

test edilmiş ve bulgular tablolar halinde verilmiştir. Yine her gruptaki çimlenen tohum sayılarının deney boyunca günlük değişimi (31 gün) grafikler halinde sunulmuştur.

Her bir test grubunun “çimlenme performansları”, 31 günlük inkübasyon sonunda elde edilen çimlenen tohum sayısı verileri kullanılarak, üç farklı formüle göre hesaplanmıştır (türetilmiş data). Hesaplamalarla elde edilen değerler istatistiksel analizlerde (SPSS) kullanılmak üzere, temel veri bankası halinde düzenlendikten sonra, her bir ortamdaki (korunaklı doğal ortam, iklim odası, inkübatör) tüm test gruplarının çimlenme performans verileri, Çok Değişkenli Varyans Analizi (Multivariate Analysis of Variance =MANOVA) ile test edilmiş ve bulgular tablo ve grafikler halinde verilmiştir. Her iki istatistiksel test için kullanılan tüm veriler, IBM SPSS 25.0 programında analiz edilirken, $P < 0.05$ anlamlı kabul edilmiştir.

Çimlenme performans hesaplama formülleri ise şunlardır:

- -Çimlenme oranı: toplam çimlenen tohum sayısı/tohum sayısı x 100
- -Çimlenme hızı: $GR = (n_1t_1) + (n_2t_2) + \dots + (n_xt_x) / x^n$

n_1 : ilk çimlenen tohum sayısı, t_1 : ilk çimlenme günü, x^n : toplam çimlenen tohum sayısı

Not: Düşük sonuç hızlı çimlenmeyi gösterir

- -Günlük ortalama çimlenme: $GOÇ = \text{Çimlenme oranı} / \text{Son çimlenme günü}$ (Rubio-Casal vd, 2003).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Morfolojik Bulgular

Doğal ortamından taze örnekler halinde toplanan çiçekli ve meyveli *Mercurialis annua* örnekleri üzerinde morfolojik özellikleri incelenerek, türün bazı taksonomik karakterlerinin tanınmasına katkı sağlanmıştır. Bunun için bitkinin çiçek, polen, tohum ve meyve özellikleri fotoğraflanarak açıklanmıştır. Buna göre tek yıllık, ruderal olan türün, aynı populasyonda bulunan erkek ve dişi bireyleri (dioik) tüysüz veya az çok tüylü olup, ortalama 5-50 cm boyundaki gövdeleri tabandan itibaren karşılıklı ikili dallanma gösterir (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2).

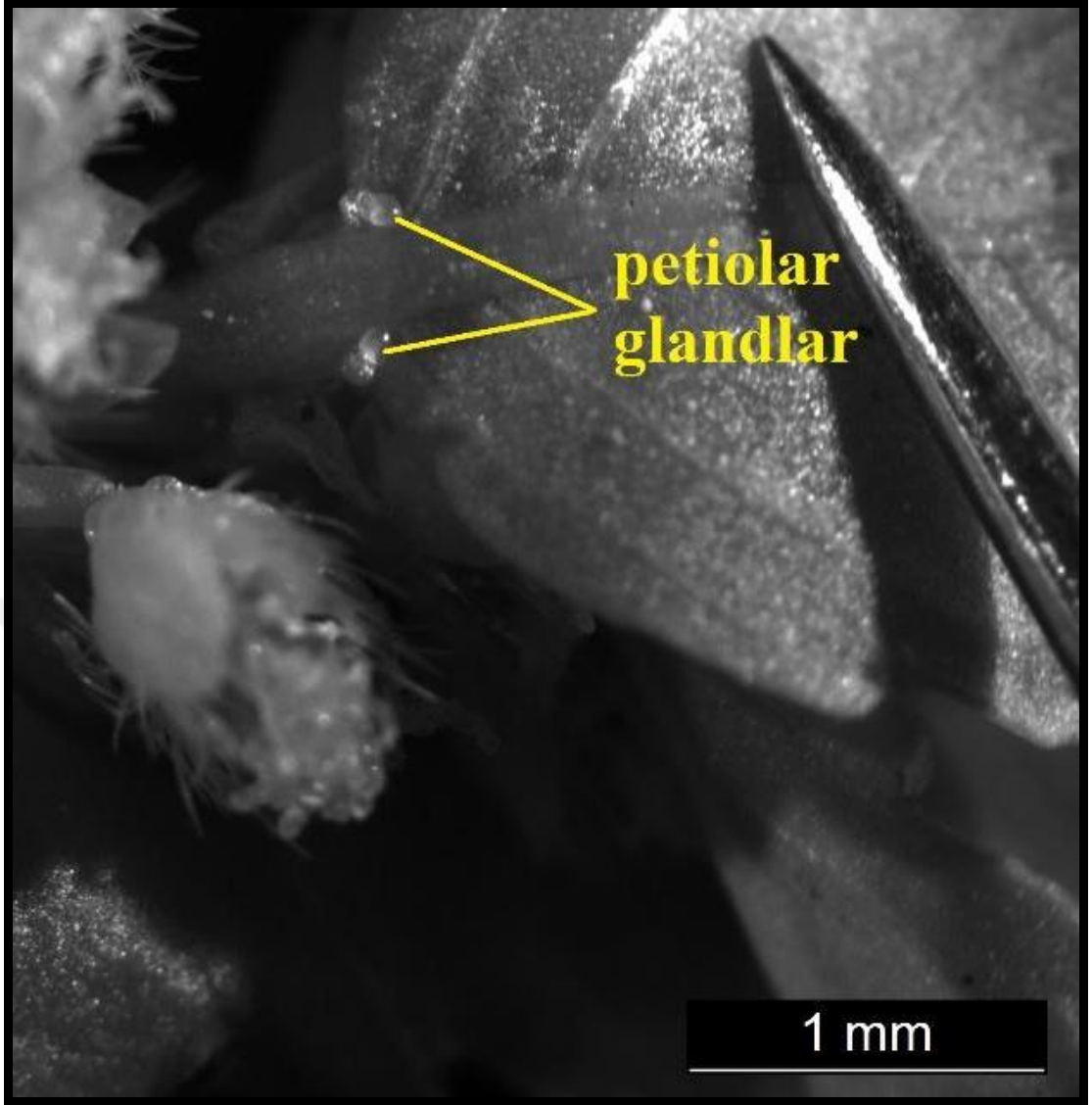


Şekil 4.1. *Mercurialis annua* erkek birey

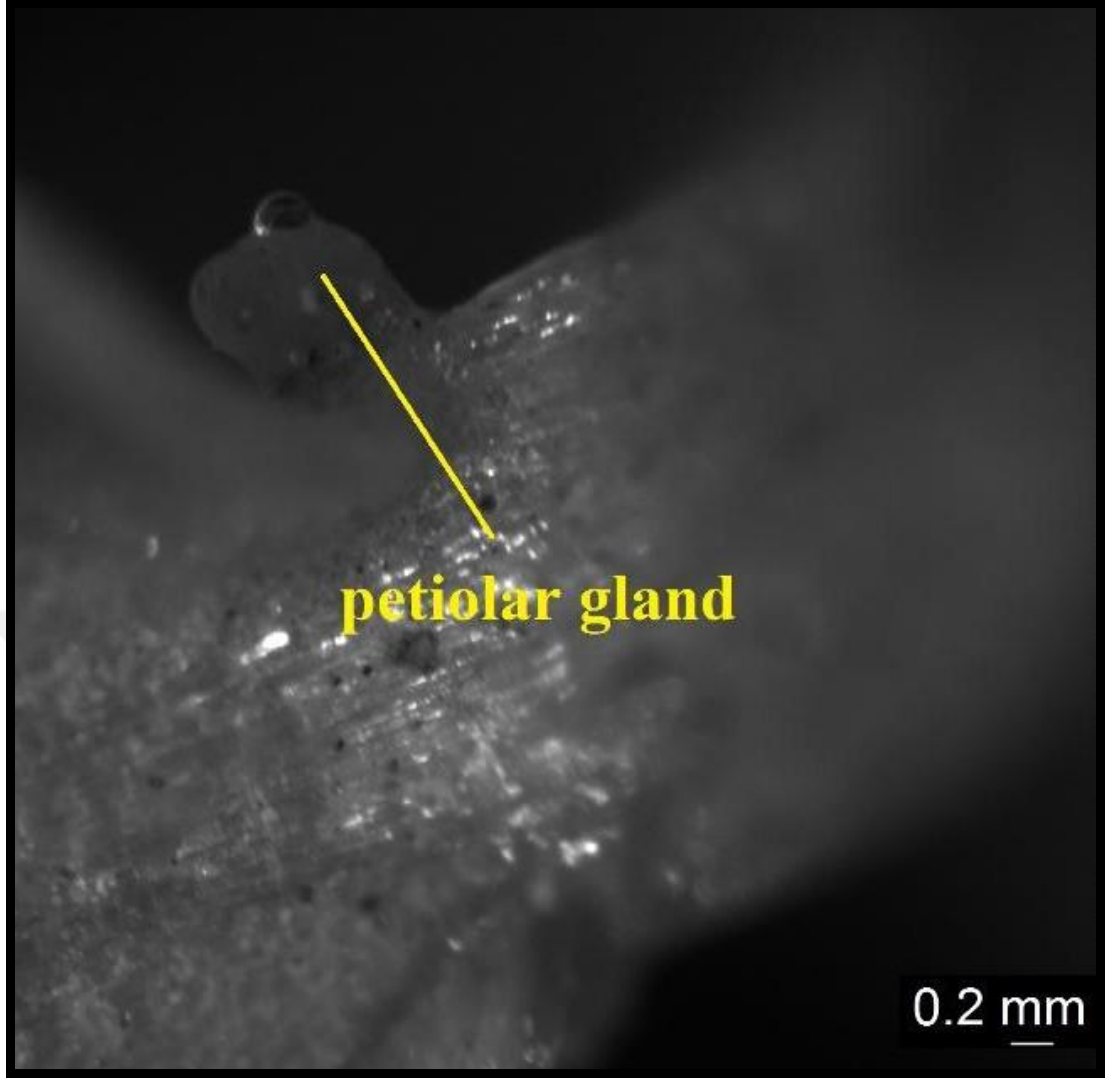


Şekil 4.2. *Mercurialis annua* dişi birey

Krenat-serrat ve dişleri seyrek siliat olan, eliptik-lanseolat yapraklar, ortalama 1-7.5 x 0.3-3.5 cm olup, petiol 0.1-1.5 cm ve stipulları 1-2 mm olup ovat-deltoid tir. Yaprığın petiole bağlandığı taban kısmında ve petiol üzerindeki 1 veya 2 li petiolar gland yapısı dikkat çekicidir (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4).

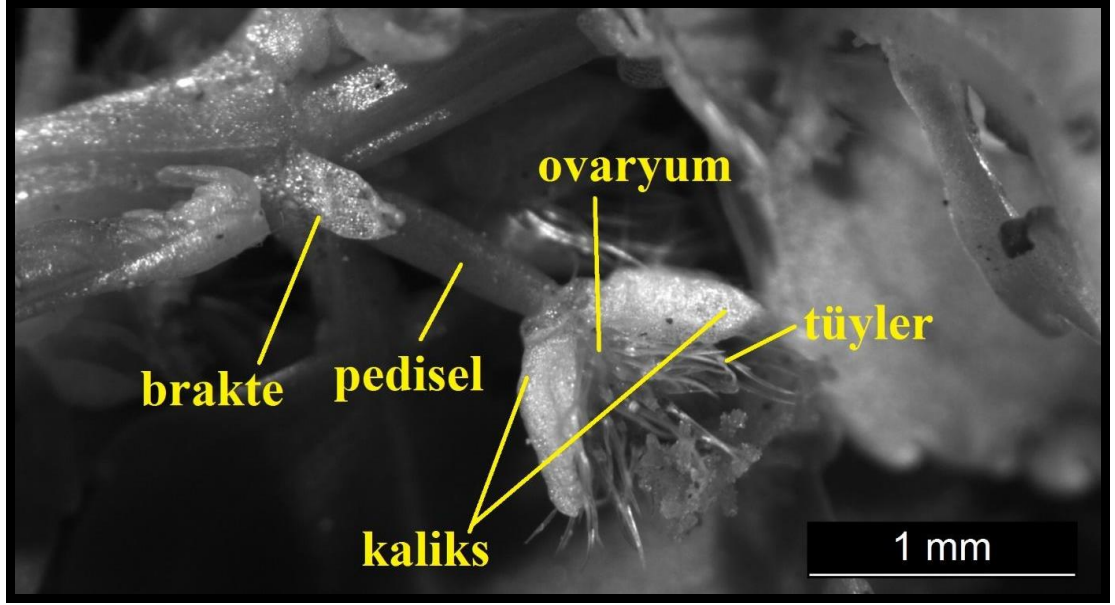


Şekil 4.3. Petiolar çift glandlar



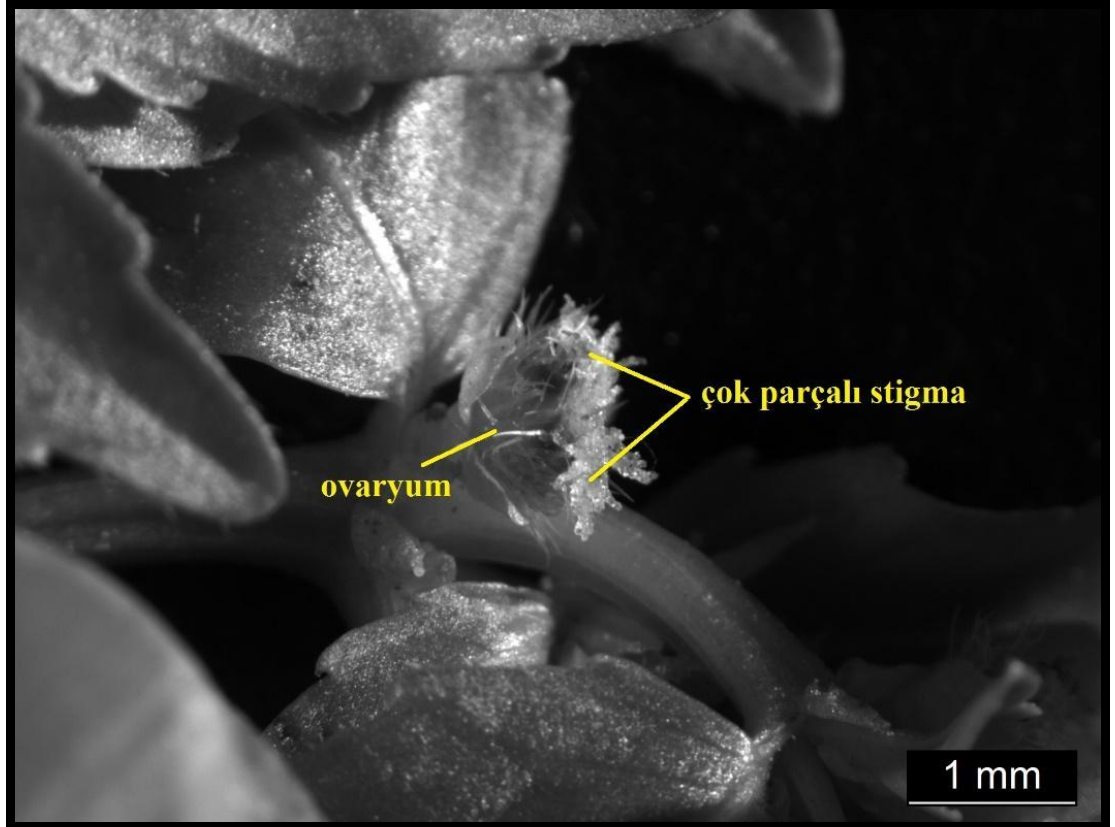
Şekil 4.4. Petiolar tek gland

Dioik olan türün dişi çiçekleri, yaprak koltuklarında 1-4 tanesi bir arada ve brakteli pedisellattır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. *Mercurialis annua*'da dişi çiçek organları

Şeffaf olan serbest kaliks lobları 3 tane olup, imbrikat diziliş gösterir. Üst durumlu ovaryumun üzerindeki tüberküller siliat olup, ovaryumun 2 karpelinde de birer tane olan ovüller aksillar plasentalanma gösterir. 2 serbest stillusun stigmaları oldukça fazla dallanmıştır (Şekil 4.6).

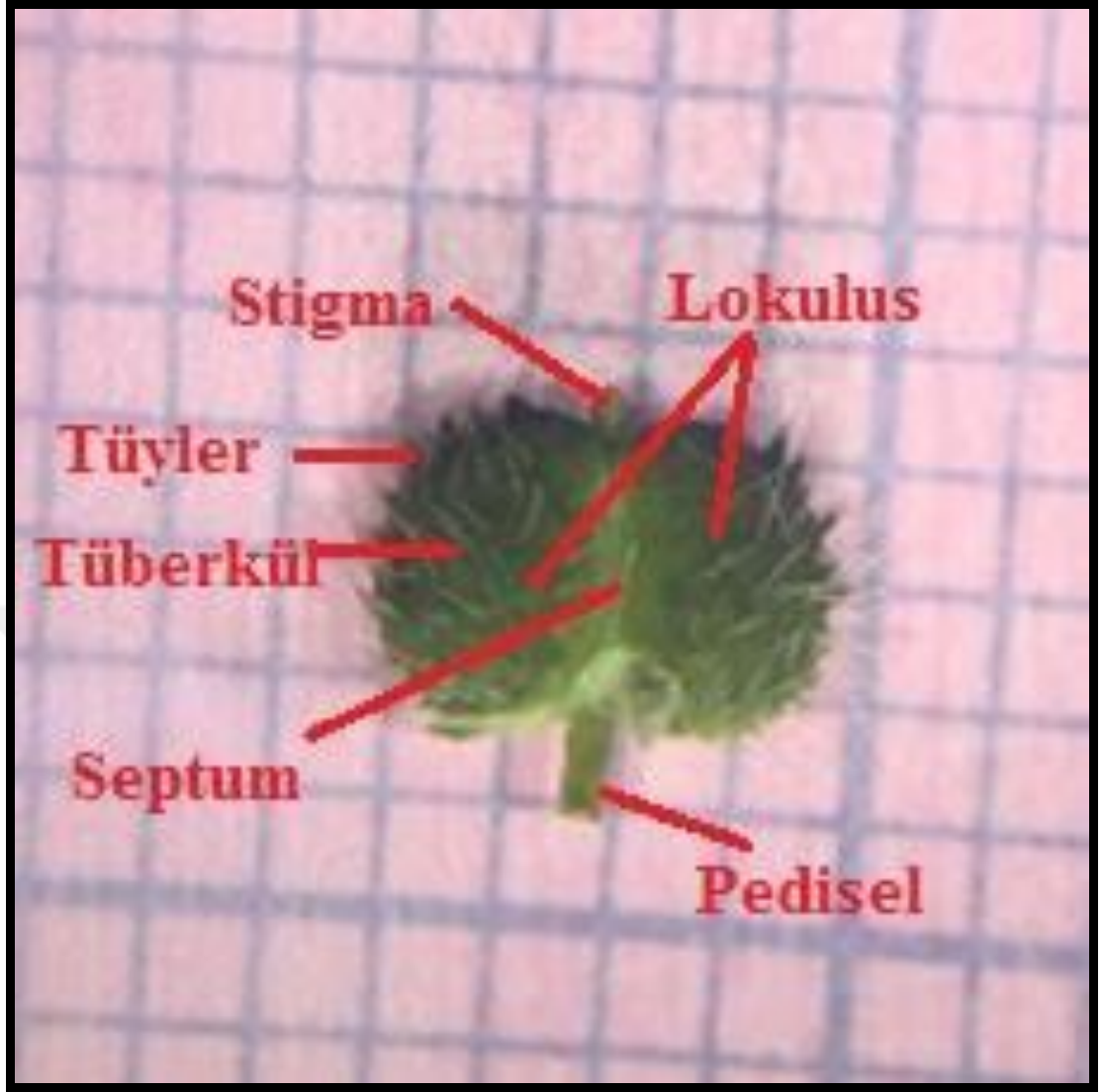


Şekil 4.6. *Mercurialis annua*'da dişi çiçek stigma

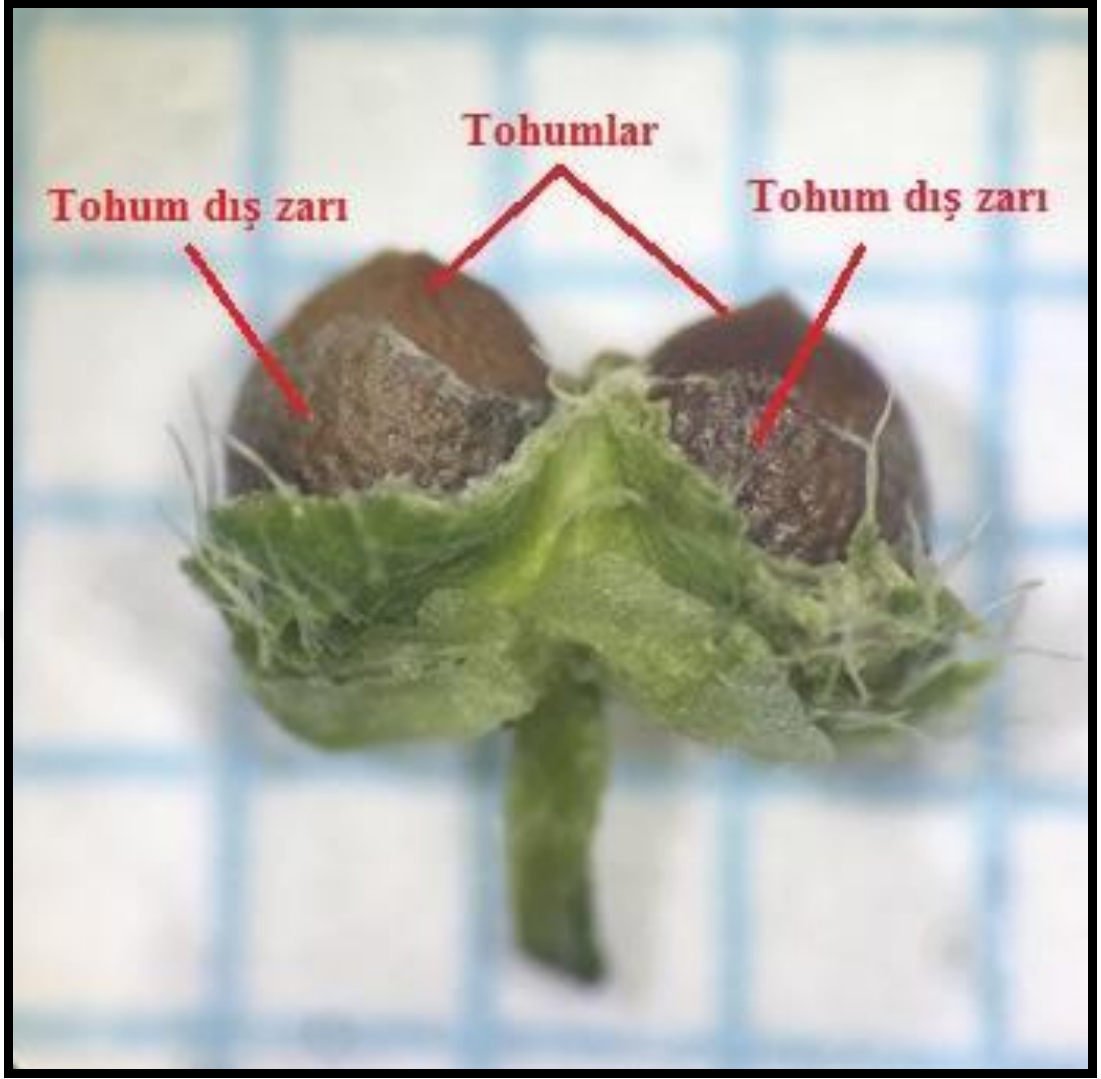
2x4 mm ölçüsünde ve 2-3 bölmeli, şizokarpik septisidal kapsül meyveler (Şekil 4.7), olgunlaştıklarında, 2 kapağını dehidrasyon nedeniyle patlama şeklinde, septumundan hızla açarak, her bir bölmede birer tane olan tohumlarını (Şekil 4.8 ve Şekil 4.9), ortalama 1-130 cm kadar uzak çevreye fırlatırlar (Lisci ve Pacini, 1997).



Şekil 4.7. Şizokarpik septisidal kapsül meyveler



Şekil 4.8. Olgunlaşmamış şizokarpik septisidal kapsül meyve



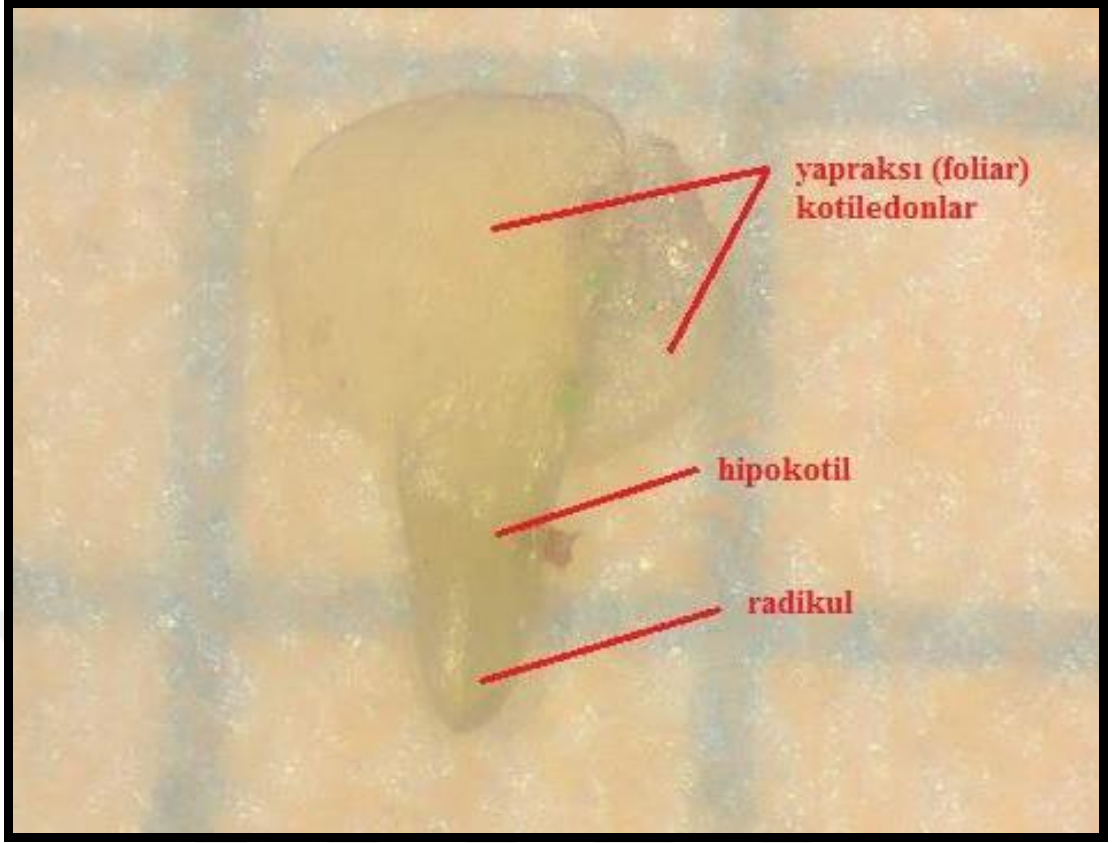
Şekil 4.9. *Mercurialis annua*'nın olgunlaşmış meyvesi ve iki bölmedeki tohumları

2 mm, ovoid şekilli ve dış integüment kökenli tohum dış zarı nedeniyle parlak, yeşilimsi-kahverengi tohumların yüzeyi ruguloz-tuberküllü olup, hilum tarafında lipit ve proteince zengin elaisome bulunur (Lisci ve Pacini, 1997; Ciccarelli vd, 2005). Bu nedenle dökülen olgun tohumlar özellikle karıncalar (*Messor structor*) tarafından beslenmek amacıyla hızla yuvalarına taşınırlar (mirmekokori) (Pacini, 1990) (Şekil 4.10). Bu durumda *Mercurialis annua* tohumları, olgun septisidal kapsül meyve perikarplerinin dehidrasyona bağlı olarak patlama şeklinde hızla açılması sonucu 130 cm kadar uzağa fırlatarak hem otokorik (ballochorous), hem de karıncalar tarafından mirmekokorik olarak dağıldığı için (Pacini, 1990) diplochorous dağılış gösteren bir türdür (Chen vd, 2019).

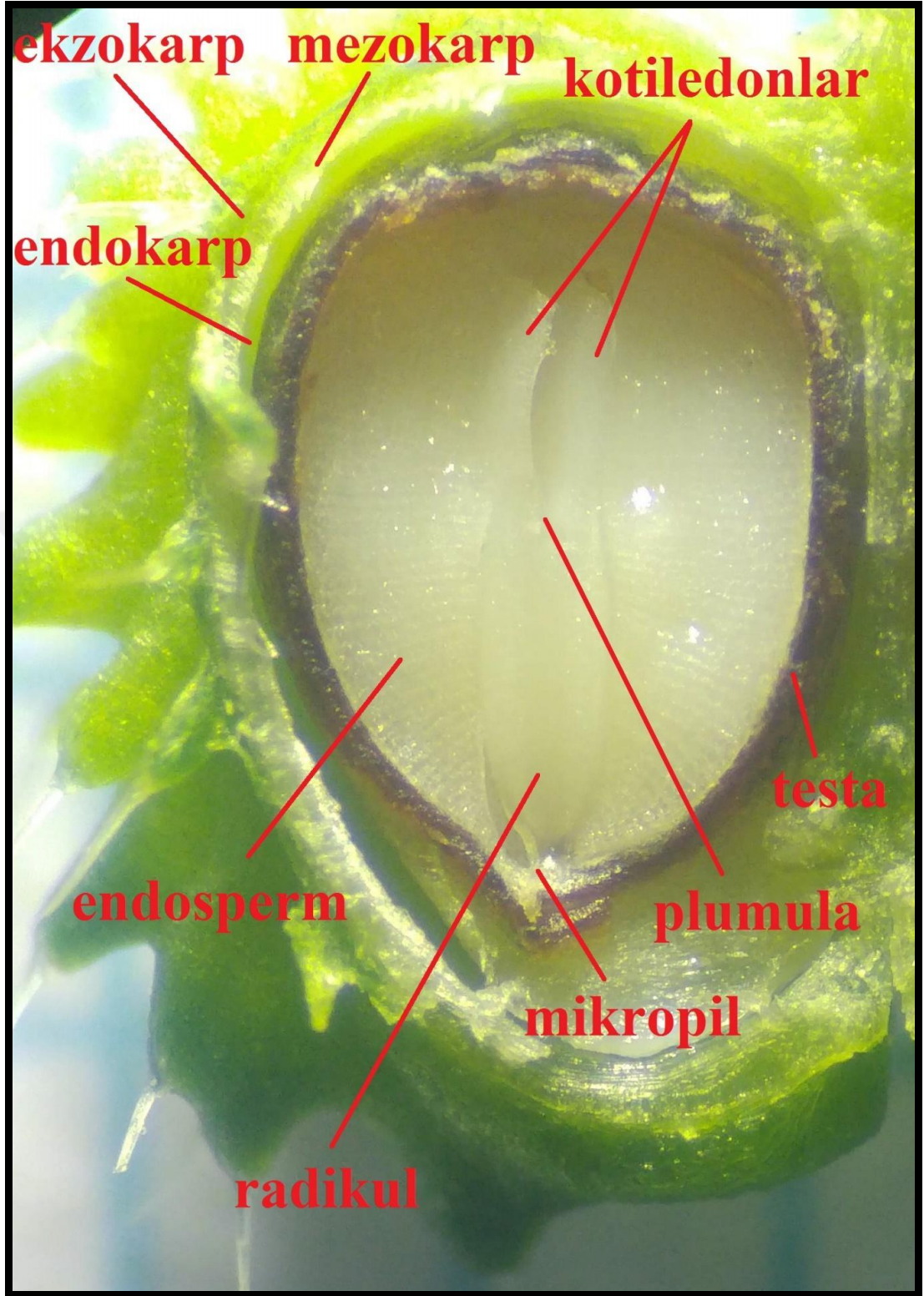


Şekil 4.10. *Mercurialis annua* tohumunun morfolojik yapısı

M. annua nın bol endospermli FA1-tipteki tohumlarında, spatulat aksil'e sahip ince yapraksı kotiledonlu (foliar), 1mm den biraz uzun embriyo bulunur (Finch-Savage ve Leubner-Metzger, 2006) (Şekil 4.11 ve Şekil 4.12).



Şekil 4.11. Foliar embriyo



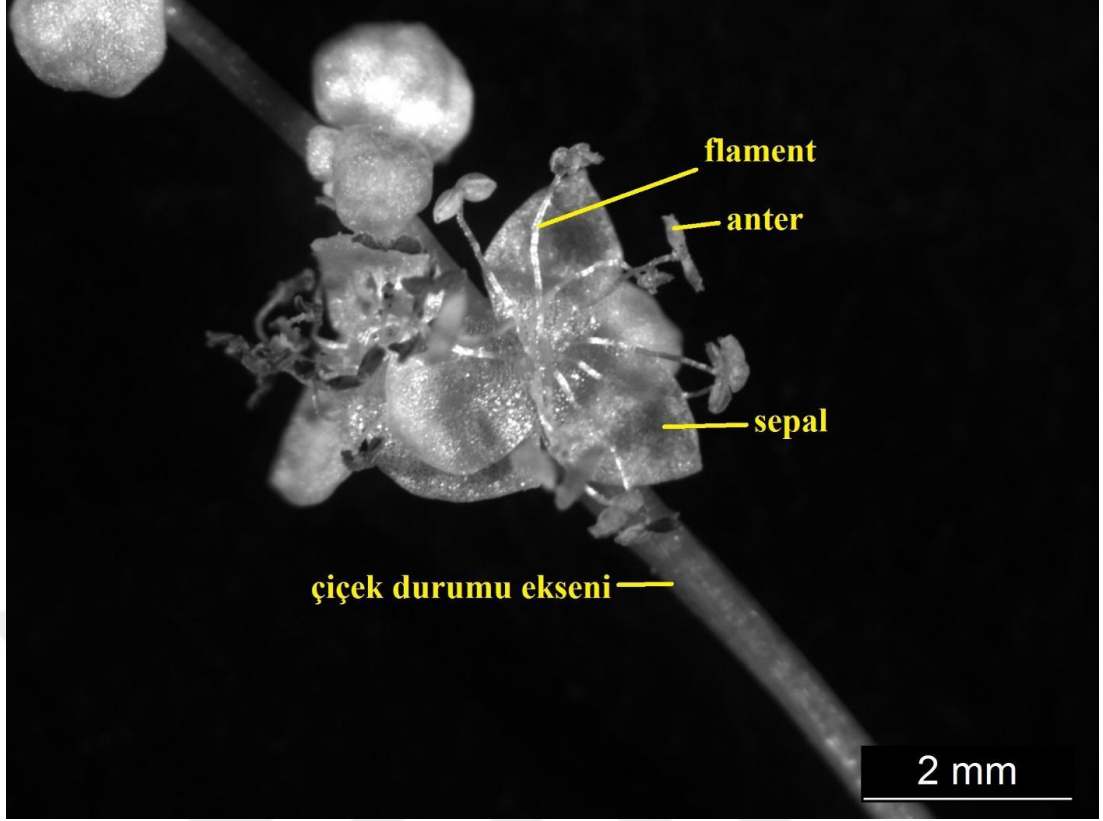
Şekil 4.12. Meyve ve tohumun boyuna kesitindeki embriyo

Dioik olan türün erkek çiçekleri yaprak koltuklarından çıkan uzun saplı ve 2-9 cm uzunlukta bir spika durumundadır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. *Mercurialis annua* erkek çiçek durumu

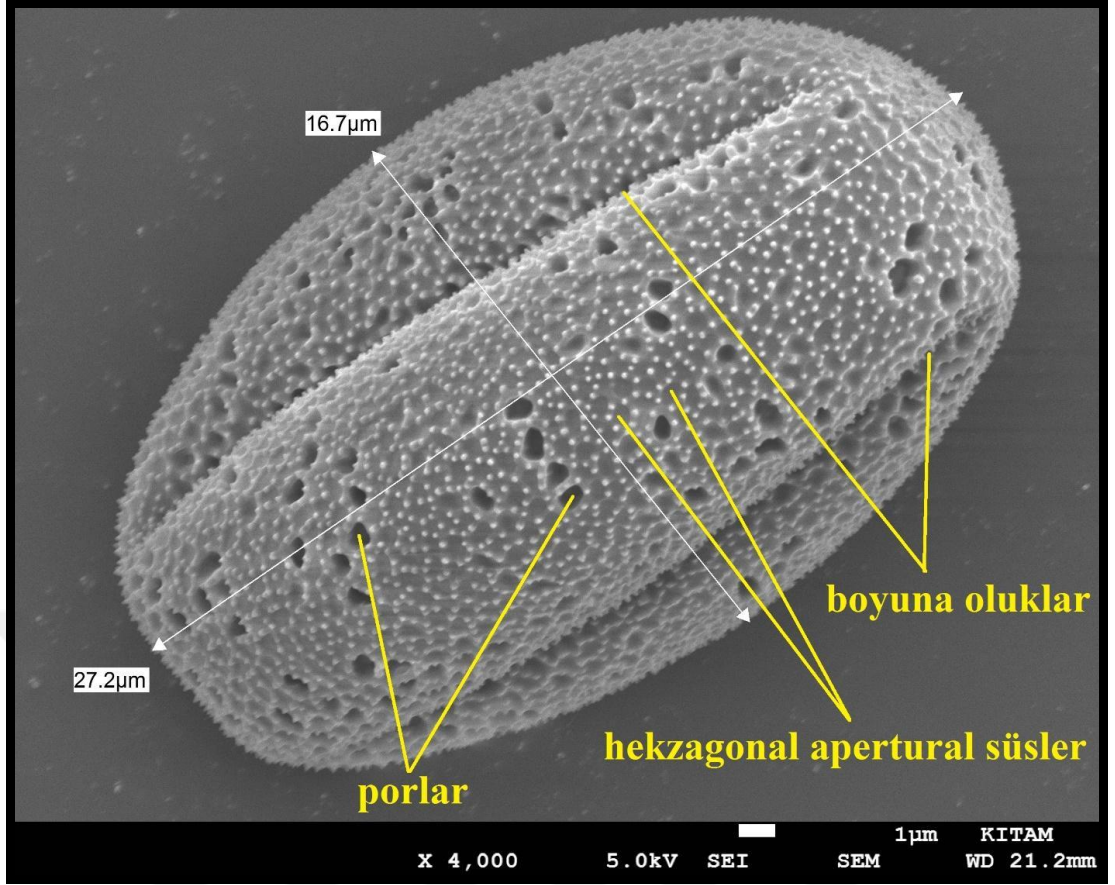
Çiçek durumu sapı (pedankıl) üzerinde kümeler halinde dizilmiş olan erkek çiçeklerin, üç serbest sepalden oluşan kaliks lopları, valvat dizilişli, sarımtırak-yeşil renkli ve şeffaftır. Serbest ve fazla sayıdaki (6-20) stamenlerin versatil anterleri, olgunlaştıklarında yarılarak açılır (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. *Mercurialis annua*'nın erkek çiçek organları

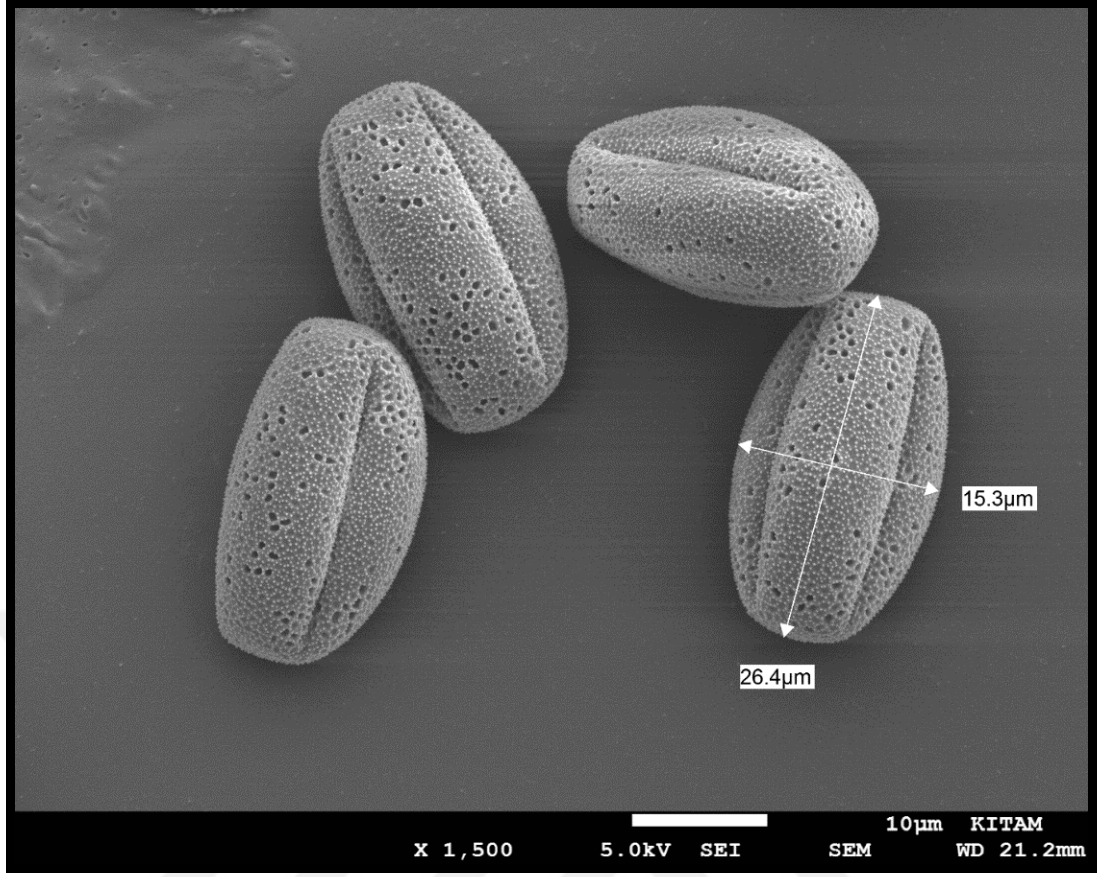
4.2. Palinolojik Bulgular

M. annua'nın olgunlaşan anterlerinin yarılarak açılmasıyla anemogamik dağılan polenleri (Pacini vd, 1997), eksin zarı üzerinde dış polen duvarının (exine) ince bölgelerinde, boyuna oluşmuş 3 oluk (kolpi) ve porların bulunması nedeniyle, trikolporate (üç oluklu-porlu) tipte ve oval şekillidir. Ortalama $27.2 \times 16.7 \mu\text{m}$ ölçülerindeki polenlerin dış zarı (exin) üzerinde, boyuna 3 oluklu yapıların yanında, birbirine bağlı 6 küçük çıkıntıdan (mikrokolpi) oluşan heksagonal halkalar da bulunur. Bu altıgen şeklinde halkalar birbirine bağlanarak mikoretikulat bir ağ sistemi halinde tüm eksin yüzeyi kaplar. Mikoretikulat halkaların ortasında polenin muhtemelen su alma (hidrasyon) ve kayıplarından (dehidrasyon) kaynaklanan hacim değişikliklerine (harmomegati) adaptasyonunda fonksiyonel olan porlar (Saad ve El-Ghazaly, 1988), sporoderm üzerindeki apertural sisteme (eksin süsler) katılır (apertural sporoderm) (Şekil 4.15; Şekil 4.16; Şekil 4.17).



Şekil 4.15. *Mercurialis annua* poleni ve apertural sistem

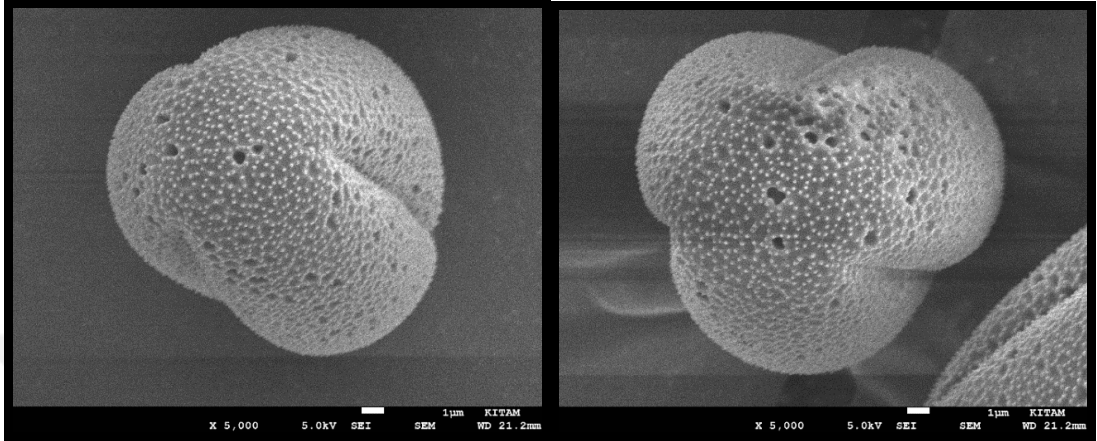
M. annua polenlerinin mikro karakteristik yapı ve şekilleri, türlerin ayırt edilmesinde kullanılan bir taksonomik karakter olarak kullanılabilir. Çünkü türlerin polen duvar desenleri çok çeşitli ve çoğu zaman da çok karakteristiktir ve uzun zamandır her çeşit sınıflandırma ve hatta adli tanımlama için bile taksonomik olarak kullanılmaktadır (Szibor vd, 1998). Nitekim farklı taksonlara ait birçok polen tiplerinin, polen morfolojik özelliklerinin elektron mikroskopi yöntemleri kullanılarak araştırılması, bu familyanın (Euphorbiaceae) sistematigine önemli katkılar sağlamıştır (Saad ve El-Ghazaly, 1988; Takahashi vd, 2000).



Şekil 4.16. *M. annua* polenlerinin ekvatoryal görünümü

Olgunlaştığında % 20 -% 50 arasında değişen bir su içeriğine sahip *Mercurialis annua* polenlerinin hacmi, anter açıldıktan sonra atmosferin nemine bağlı olarak düşer veya artar (Pacini, 1996). Polen su dengesini daha fazla bozulmadan kontrol etmek için çeşitli fizyolojik ve yapısal (mekanik) uyarlama özelliklerine sahiptir. Bunlardan biri de, polenin daha fazla kurummasını önlemek için intin zarın kendisini katlama yeteneği sayesinde oluşturulmuş harmomegatik sistemdir (Volkova, 2013). Buna göre, *M. annua* gibi anemogamik türlerin polenleri, atmosferik nem oranına duyarlı oldukları için, çevre şartlarına bağlı su kaybı durumunda, exin zarların bulunmadığı kısımlardaki yarıklarda, intin zar (iç zar) içe katlanarak boyuna yarıkların (kolpi) kapanmasını sağlamaktadır. Bu durumda *M. annua* polenleri üzerinde boyuna oluklar aslında, exin zarların bulunmadığı ya da incelendiği kısımlarda intin zarların (iç zar) içe katlanmasıyla oluşmuştur. Böylece, polen bu adaptif yöntem sayesinde daha fazla su kaybını önlerken, polenin su alarak şişmesi durumunda ise intin zar şişerek, bu açıklıklardan dışa doğru çıkıntılar da oluşturur (Katifori vd, 2010). Çünkü anterdeki polenler, olgunluğa ulaşmış olduklarında, sıvı bir ortamdan atmosferik ortama aktarılmış olurlar. Bunun sonucunda çoğu

Angiosperm türünde polen dehidrasyona uğrar ve uyumlu bir stigmaya yerleşinceye kadar bu durumda kalır. Böylece polen, harmomegati nedeniyle oluşan daha fazla hacim değişimlerine karşı polen bütünlüğünü koruyarak, hayatta kalmak için polen duvar morfolojisini adapte etmiştir (Matamoro-Vidal vd, 2016).

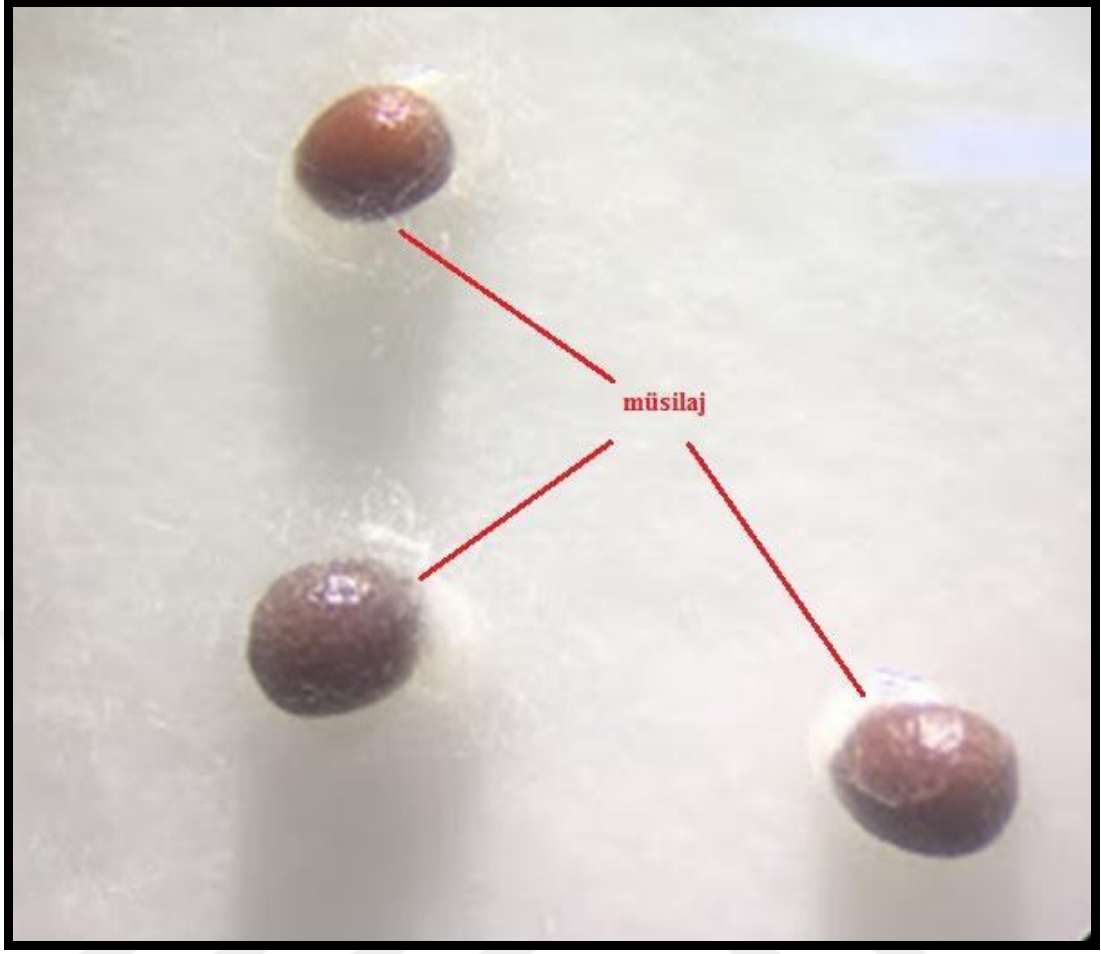


Şekil 4.17. Trikolporat *M. annua* tohumlarının kutuplardan görünümü

4.3. Çimlenme Bulguları

Tüm test gruplarının çimlenme aşamaları günlük sayım ve kontrollerle izlenmiş ve çimlenmesini tamamlayan tohumlar fotoğraflandıktan sonra petrisinden uzaklaştırılmıştır. *M. annua* tohumlarının çimlenme aşamalarını oluşturan su alma ve şişme, kabuk çatlaması, ilk radikul çıkışı ve primer kök büyümesi aşamaları, her test grubu içinde bile tohumdan tohumla farklılıklar göstermektedir. Bunun yanında G+ ve G- gruplarındaki tohumların çimlenme aşamalarındaki bazı gelişmelerinde de farklılıklar gözlenerek fotoğraflanmıştır.

Genel olarak kuru tohumlarda (su kaybına bağlı kuruma nedeniyle) ayırt edilemeyen fakat, tohumların su alma ve şişme aşamasında belirginleşen, tohum kabuğu dışındaki zar yapısı, hızla su alarak şişer ve tohum etrafında jelimsi bir yapı kazanarak, su tutulması ve tohumun su alması üzerinde pozitif bir etki oluşturur (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Su alarak şişmiş tohum kabuğu ve tohum zarı

Suyla temas sonucu oluşan bu müsilajın olası işlevleri, tohumların dağılması için yüzeylere ve hayvanlara yapışma ayrıca müsilajın oldukça hidrofilik olması nedeniyle su kaybını geciktirdiği için, ozmotik ve tuzlu stresli ortamlarda tohumun çimlenmesine yardımcı olmaktır (Weitbrecht, 2011). Ovüldeki dış integümentten köken alan bu zarımsı yapı, tohumun mikropil ucunda daha da kalın ve yoğun bir yapı halinde bulunur ve elaisom veya karıncıl olarak adlandırılır. Olgunlaşan tohumlardaki elaisomda bulunan besin değeri yüksek, özellikle lipidli bileşikler, karıncalar tarafından beslenmede tercih edildiği için, hızla yuvalarına taşınmasına ve böylece *M annua* tohumlarının mirmekokorik dağılımına katkı sağlamaktadır (Pacini, 1990; Lisci ve Pacini, 1997). Elaiosomun varlığının tohumlar tarafından su emilmesini arttırdığı ve mirmekokorik türlerde çimlenmeyi kolaylaştırdığı bildirilmiştir (Fernandes, 2018).

Su alarak şişen tohumların bir sonraki aşaması tohum kabuğu (testa) çatlamasıdır. Tohumun (endospermin) su alarak şişmesi sonucu ortaya çıkan hacim

artışına ayak uyduramayan tohum kabuğunda, önce tohumun ventral (adaksial) tarafında ve apikaldan (mikropil) bazala doğru ilk çatlama gerçekleşir. İkinci kabuk çatlama çizgisi ise benzer şekilde ve tohumun dorsal (abaksial) hattı boyunca gerçekleşirken, üçüncü kabuk çatlama çizgisi bu iki çizginin ortasından gerçekleşir ve kabuğun 3 hat boyunca çatlamasıyla endosperm açığa çıkar (Şekil 4.19).

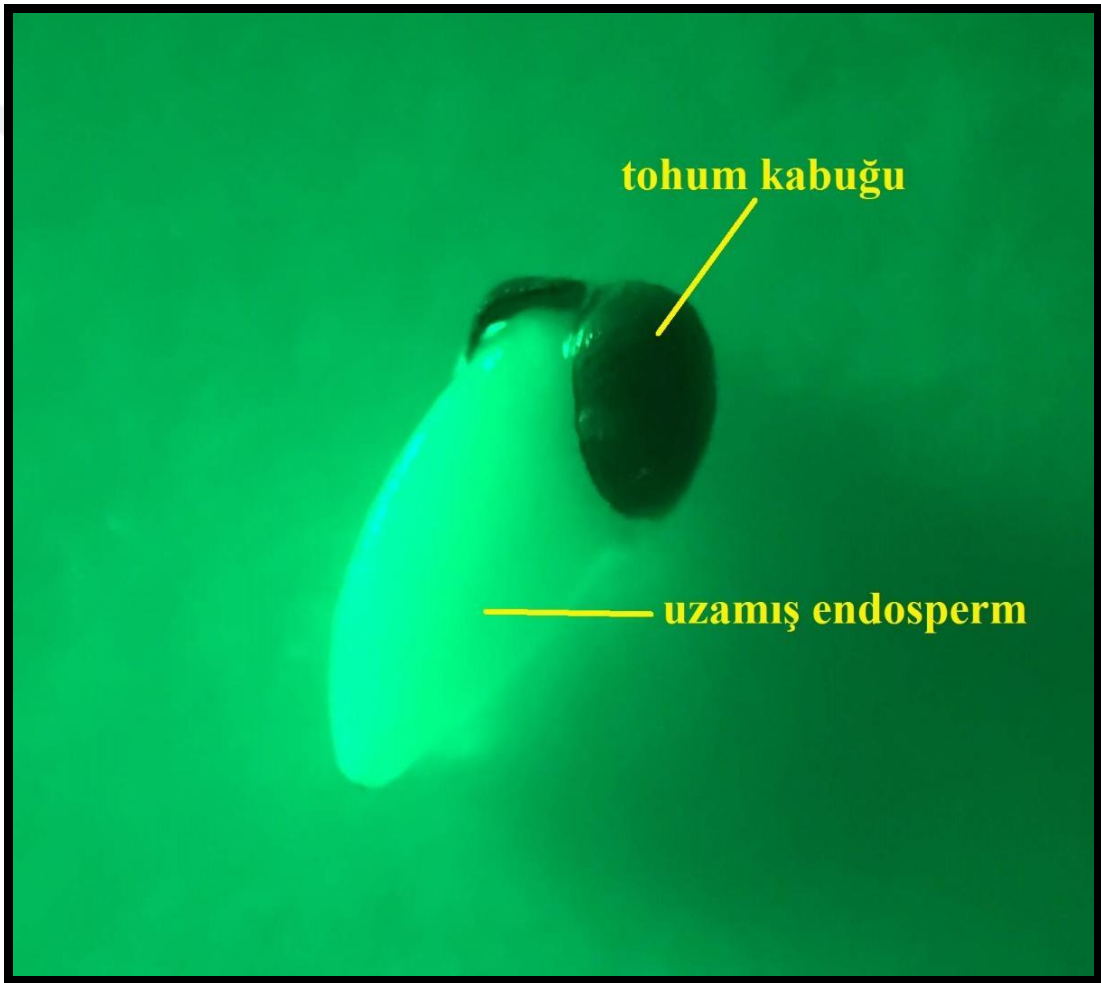


Şekil 4.19. Tohum kabuğu çatlaması

Tohumu kaplayan ölü tabakaların (dış testa=kabuk veya perikarp) önceden belirlenmiş yarıлма hatları, embriyo çimlenmesinden önce, doku çatlamlarını kolaylaştırır. Tohum kabuğunun çatlamasını kolaylaştıran enzimler ise endosperm veya radikul tarafından salınır (Finch-Savage ve Leubner-Metzger, 2006). Burada tohum kabuğunun özellikle hilum (mikropil) tarafından başlayarak çatlamasının nedeni, endospermin şişmesinden kaynaklanan mekanik basıncın yanında, tohumun su alınmasındaki ana giriş yerinin mikropil olması (Weitbrecht, 2011) ve radikulun salgıladığı giberellin nedeniyle, mikropilar endospermde oluşan zayıflamaya bağlı radikul uzaması olabilir (Ogawa vd, 2003; Finch-Savage ve Leubner-Metzger, 2006). Örneğin, tütün tohumlarında testa yırtılması, mikropillerin tohum ucuna yakın yerinden başlar ve önceden belirlenmiş kırılma noktaları üzerindeki sırtlar boyunca ilerler. Testalardaki yırtılmanın ilerlemesi altta yatan kanal benzeri yapılar ile

kolaylaştırılmıştır (Weitbrecht, 2011). Bu durum, testa yırtılma hatlarının integüment kökenli olarak önceden belirlendiğini göstermektedir.

Eksojen giberellin uygulanan tohumların endospermi, muhtemelen giberellinin hücre uzatması etkisine bağlı olarak, giberellin verilmeyenlere göre daha uzun-ovat bir yapıda genişleyerek tohum kabuğunu çatlatmıştır (Şekil 4.20). Çünkü giberellinler, hücre uzaması ve gövde internodyum uzaması üzerinde, sürgünlerdeki hücre bölünmesini ribonükleik asit ve protein sentezini indükleyerek doğrudan etkili olurlar (Small vd, 2019).



Şekil 4.20. Eksojen giberellin uygulanan tohumlarda endosperm uzaması

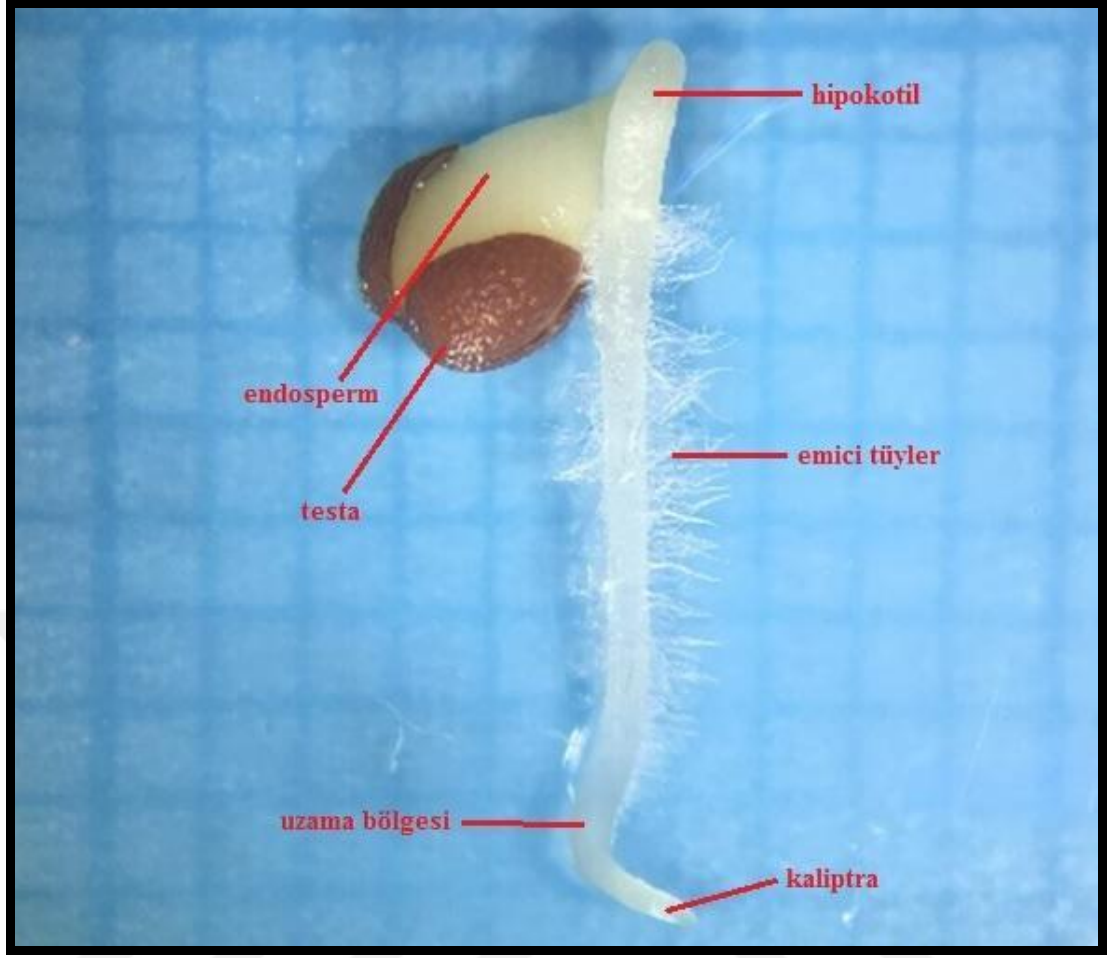
Buna göre *M. annua* tohumlarında önce 3 hat boyunca testa, sonra da endosperm çatlaması gerçekleştikten sonra, radikulun tohumun mikropil tarafından çıkışı gerçekleşir. Çünkü tohum çimlenmesi sırasında radikul çıkışı için, mikropilar endospermin (radikulun ucunu kaplayan endosperm) mekanik direncinde düşüş, bir

ön şart olarak görünmektedir (Ogawa vd, 2003; Finch-Savage ve Leubner-Metzger, 2006). Genel olarak tohum çatlamasından yaklaşık bir gün sonra mikropil (hilum) tarafından ilk radikul çıkışı gözlenir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. İlk radikul çıkışı

Bu durum çimlenmenin tamamlandığını göstermekle birlikte, yaklaşık bir gün sonra ortaya çıkan primer kök gelişmesi ve bunu izleyen kök tüylerinin oluşmasını belirlemek amacıyla, çimlenmesini tamamlayan tohumlar, ayrı bir petride izlenmeye devam edilerek fotoğraflanmışlardır (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Primer kök ve kısımları

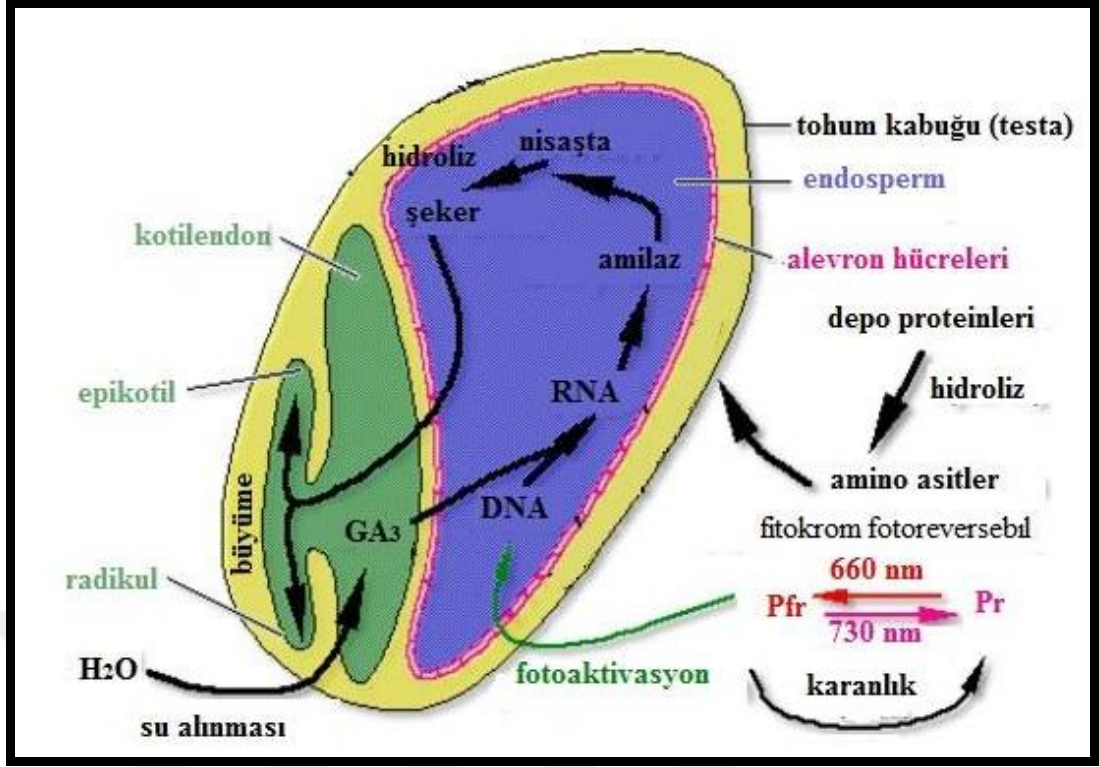
Bunun yanında özellikle karanlıkta giberellin uygulanan tohumların bazılarında radikul çıkışından hemen sonra primer köklerin, ileri derecede uzadığı ve pozitif geotropik yönelmeden farklı olarak, düz doğrusal veya farklı yönlerle doğru geliştikleri gözlenmiştir (Şekil 4.23). Burada muhtemelen kaliptranın yapısında meydana gelen değişimler gravitropizma davranışında farklılaşmalara neden olmuştur. Çünkü kök kaliptrasının yerçekimi cevabındaki rolü (gravikürvatür) hem yerçekimini algılamak hem de yerçekimi sinyalini iletmektir. Böylece sinyal kaliptradan kökün büyüme bölgesine iletilir (Barlow, 2003). Fakat bazı bitkilerde fototropizmde olduğu gibi gelişme sırasında veya çevre şartlarına bağlı olarak, gravitropizm davranışında da değişiklikler olmaktadır. Şöyleki; bitkilerde gravitropik yönelmeler genellikle bir organın karşıt yarılarının farklı büyüme oranlarına dayanır. Böylece kök büyüme bölgelerinde, fototropiklere benzer şekilde bir tepki ortaya çıkar (Bresinsky vd, 2013). Bunun yanında giberellinler, hücre uzaması ve gövde internodyum uzaması üzerinde, sürgünlerdeki hücre bölünmesini ribonükleik asit ve

protein sentezini indükleyerek (Small vd, 2019) endojenik veya eksojenik uygulamalarda organın ileri derecede uzamasına neden olurlar. Nitekim marul tohumlarının çimlendirilmesinden elde edilen sonuçlar, gibberellinlerin hem hipokotili hem de kök uzamasını stimüle edebildiğini göstermiştir (Paleg vd, 1964).



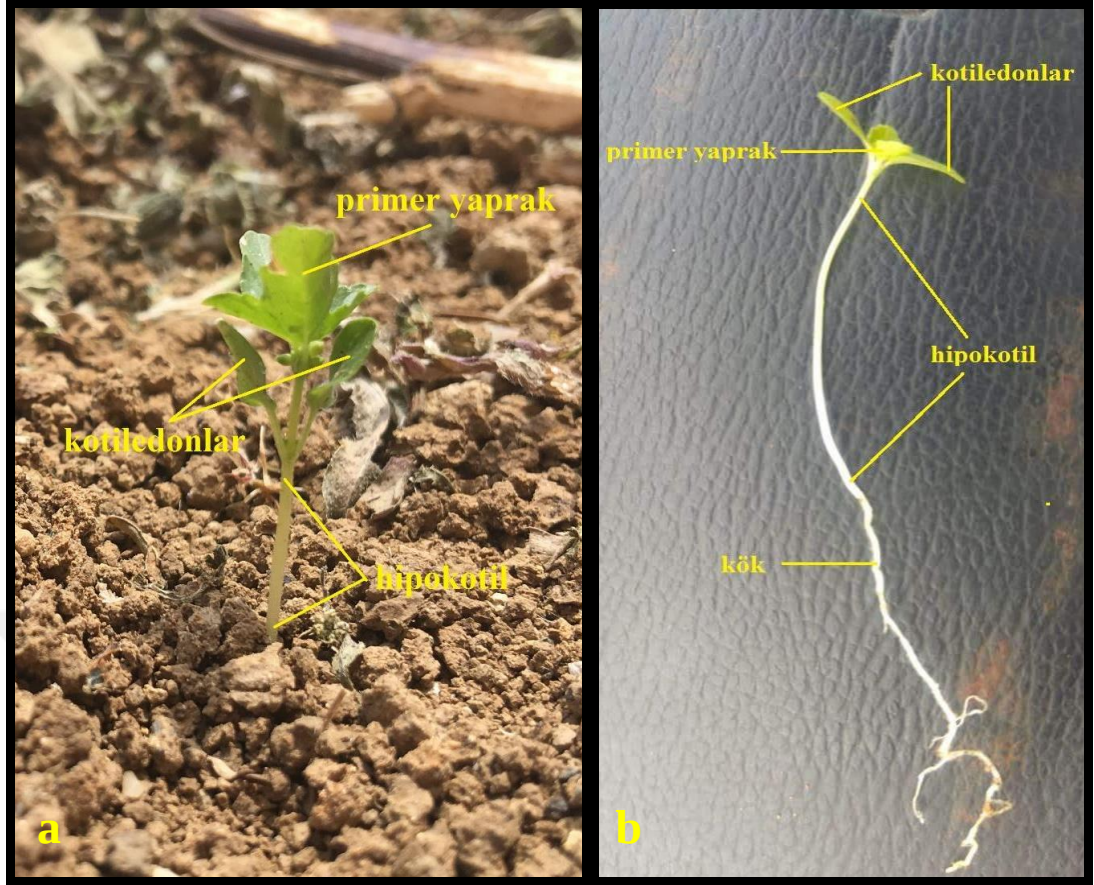
Şekil 4.23. Gibberellin uygulanan tohumdaki radikulda oluşan negatif gravitropizma ve endosperm uzaması

Çimlenmenin farklı aşamalarında, embriyonun gelişmesine bağlı olarak tohumdaki endospermin gelişen embriyoya ve çimlenmekte olan fidenin kotiledonlarına aktarılması sonucu, endospermin tamamen tükendiği gözlenmiştir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Çimlenme süreçleri ve embriyoya endosperm içeriğinin transferi (URL 1)

Mercurialis annua kotiledonları yapraksı (foliar) tipte olup, tohumlar epigeal çimlenme tipine sahiptirler. Çünkü tohumlarının kotiledonları çimlenme sırasında hipokotilin ileri derecede uzaması (10 cm.'ye kadar) sonucu toprak yüzeyine çıkar ve ilk fotosentetik yapraklar çıkıncaya kadar, kısa bir süre yaprak gibi fotosentez yaparlar (Şekil 4.25). Bu durumda *M. annua* için PEF (phanerocotylar epigeal with foliaceous cotyledons) çimlenme tipine sahiptir diyebiliriz (Pujol vd, 2005). Çünkü negatif fotoblastik olan *M. annua* da kırmızı ötesi ışık (P_{fr}) bakımından zengin örtü altında yetişen bir fide, esas olarak de-etiolleşmeyi phyA sistemi (merkezde) aracılığıyla başlatılır. PhyA ışıktaki parçalandığı için, yanıt phyB tarafından verilir. PhyB'nin aktifleşmesi ile gölge savuşturma cevaplarının birisi olan gövdenin (hipokotilin) uzaması sağlanır ve gövdede büyüme üzerindeki engellenme ortadan kalkar (Taiz ve Zeiger, 2008).



Şekil 4.25. *M. annua* da epigeal çimlenme (a) doğal ortamında (b) sökülmiş örnek

4.4. İstatistiksel Analizler

Her deney grubundaki “çimlenen tohum sayısı üzerinde, farklı ortamlardaki çevresel parametrelerin etkileri” Poisson Regresyon Analizi ile, her bir ortamdaki (korunaklı doğal ortam, iklim odası, inkübatör) test gruplarının “çimlenme performans verileri” Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA) ile test edilmiş ve bulgular tablo ve grafikler halinde sunulmuştur.

4.4.1. Çimlenen tohum sayısı üzerinde, farklı ortamlardaki çevresel faktör ve uygulamaların etkileri (Poisson Regresyon Analizi)

Mercurialis annua tohumlarının 31 günlük inkübasyon sonunda elde edilen çimlenen tohum sayılarının, farklı ortamlardaki çevresel faktörlere (ortam, gün, sıcaklık ve ışık miktarı) ve uygulamalara (giberellin, soğuklama ve karanlık) göre değişimi bulgularına Poisson Regresyon Analizi uygulanmıştır. Bunun için önce farklı ortamlardaki tüm test gruplarının (8 test grubu) çimlenen tohum sayılarının birlikte

istatistiksel analizi yapıldıktan sonra, giberellin uygulanan (G+) (4 test grubu) ve giberellin uygulanmayan (G-) (4 test grubu) test grupları ayrı ayrı istatistiksel analizi yapılmış ve bulgular aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2).

Çizelge 4.1. Çimlenen tohum sayısı üzerinde farklı ortamlardaki çevresel faktör ve uygulamaların Poisson Regresyon Analizi (*p<0.05)

Tests of Model Effects									
Tüm Test Grupları				Giberellin+ Gruplar			Giberellin- Gruplar		
Source	Type III			Type III			Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.	Wald Chi-Square	df	Sig.	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	1,647	1	,199	,231	1	,631	,496	1	,481
Ortam	8,543	2	,014*	21,323	2	,000*	21,417	2	,000*
Gün	276,274	29	,000*	283,915	28	,000*	73,821	10	,000*
Giberellin	356,390	1	,000*						
Soğuklama	4,136	1	,042*	18,944	1	,000*	30,943	1	,000*
Karanlık	6,367	1	,012*	1,469	1	,226	18,896	1	,000*
Sıcaklık	3,180	1	,075	5,147	1	,023*	4,899	1	,027*
Işık miktarı	1,085	1	,298	3,939	1	,047*	1,671	1	,196

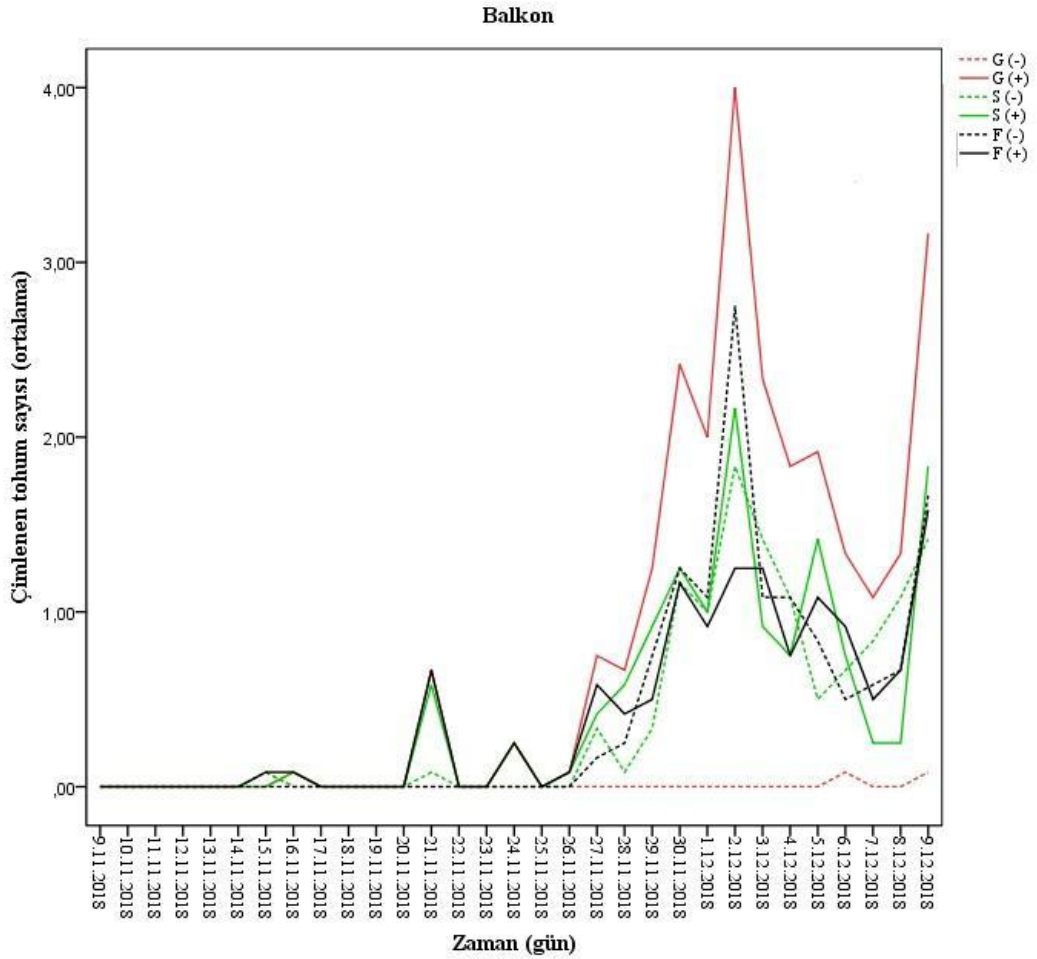
Çizelge 4.2. Çimlenen tohum sayılarının çevresel parametrelere göre tanımlayıcı istatistikleri

Çimlenme													
		Tüm gruplar				Giberellin (+)				Giberellin (-)			
		Min.	Max.	Mean	Std.	Min.	Max.	Mean	Std.	Min.	Max.	Mean	Std.
Ortam(=sıcaklık, ışık miktarı)	İklim odası	,000	16,000	,321	1,161	,000	9,000	,505	1,180	,000	16,000	,137	1,114
	Korunaklı doğal ortam	,000	10,000	,410	1,154	,000	10,000	,812	1,529	,000	1,000	,008	,090
	İnkübatör	,000	8,000	,360	,962	,000	8,000	,675	1,222	,000	6,000	,046	,403
Fotoperyod	12 saat	,000	16,000	,341	1,066	,000	9,000	,590	1,203	,000	16,000	,091	,838
	9 saat	,000	10,000	,410	1,154	,000	10,000	,812	1,529	,000	1,000	,008	,090
Giberellin	Yok	,000	16,000	,064	,687								
	Var	,000	10,000	,664	1,324								
Soğuklama	Yok	,000	16,000	,338	1,068	,000	8,000	,557	1,121	,000	16,000	,118	,965
	Var	,000	10,000	,390	1,124	,000	10,000	,771	1,494	,000	1,000	,009	,094
Karanlık	Yok	,000	10,000	,332	,976	,000	10,000	,634	1,292	,000	4,000	,029	,230
	Var	,000	16,000	,396	1,205	,000	9,000	,694	1,356	,000	16,000	,099	,943

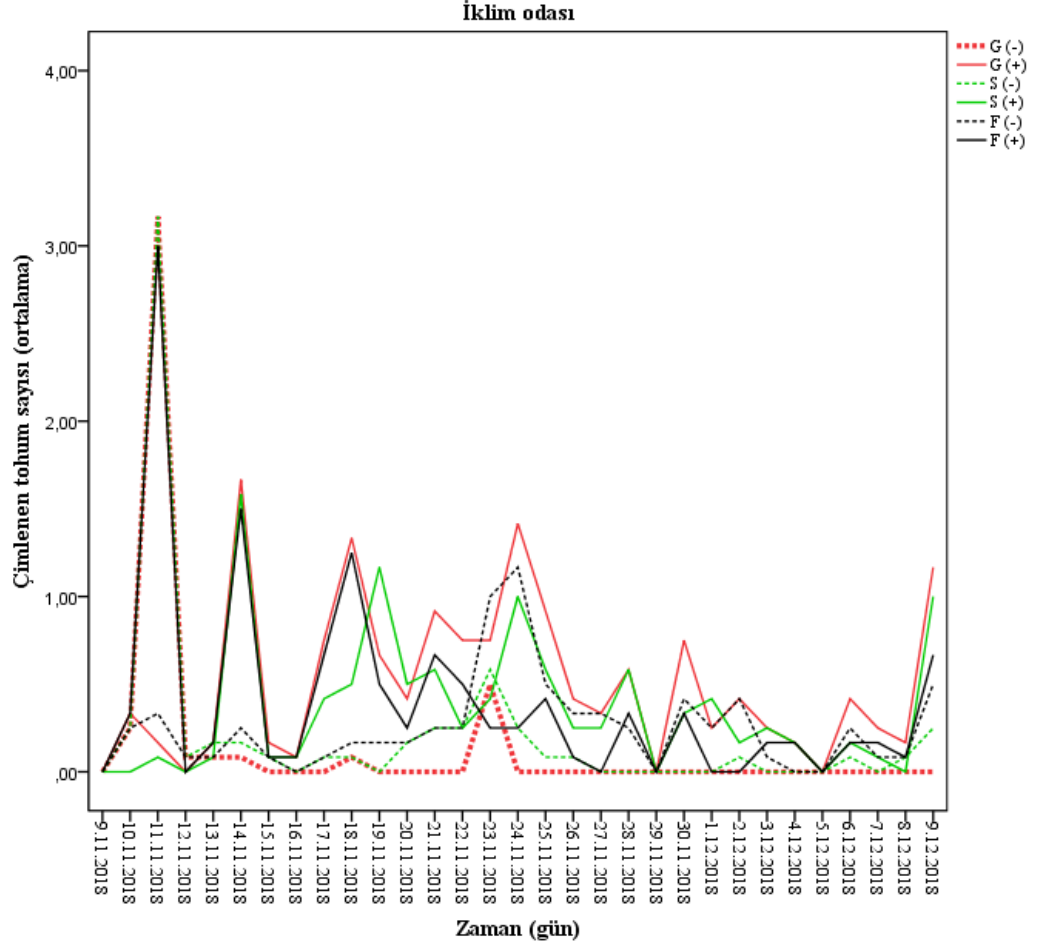
4.4.2. Tüm test grupları birlikte (8 test grubu) Poisson Regresyon Analizi

M annua'nın farklı ortamlardaki faktörler ve uygulamalara bağlı çimlenen tohum sayıları, tüm test grupları birlikte (8 test grubu) ve giberellin uygulanan (G+) ve giberellin uygulanmayan (G-) test gruplarının ayrı istatistiksel analiz sonuçları nispeten farklıdır (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2).

Buna göre her üç ortamdaki tüm test gruplarının birlikte analiz edilen çimlenen tohum sayısı, ortam farklılaşması ve günlere göre anlamlı farklılıklar gösterirken; giberellin, soğuklama ve karanlık uygulamalarının çimlenen tohum sayısı bakımından pozitif yönde anlamlı etkilerinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2; Şekil 4.26; Şekil 4.27 ve Şekil 4.28).

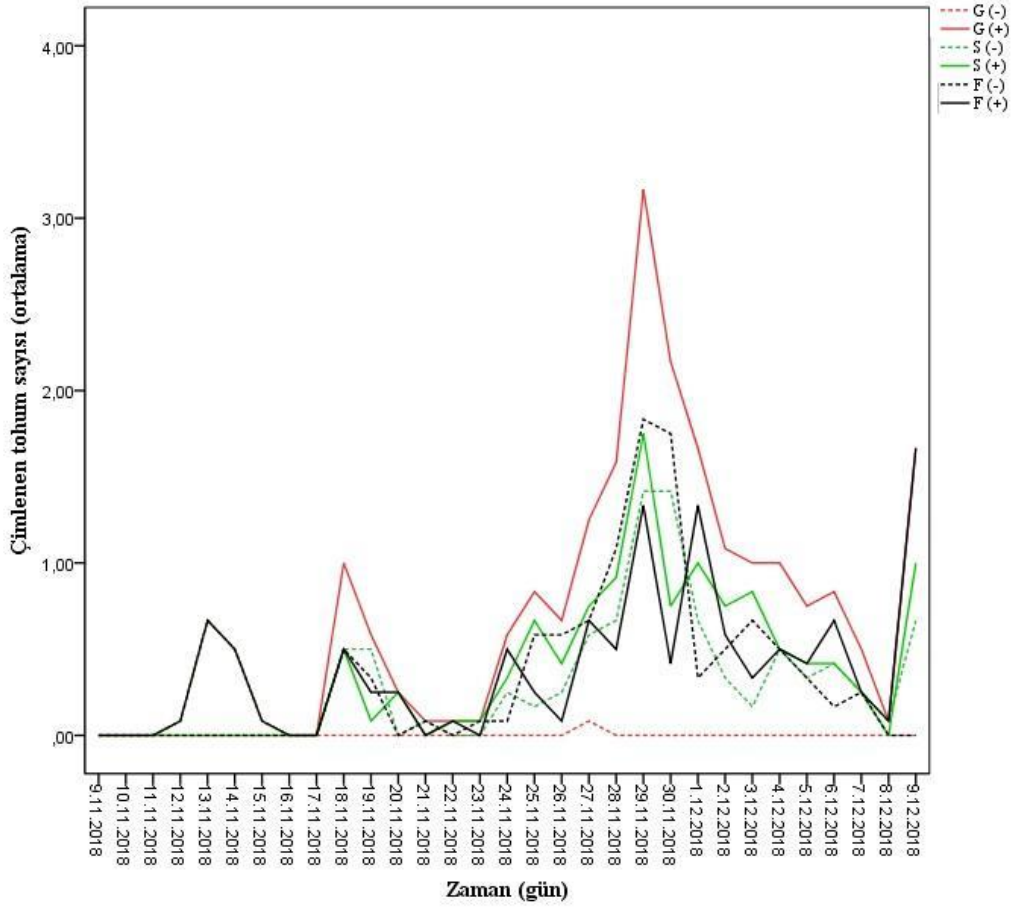


Şekil 4.26. Korunaklı doğal ortamda farklı uygulamalara bağlı çimlenen tohum sayısının günlere göre değişimi



Şekil 4.27. İklim odasında farklı uygulamalara bağlı çimlenen tohum sayısının günlere göre değişimi

İnkübatör



Şekil 4.28. İnkübatör ortamında farklı uygulamalara bağlı çimlenen tohum sayısının günlere göre değişimi

Her üç ortamdaki tüm test gruplarının çimlenen tohum sayısı üzerinde, sadece sıcaklık ve ışık faktörlerinin değerlerindeki değişmelerin etkisi anlamsızdır (Çizelge 4.1). Nitekim çimlenme ortalama performansı bakımından, korunaklı doğal ortam (0.410) inkübatör, (0.360) ve iklim odası (0.321) ortamları, birbirine yakın değerler göstermektedir (Çizelge 4.2.).

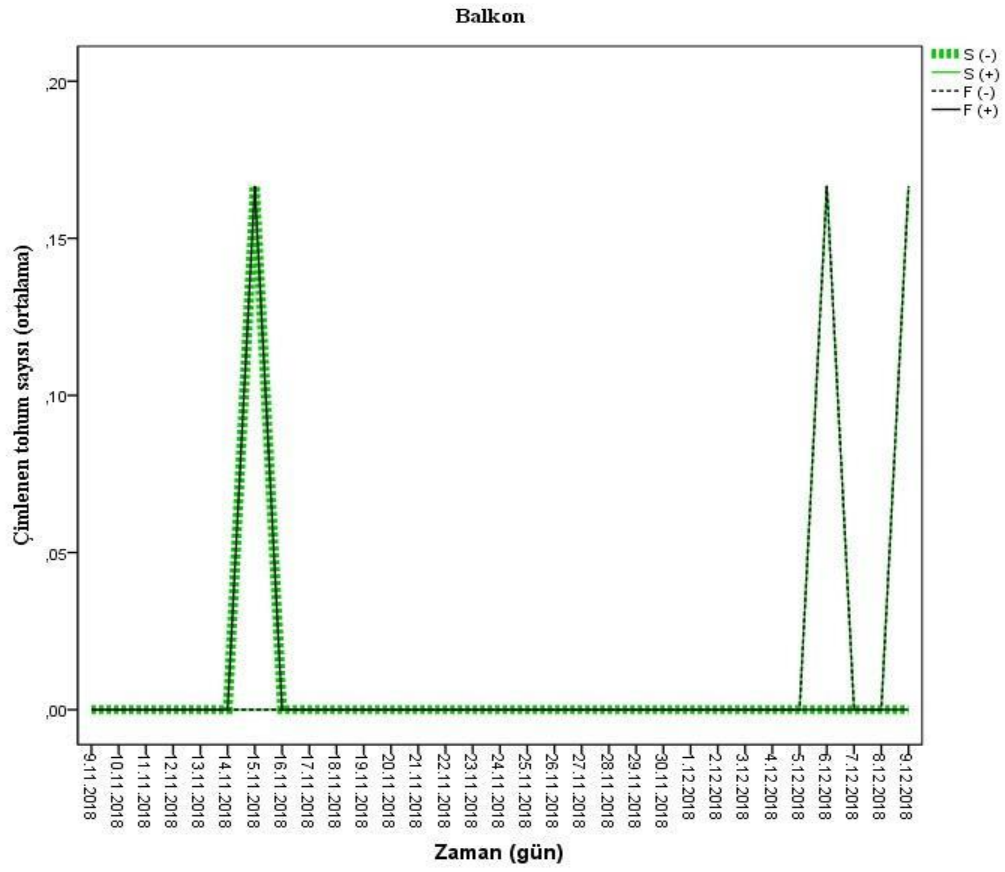
Burada sıcaklık ve ışık faktörlerinin toplam çimlenen tohum sayısını etkilemek bakımından anlamsız çıkmasının nedeni, G- (4 test grubu) ve G+ (4 test grubu) gruplarının tümünün birlikte analiz edilmesinden kaynaklanmaktadır. Nitekim G-gruplarına ayrı olarak Poission Regresyon analizi uygulandığında, sıcaklık faktörünün etkisi pozitif yönde anlamlı çıkarken, G+ gruplarında sıcaklık faktörü negatif yönde anlamlı çıkmaktadır. Bunun yanında yine giberellin uygulanan (G+) test gruplarında ışık etkisi, G- gruplarının tersine anlamlı sonuç vermiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre, G- ve G+ gruplarına birlikte Poission Regresyon analizi

uygulandığında, çimlenen tohum sayısı farklılıklarını telafi ettiklerini söylemek mümkündür.

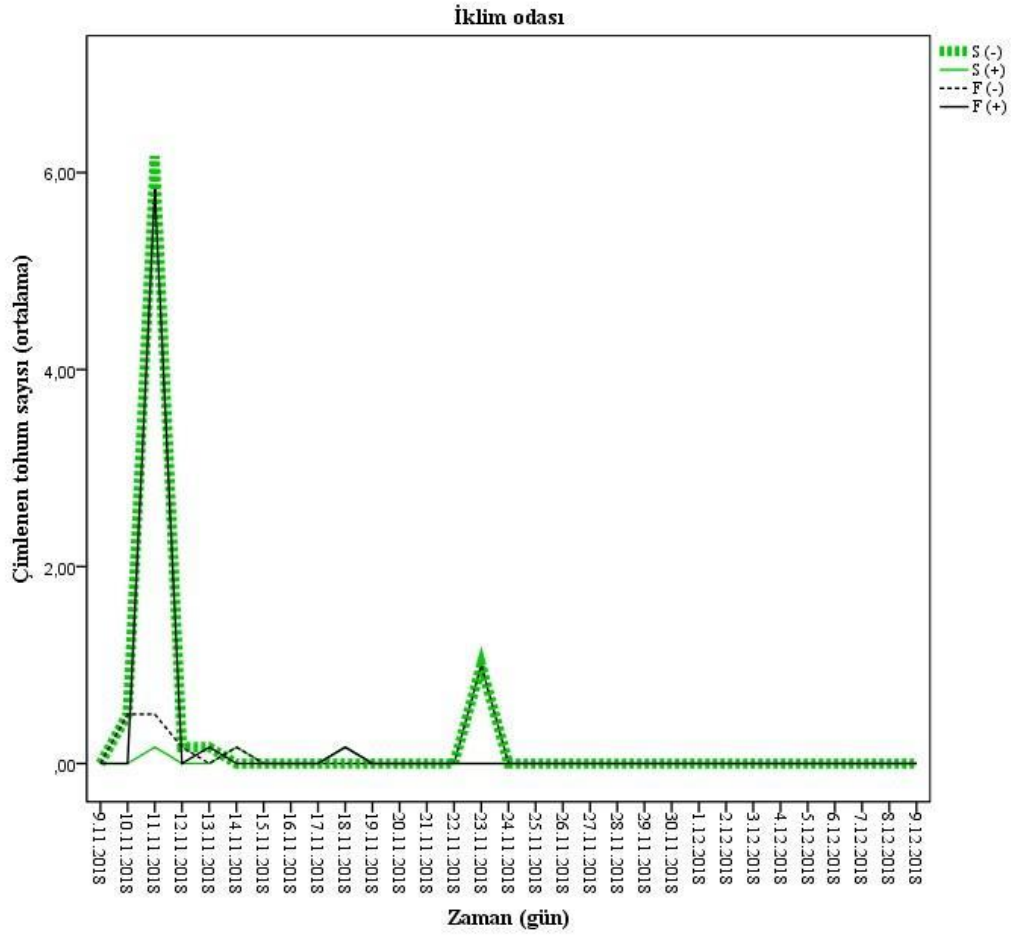
4.4.3. Giberellin uygulanmayan (G-) test gruplarının poisson regresyon analizi

Her üç ortamdaki eksojen giberellin uygulanmadan (G-) inkübasyona alınan test gruplarının (G-S-F+; G-S-F-; G-S+F+; G-S+F-) çimlenen tohum sayıları üzerinde ortam farklılaşması ve günlere bağlı çimlenen tohum sayısındaki değişim anlamlı farklılaşma göstermiştir. Bunun yanında soğuklama uygulaması (S+), çimlenen tohum sayısı üzerinde negatif yönde, karanlık uygulaması (F+) ve sıcaklık artışı pozitif yönde anlamlı etki göstermiştir (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2).

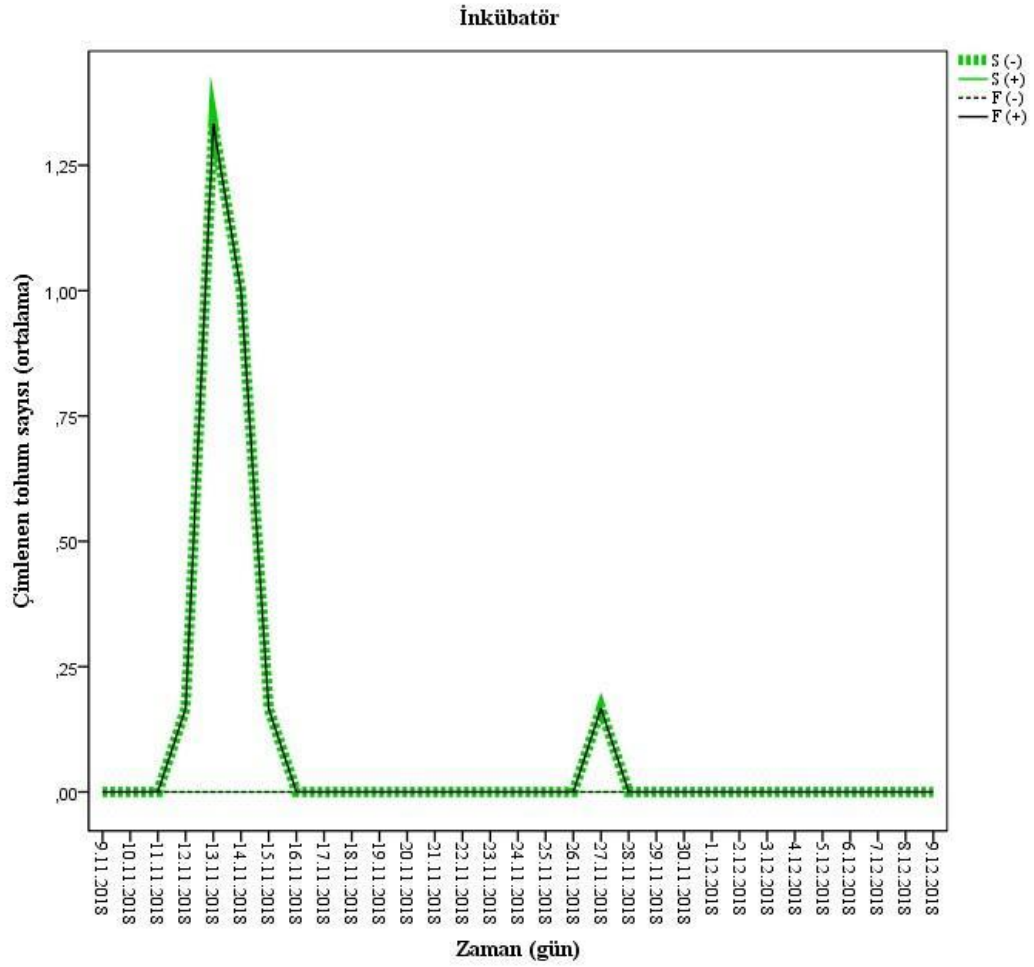
Bunun yanında giberellin uygulanmayan (G-) test gruplarında, ortamlara bağlı ışık miktarı değişiminin, çimlenme üzerindeki etkisi anlamsızdır (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2; Şekil 4.29; Şekil 4.30 ve Şekil 4.31).



Şekil 4.29. Korunaklı doğal ortamda farklı uygulamalara bağlı çimlenen tohum sayısının günlere göre değişimi



Şekil 4.30. İklim odası ortamında farklı uygulamalara bağlı çimlenen tohum sayısının günlere göre değişimi



Şekil 4.31. İnkübatör ortamında farklı uygulamalara bağlı çimlenen tohum sayısının günlere göre değişimi

4.4.4. Giberellin uygulanan (G+) test gruplarının Poisson Regresyon Analizi

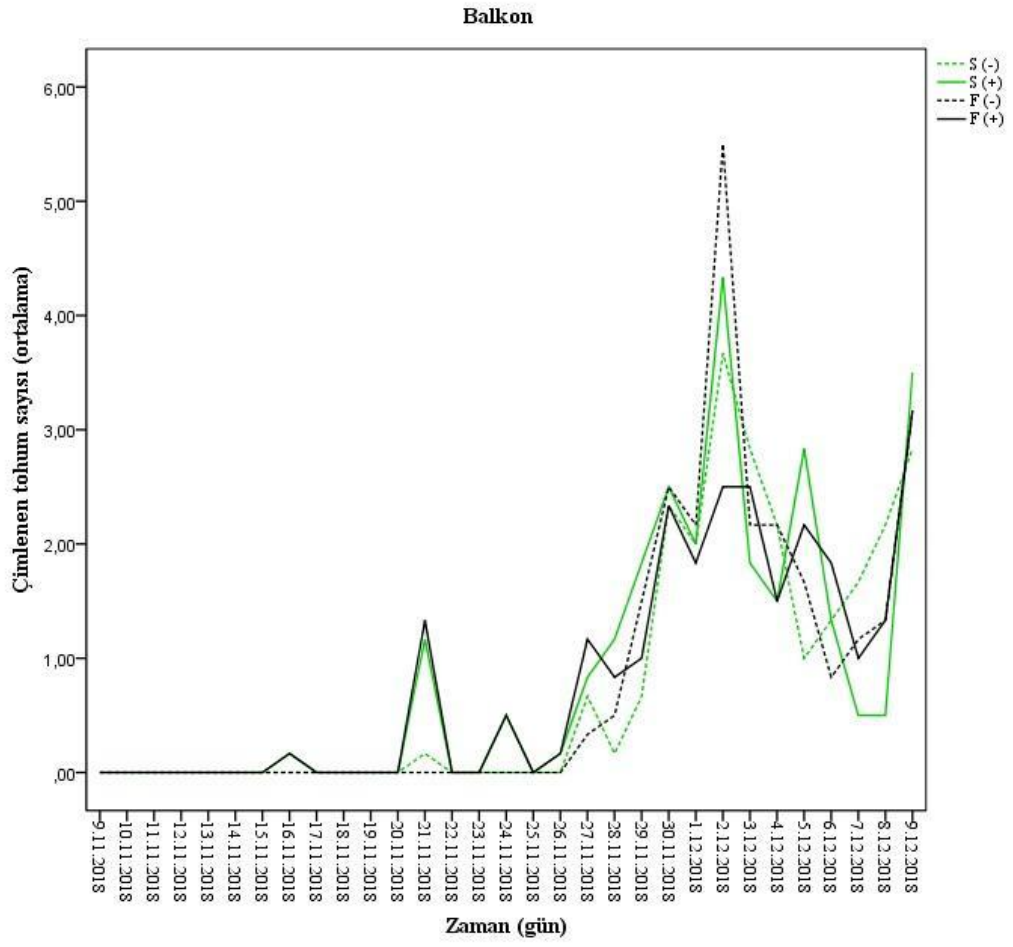
Her üç ortamdaki giberellin uygulanan test gruplarının ortamlara (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2.) ve günlere bağlı çimlenen tohum sayısı anlamlı olarak değişmektedir (Şekil 4.32; Şekil 4.33 ve Şekil 4.34).

G+ test gruplarının çimlenen tohum sayısı üzerindeki soğuklama uygulaması (S+), G- gruplarının tersine pozitif yönde anlamlı etki yapmıştır.

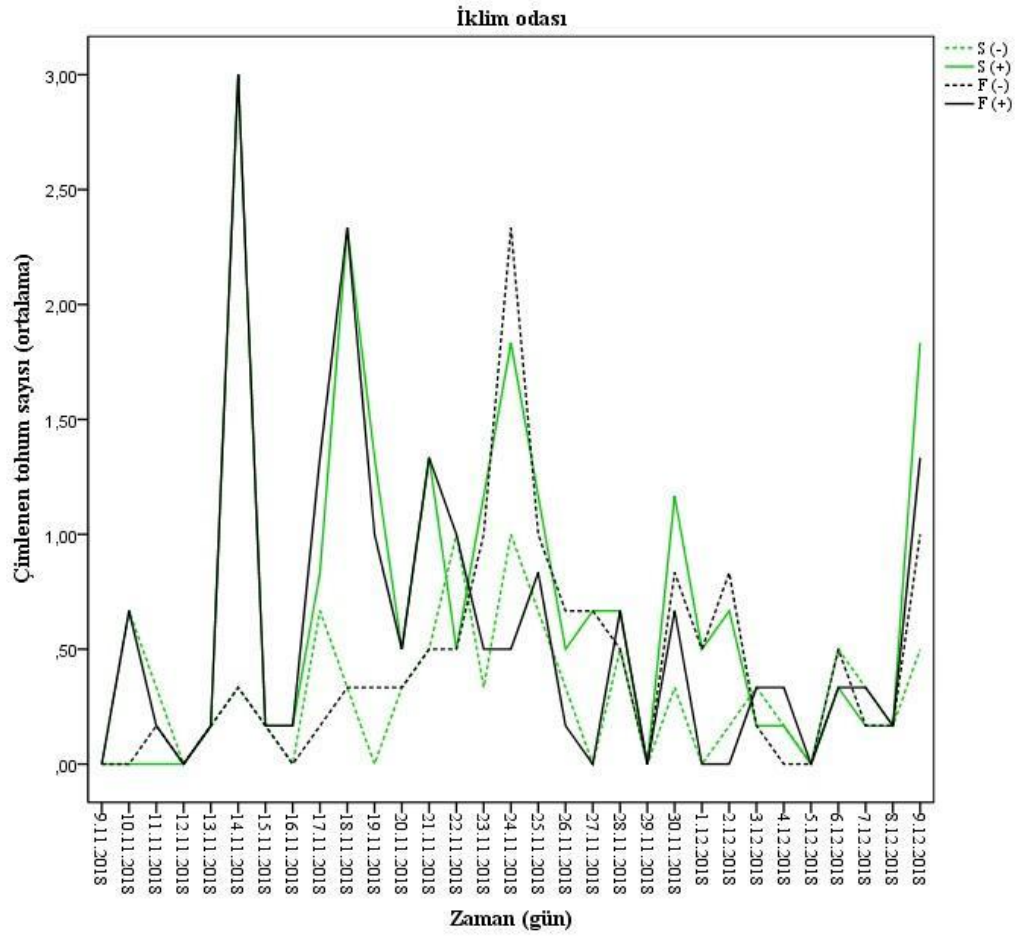
G+ test gruplarının çimlenen tohum sayısı üzerindeki karanlık (F+) uygulamasının etkisi, G- lerin tersine anlamsızdır.

G+ test grupların çimlenen tohum sayısı üzerindeki sıcaklık artışı, G- lerin tersine negatif yönde anlamlı etki göstermektedir.

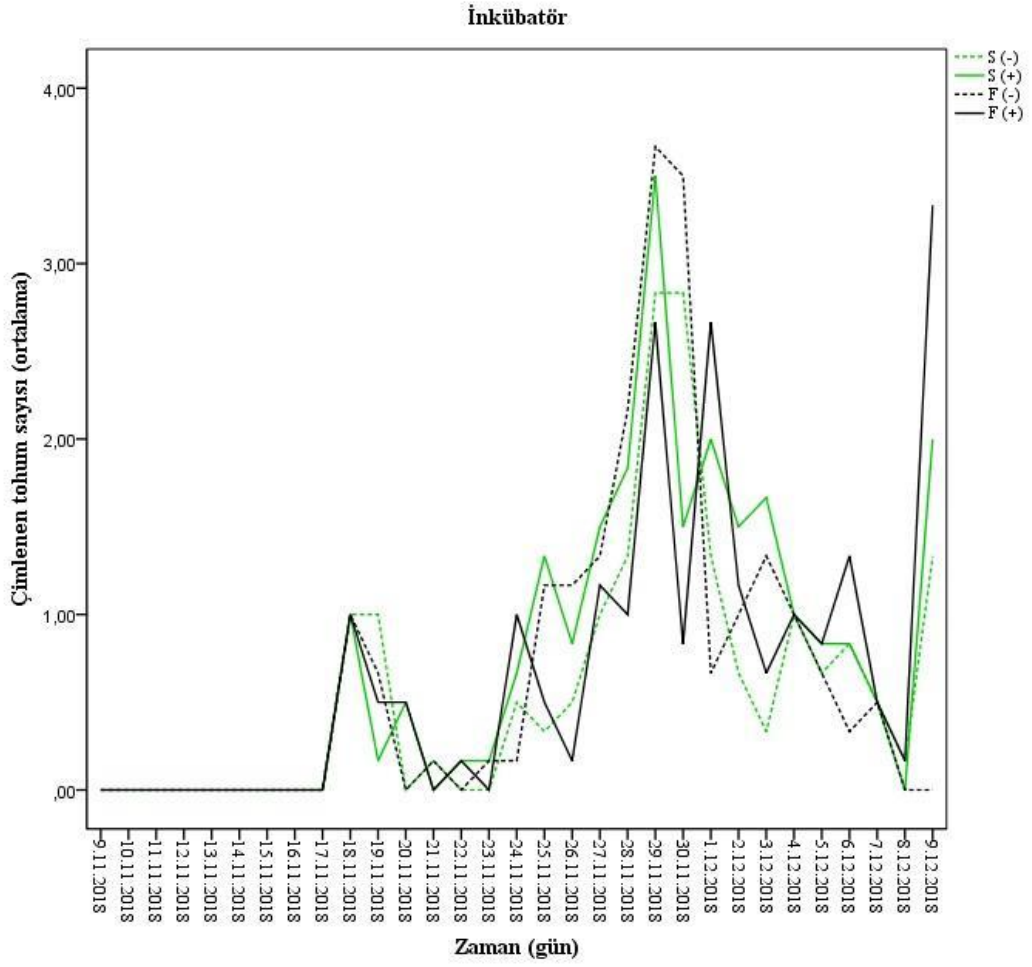
G+ test gruplarının çimlenen tohum sayısı üzerindeki ışık miktarındaki değişim, G- lerin tersine anlamlı etki göstermektedir.



Şekil 4.32. Korunaklı doğal ortamda farklı uygulamalara bağlı çimlenen tohum sayısının günlere göre değişimi



Şekil 4.33. İklim odasında farklı uygulamalara bağlı çimlenen tohum sayısının günlere göre değişimi



Şekil 4.34. İnkübatörde farklı uygulamalara bağlı çimlenen tohum sayısının günlere göre değişimi

Gerek her üç ortamdaki tüm test gruplarının (8 grup) gerekse giberellin verilen (G+) ve verilmeyen (G-) test gruplarının, farklı uygulamalar (soğuklama, karanlık ve giberellin) ve çevresel faktörlere bağlı, çimlenen tohum sayısındaki değişimlerin, Poisson Regresyon analizi bulgularını şöyle açıklamak mümkündür:

Deney sonuçlarımıza göre çimlenme ortamına **giberellin** uygulanması (G+), çimlenen tohum sayısını, giberellin uygulanmayanlara (G-) göre 5 katından fazla artırmıştır. Çünkü tohum çimlenmesi birçok fitohormon tarafından düzenlenen ayrıntılı bir gelişim süreci olup (Rajjou vd, 2012), bu fitohormonlardan gibberellinler (GA), bitkilerde 100'den fazla farklı grubu tanımlanmış ve yüksek bitkilerde ancak bir kaç çeşit biyoaktif formu olan tetrasiklik diterpenoidlerlerdir (MacMillan, 2002; Yamaguchi, 2008). Giberellinler (GA) bitkilerde tohum çimlenmesi, yaprak genişlemesi, kök uzaması, çiçeklenme ve tohum gelişimi gibi bitki gelişiminin birçok

yönünü kontrol eden önemli bitkisel hormonlardır (Davies, 1995). Özellikle tohum çimlenmesi süreçlerinde gibberellin (GA) embriyoyu saran dokuları (endosperm, testa, vs.) zayıflatarak, radikul çıkışının indüklenmesinde rol oynadığı gibi, hücre duvarı gevşemesini sağlayan endo- β mannanaz, ksiloglukan endotransglikosilaz/hidrolaz, ekspansin, β -1,3-glukanaz ve kitinaz gibi enzimlerin salgılanmasını kodlayan genleri de indükleyerek (Ogawa vd, 2003), dormansinin kırılması ve çimlenme üzerinde pozitif rol oynar. Çünkü gibberellin endospermin nispeten kalın hücre duvarlarının enzimatik hidrolizini indüklediği bildirilmiştir (Groot, 1988). Bunun yanında GA embriyonun büyüme potansiyelini uyarır ve embriyoyu çevreleyen yapıları zayıflatır. GA'ya bağlı olarak endospermde üretilen endo- β -mannanaz endosperm hücre duvarlarının bozulmasını sağlayarak çimlenmeye yardımcı olabilmektedir (Karakurt, 2010). Gibberellinler ayrıca, hücre uzaması ve gövde internodyum uzaması üzerinde, sürgünlerdeki hücre bölünmesini ribonükleik asit ve protein sentezini indükleyerek doğrudan etkili olurlar (Small vd, 2019). Nitekim, çimlenme üzerindeki pozitif etkisi nedeniyle Feyhan vd (2019), farklı yulaf kültür formlarının (*Avena sativa* L.) tohumlarına GA₃ uygulanmasının, çimlenme oranı ve fide büyümesinin artmasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Bunun yanında, tuzlu-alkali stres şartlarında, daha yüksek endojen GA'ye sahip pirinç (*Oryza sativa* L.) çeşitlerinde, GA biyosentetik gen ekspresyonlarının da yüksek olması nedeniyle, tohum çimlenmesinin yüksek olduğu ve biyosentetik GA inhibitörlerinin eksojen uygulanmasının çimlenmeyi bastırdığı belirlenmiştir (Li vd, 2019).

Tüm test grupları birlikte değerlendirildiğinde **soğuklama** uygulamasının (S+) tohumların çimlenme sayısı üzerindeki kısmi pozitif etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır (Çizelge 4.1). Çünkü; soğuklamaya bırakılan tohumların ort. çimlenme sayısı 0.390 iken, soğuklama uygulanmamış olanları 0.338 dir (Çizelge 4.2.).

Giberellinsiz ortamda çimlenmeye alınan test grupların çimlenme performansı üzerindeki soğuklama uygulaması negatif yönde anlamlı etki yapmıştır (Çizelge 4.1). Çünkü; soğuklamaya bırakılan tohumların ort. çimlenme performansı 0.009 iken, soğuklama uygulanmamış olanları 0.118 dir (Çizelge 4.2.).

G+ test gruplarının çimlenme performansı üzerindeki soğuklama uygulaması, G- gruplarının tersine pozitif yönde anlamlı etki yapmıştır (Çizelge 4.1 Tablodan da görüleceği gibi; soğuklamaya bırakılan tohumların ort. çimlenme performansı 0.771 iken, soğuklama uygulanmamış olanları 0.557 dir (Çizelge 4.2.).

Bulgulara göre soğuklama uygulaması giberellin verilen ve verilmeyen tohumların çimlenmesi üzerinde farklı boyutta etki oluşturmaktadır. Örneğin; giberellin uygulanmayan (G-) test gruplarında soğuklamaya alınan tohumlardan hemen hiçbirisi çimlenmezken, soğuklama uygulanmayan tohumların çimlenme ortalaması 0.118 dir. Deneyde kullanılan *M. annua* tohumlarının en azından bir kısmı, hiçbir özel işlem gerektirmeden çimlendikleri için nondormant olmaları gerekir. Çünkü, dormant olmayan bir takson veya genotipin tohumları bile, çevre faktörlerinin belirli bir kombinasyonu (sıcaklık, ışık / karanlık, vb.) mevcut olmadıkça çimlenememekle birlikte (Baskin ve Baskin, 2004), uygun çevresel faktörler kombinasyonu oluştuğunda, herhangi bir dış müdahale gerekmeksizin (saf suda bile) çimlenme kapasitesine sahiptir (Boyras vd, 2019). Fakat nondormant oldukları halde soğuklama uygulanan (S+) test gruplarındaki tohumlar, muhtemelen soğuk stresine bağlı olarak, sekonder dormansiye girmiş olmaları nedeniyle çimlenememiştir. Çünkü tohumlar az çok dormansiyi kaybetse bile, değişen ortam sıcaklıklarına bağlı olarak yeniden çimlenme penceresini kapatır ve uygunsuz dönemde çimlenmeyi önlemek için ikincil bir dormansi indüklenebilir. Yani doğal çevre şartlarına cevap olarak oluşturulmuş birincil dormansi kırılrsa bile, eğer dormansiyi tamamen sona erdirmek ve çimlenmeyi indüklemek için yeterli şartlar yoksa (örneğin, ışık ve/veya nitrat), tohumda ikincil dormansi kısa bir süre sonra başlatılır. (Finch-Savage ve Leubner-Metzger, 2006). Ayrıca giberellin uygulaması da olmadığı için, G- test grupları içinde soğuklama uygulanan tohumlarda (S+) hemen hiç çimlenme gerçekleşmemiştir. Nitekim sekonder dormansi de kırılabilir, fakat çimlenme için şartlar uygun düzeye gelmedikçe, (örneğin deneysel giberellin takviyesi) tekrar tekrar dormansi ortaya çıkar (Finch-Savage ve Leubner-Metzger, 2006).

Yapılan çimlendirme çalışmalarında soğuklama uygulaması ve büyüme düzenleyicileri (hormonlar) uygulanarak, özellikle dormansinin kırılması ve buna bağlı çimlenme performansının artırılması yaygın şekilde kullanılmaktadır (Baskin ve Baskin, 2014). Tohum çimlenmesini sağlayan önemli fitohormonlardan gibberellinin (GA) sentezi için soğuklama uygulamasının gerekli olduğu iyi bilinmektedir. Ayrıca, su alarak şişmiş tohumdaki giberellinin biyosentezi, transkripsiyon olayları bakımından düşünüldüğünde, hem ışık hem de sıcaklık tarafından düzenlenir. Aktif giberellinin biyosentezindeki son adım, gibberellik asit 3-oksidad (GA3ox) enzimi tarafından katalize edilir. Daha da önemlisi, tohumda

ekspresyonla oluşan GA₃ox izoformları, ışık ve düşük sıcaklıklarla (soğuklama) teşvik edilir. Sonuç olarak ışık ve soğuk uygulamalarının tohumdaki biyoaktif gibberellin seviyelerini arttırdığı gösterilmiştir (Penfield vd, 2005). GA₃ ise nişasta ve depo proteinlerin hidrolizini hızlandırarak tohum çimlenmesini uyardığı saptanmıştır (Ünal vd, 2004). Ayrıca Okagami ve Teuri (1996), soğuklamanın özellikle inhibitörleri ortadan kaldırdığından, depo yağların dönüşümünü hızlandırarak, dormansinin kırılmasında rol oynadığını belirtmişlerdir. Bu durumda giberellin (G+) ve soğuklama (S+) uygulanan test gruplarındaki tohumların, depo besinlerinin mobilizasyonunda artışa neden olan soğuklamanın, tohumlardaki çimlenme sayısını artırması beklenen bir durumdur.

Ortam farklılaşması *M. annua* tohumlarının çimlenme sayısı üzerinde, hem tüm test grupları birlikte (8 test grubu) hem de giberellin uygulanan ve uygulanmayan gruplar ayrı ayrı analiz edildiğinde anlamlı etki göstermiştir (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2). Çünkü deney düzeneklerimizdeki her bir ortamın sıcaklık ve fotoperyot değerleri birbirinden farklıdır (Çizelge 3.1) ve optimal değerleri türlere göre değişen bu faktörler de tohum çimlenmesini doğrudan etkileyen önemli çevresel faktörler olarak işlev görür. Örneğin sıcaklık, zar geçirgenliği, hücre içi membrana bağlı enzimler ve reseptörlerin aktivitesi dahil olmak üzere, tohum çimlenmesini kontrol eden bir dizi işlemi etkileyebilir (Abdellaoui vd, 2019). Bunun yanında sıcaklık değişimleri membran geçirgenliği, membran proteinlerinin aktivitesi ve sitosol enzimleri gibi tohum çimlenmesini katalizleyen birçok biyokimyasal olayı da etkilemektedir. Genel olarak sıcaklığın artmasıyla tohum çimlenmesindeki bu kimyasal reaksiyonların hızı da artmaktadır (Yıldız vd, 2007). Bu nedenle tohum çimlenmesinde önemli bir faktör olarak işlev gören sıcaklık, türlerin tohumlarının çimlenmesi ve bir alandaki yerleşimleri üzerinde önemli bir faktördür. Nitekim, yapılan bir araştırmada, *Oreomyrrhis eriopoda* (DC.) Hook. f. (Apiaceae)'nin 29 farklı popülasyonları arasında çimlenme stratejisindeki çarpıcı varyasyonun özellikle sıcaklık değişkenliğinden kaynaklandığı belirlenmiştir (Satyanti vd, 2019).

Karanlık uygulaması (F+), tohumların çimlenme sayısını tüm test grupları birlikte analiz edildiğinde ve G- test gruplarında pozitif yönde anlamlı olarak etkilerken, G+ test gruplarındaki etkisi anlamsızdır (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2.). Günümüzde, çimlenme süreçlerindeki fotoblastik cevabın filogenetik bir özellik olduğu ve ışığın yanı sıra sıcaklık gibi diğer ikincil çevresel faktörlere de bağlı olduğu ifade edilmektedir (Meiado vd, 2016). Çimlenme süreçlerindeki karanlık

veya aydınlık ortamdaki fotoblastik cevabın oluşmasını sağlayan pigmentler, fotoreversibil yeteneği olan fitokromlar ($P_{red} \leftrightarrow P_{far\ red}$) olup, bitkinin diğer birçok organlarının yanında testa dokularındaki hücre membranlarında bulunduğu kabul edilmektedir. Fitokrom pigmentleri tarafından alınan ışık sinyalleri, tohumlarda fizyolojik süreçleri düzenleyen giberellik asit (GA) ve absisik asit (ABA) gibi iç sinyallere dönüştürülür (El-Keblawy vd, 2019). Işığın algılaması sayesinde fitokromlar, hormonal seviyeleri (GA/ABA) ve hücre permeabilitesini düzenledikleri için tohum çimlenmesi üzerinde de etkili olmaktadır. Bu durumda tohumlar, çimlenme sırasında ışığa gösterdikleri cevaplara göre pozitif, nötral veya negatif fotoblastik tiplere ayrılırlar (Vardar, 1983). Buna göre çimlenme için ışık gerektiren tohumlar (pozitif fotoblastik), sadece minimum ışığa maruz kaldıktan sonra bile çimlenirken, ışık engelli tohumlar (negatif fotoblastik) sadece karanlıkta çimlenirler. Üçüncü bir tohum kategorisi ışık bakımından nötr olup (nötral fotoblastik), hem aydınlık hem de karanlıkta çimlenirler (Mérai vd, 2019). Genellikle, karanlıkta uzun süre büyüebilmek için (örneğin; toprak altında) bol yedek besin maddesi depolayan iri tohumlu türler, çimlenmek için ışığa ihtiyaç duymazlar. Ancak, küçük tohumlu otsu ve çayır bitkileri çimlenmek için ışığa ihtiyaç duyarlar (Taiz ve Zeiger, 2008). Bu durumda çalışmamızda, giberellin verilmeyen (G-) ve soğuklama uygulanmayan (S-) test gruplarında, sadece karanlık ortamda (F+) çimlenen tohum sayısı daha yüksek olduğu için *M. annua*, çimlenme sürecindeki ışığa gösterdiği cevap bakımından negatif fotoblastik bir türdür diyebiliriz. Nitekim Magyar (2003)' a göre *M. annua*, geniş bir ekolojik toleransa sahiptir ve tohumu, çimlenmedeki ışık ihtiyacına göre negatif fotoblastisite gösterir. Çünkü, çimlenme için dormant olmayan tohumlar ilk dormansiden kurtulduktan sonra sadece rehidrasyona ihtiyaç duyarken, dormant tohumlar çimlenmek için rehidrasyona ek olarak ışık, sıcaklık ve kimyasallar gibi dış uyarıcılara ihtiyaç duyarlar (Yıldız vd, 2005). Konuyla ilgili olarak Meiado vd, (2016) farklı kaktüs türlerinin, çimlenme süreçlerinde ışığa karşı cevaplarını test ettikleri çalışmalarında, sıcaklık değişimlerine bağlı olarak bazı kaktüs türlerinin pozitif, bazılarının negatif, bazı türlerin de nötral cevaplar oluşturduklarını belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada ise, *Racinaea aerisincol* türünün negatif fotoblastizm göstermesi nedeniyle, tohumlarının gölge altında daha yüksek yüzdelerde çimlenebildiği ve koyu gölgede çimlenmenin, kurumadan kaynaklı ölüm ihtimalini azaltabileceği bildirilmiştir (Marques vd, 2014). Benzer şekilde Mérai vd, (2019) *Aethionema arabicum* da, El-Keblawy vd, (2019) ise

Citrullus colocynthis ve diğer birçok Cucurbitaceae türlerinde çimlenmenin, özellikle düşük sıcaklıkta ışık tarafından inhibe edilirken, karanlıkta yüksek bir çimlenme performansı gösterdiklerini bildirmişlerdir.

Burada dikkat çeken bir bulgu, her üç ortamda da, aydınlıkta (F-) giberellin uygulanan (G+) ve giberellin uygulanmayan (G-) test grupları arasındaki çimlenen tohum sayısı bakımından anlamlı derecedeki farklılıktır (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2). Nitekim her üç ortamdaki aydınlıkta (F-) çimlenmeye alınan ve giberellin uygulanmayan (G-) tüm test gruplarında çok az çimlenme görülürken (ort.0.29), aydınlıkta (F-) çimlenmeye alınan ve giberellin uygulanan (G+) test gruplarındaki çimlenen tohum sayısı çok daha yüksektir (ort. 0.634). Elde edilen bulgular *M. annua* tohumlarının, çimlenme dönemindeki ışık ihtiyaçları bakımından negatif fotoblasti gösterdiğini (Magyar, 2003) fakat giberellin uygulamasının ışığın negatif fotoblastik etkisini kırdığını gösterir. Çünkü, çevresel streslerden ışık ve sıcaklığın tohumlarda oluşturduğu dormansi, gibberellinler tarafından ortadan kaldırılabilmektedir (Ünal vd, 2004).

Bunun yanında karanlıkta (F+) çimlenmeye alınan ve giberellin uygulanan (G+) ve giberellin uygulanmayan (G-) test grupları arasında, çimlenen tohum sayısı bakımından G+ grubu lehine anlamlı fark olmasının (0.694'e karşılık 0.099) nedeni, giberellinin çimlenme üzerindeki olumlu etkisinden kaynaklanmaktadır diyebiliriz (Feyhan vd, 2019).

M. annua tohumlarının 31 günlük inkübasyon sürecinde, **günlere bağlı çimlenen tohum sayıları**, tüm test gruplarında anlamlı değişiklik göstermektedir (Çizelge 4.1). Grafiklerden de görüleceği üzere ortamların tümündeki tüm çimlenme test gruplarının, çimlenmenin başlangıç günü, çimlenen tohumların günlere bağlı sayısal değişimi ve toplam çimlenme sayıları birbirinden farklılık göstermektedir. Çünkü her bir test grubunun çimlenme süreçlerindeki etkilendiği çevresel faktör kombinasyonu farklıdır. Nitekim, çimlenme stratejileri, bitki türlerinin hayatta kalması, yerleşmesi ve yayılması için oldukça kritik öneme sahiptir ve *Plantago virginica* türünün günlük çimlenmesinde, farklı bölgelerdeki yüksekliğe bağlı değişen lokal iklimatik faktörler etkili olmuştur (Xu vd, 2019). Benzer şekilde Perveen vd, (2019) alelopatik etkilerin, Foti vd, (2019) tuzluluk faktörlerinin tohumların çimlenme günlerine bağlı değişimler üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Rubio-Casal vd, (2003) *Arthrocnemum macrostachyum* ve *Salicornia ramosissima* ve Redondo vd, (2004) *Sarcocornia* türleri üzerinde

yaptıkları çimlendirme çalışmalarında, her taksonun tohum çimlenme süresinin (ilk ve son çimlenme arasındaki süre) normal şartlar altında, kısa ve sabit bir süre olmasına rağmen, artan tuzluluk konsantrasyonuna bağlı olarak, tohumların ilk çimlenme günü ve çimlenme seyrinin (günlük değişim) değiştiğini belirtmişlerdir.

Çalışmada test edilen çevresel faktörlerden **ışık miktarındaki** değişim, *M. annua* tohumlarının çimlenme sayısı üzerinde, tüm test gruplarında da anlamlı bir değişiklik yapmamıştır (Çizelge 4.1). Çünkü *M. annua* tohumları çimlenme bakımından negatif fotoblastik olup (Magyar, 2003), burada önemli olan ışık miktarındaki değişimden çok, ışığın minimum düzeyde de olsa var veya yok oluşu daha etkili bir faktör olarak işlev görmektedir (Mérai vd, 2019).

4.5. Çimlenme Performansı

Çimlenme performansı, ortam faktörlerinden doğrudan etkilenen inkübasyon sürecinde, kullanılan tohum sayısına göre, birim zamana (gün) bağlı olarak elde edilen çimlenmiş tohum sayısı ve kalitesi olarak hesaplanan bir durumdur. Tohumların çimlenme performansı (kalitesi), ikili bir bulguya dayanır (çimlenmiş/çimlenmemiş) ve çimlenme işleminin kalitatif niteliğini gösterirken, genellikle yüzdelikli (%) sayısal bir değere dönüştürülerek somutlaştırılır hatta, istatistiksel testlerle de analiz edilebilir (Ranal ve Santana, 2006). Biz bu çalışmada bugüne kadar belirlenmiş farklı çimlenme performans hesaplama formüllerinden bazılarını (çimlenme oranı, çimlenme hızı, günlük ortalama çimlenme) (Rubio-Casal vd, 2003) kullanarak, *Mercurialis annua*'nın farklı ortamlardaki test gruplarına göre, çimlenme performansını belirlemeye çalıştık.

Buna göre üç farklı ortamdaki tüm test gruplarının çimlenme performansları çimlenme oranı, çimlenme hızı, günlük ortalama çimlenme (GOÇ) (Rubio-Casal vd, 2003) formüllerine göre hesaplanmış, tablo ve grafikler halinde verilerek değerlendirilmiştir. Ayrıca her bir deney ortamındaki (korunaklı doğal ortam, iklim odası, inkübatör) tüm test gruplarına bağlı çimlenme performansı verileri, MANOVA testine göre anlamlı derecede farklılık göstermektedir ($p < 0.05$) (Çizelge 4.3; Çizelge 4.5; Çizelge 4.7).

4.5.1. Üç farklı ortamdaki çimlenme performans formüllerine göre bulgular

Korunaklı Doğal Ortam

Doğal ortamı temsilen ortalama 15°C/13°C sıcaklık, 9 /15 saat fotoperyot ve günlük ort. 294 lux ışık miktarına sahip açık havada (Çizelge 3.1) çimlendirilen gruplardan en fazla çimlenen tohum sayısı (83) ve yüzdesi (92.22) 8 no'lu (G+S+F+) test grubunda olup, 5, 6 ve 7 no'lu gruplar onu izlemektedir. Giberellin verilmeyen 1, 2, 3 ve 4 no'lu test gruplarında ise çok az çimlenme olmuştur (toplam 3 tohum). Tohumlardaki ilk çimlenme giberellinsiz 2. grupta 29. gün ve 3. grupta 7. günde gerçekleşirken, giberellin verilen 8. grupta 8. gün, 7. grupta 13. gün, 5. grupta 19. gün ve 6. grupta 20. günde gerçekleşmiştir. Çimlenmenin az veya çok gerçekleştiği tüm test gruplarında deneyin son gününe kadar (31. gün) çimlenme devam etmiştir. Çimlenme hızı ve günlük ortalama çimlenme değerleri bakımından ise 8. test grubu en yüksek çimlenme hızı ve günlük ortalama çimlenme değerine sahiptir (Çizelge 4.4; Şekil 4.35).

Çizelge 4.3. Korunaklı doğal ortamdaki test gruplarının çimlenme performansı verilerinin MANOVA ve Tukey (HSD) tablosu. ($p < 0.05$)

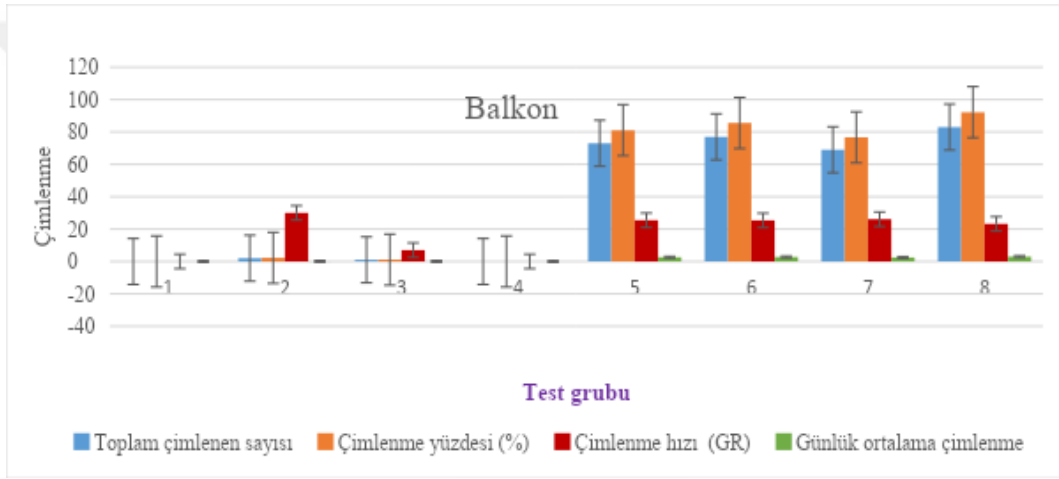
Descriptive Statistics (korunaklı doğal ortam)						
	Test grubu*	Mean	Std. Deviation	Tukey HSD	F	Sig.
%çimlenme	1	,0000	,00000	a	21213,347	0,000
	2	2,2207	,02004	b		
	3	1,1104	,01002	ab		
	4	,0000	,00000	a		
	5	81,1104	1,00000	d		
	6	85,5585	1,00000	e		
	7	76,6689	1,00000	c		
	8	92,2207	1,00000	e		
	Total	42,3612	42,63341			
Toplam çimlenen sayısı	1	,0000	,00000	a	11456,500	0,000
	2	2,0000	1,00000	a		
	3	1,0000	1,00000	a		
	4	,0000	,00000	a		
	5	73,0000	1,00000	c		
	6	77,0000	1,00000	d		
	7	69,0000	1,00000	b		
	8	83,0000	1,00000	e		
	Total	38,1250	38,37267			
Çimlenme Hızı (GR)	1	,0000	,00000	a	2308,684	0,000
	2	30,0000	,50000	e		
	3	7,0000	,50000	b		
	4	,0000	,00000	a		
	5	25,4686	1,00000	d		
	6	25,3789	1,00000	d		
	7	26,1186	1,00000	d		
	8	23,2190	1,00000	c		
	Total	17,1481	12,05191			
Günlük ortalama çimlenme	1	,0000	,00000	a	48436,365	0,000
	2	,0706	,01005	b		
	3	,0386	,01028	ab		
	4	,0000	,00000	a		
	5	2,6188	,02010	d		
	6	2,7600	,02000	e		
	7	2,4710	,02008	c		
	8	2,9716	,02020	f		
	Total	1,3663	1,37454			

* 1: G-S-F-, 2: G-S+F-, 3: G-S-F+, 4: G-S+F+, 5: G+S-F-, 6: G+S+F-, 7: G+S-F+, 8: G+S+F+

Çizelge 4.4. Korunaklı doğal ortamdaki test gruplarının hesaplanmış çimlenme performansı

Çimlenme Performansı	Test Grupları*							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Toplam çimlenen sayısı	0	2	1	0	73	77	69	83
Çimlenme yüzdesi (%)	0.00	2.22	1.11	0.00	81.11	85.56	76.67	92.22
İlk çimlenme günü	0	29	7	0	19	20	13	8
Son çimlenme günü	0	31	7	0	31	31	31	31
Çimlenme hızı (GR)	0.00	30.00	7.00	0.00	25.47	25.38	26.12	23.22
Günlük ortalama çimlenme	0.00	0.07	0.04	0.00	2.62	2.76	2.47	2.97

* 1: G-S-F-, 2: G-S+F-, 3: G-S-F+, 4: G-S+F+, 5: G+S-F-, 6: G+S+F-, 7: G+S-F+, 8: G+S+F+



* 1: G-S-F-, 2: G-S+F-, 3: G-S-F+, 4: G-S+F+, 5: G+S-F-, 6: G+S+F-, 7: G+S-F+, 8: G+S+F+

Şekil 4.35. Korunaklı doğal ortamdaki test gruplarının* çimlenme performansı

Doğal ortamı temsil eden korunaklı doğal ortamdaki çimlenme test grupları içinde, en yüksek çimlenme performansı, giberellin uygulanmış G+S+F+ parametrelerine sahip 8. grupta gerçekleşmiştir. Nitekim Shen vd, (2019) giberellin (GA) verdikleri, dormansisi kırılmış kivi (*Actinidia* sp.) tohumlarının çimlenme performanslarında, GR (germination rate=çimlenme oranı) ve GP (germination potential=çimlenme potansiyeli) bakımından artış olduğunu bildirmişlerdir. Giberellin verilen test grupları içinde ise soğuklama uygulanan (S+) gruplar, uygulanmayanlara (S-), karanlıkta çimlenen gruplar ise (F+) aydınlıkta (F-) çimlenen test gruplarına göre yüksek performans göstermişlerdir. Buna göre 15°C/13°C sıcaklık, 9 /15 saat fotoperyot ve günlük ortalama 294 lux ışık miktarına sahip doğal ortam, *M. annua* tohumlarının çimlenmesi için uygun değildir. Bu nedenle çimlenme için yetersiz olan özellikle sıcaklık faktörünün olumsuz etkisi ancak giberellin

verilerek, *M. annua* tohumlarının çimlenmesi gerçekleşmiştir. Çünkü çevresel streslerden ışık ve sıcaklığın tohumlarda oluşturduğu dormansi, gibberellinler tarafından ortadan kaldırılabilmektedir (Ünal vd, 2004). Ayrıca gibberellin, özellikle soğuk uygulaması yapılan gruplar üzerinde diğerlerine göre daha yüksek etkin bir performans artışı sağlamıştır. Bunun nedeni ise soğuklama etkisiyle sekonder dormansiye giren tohumların, gibberellin uygulamasıyla dormansilerinin kırılması olabilir. Çünkü gibberellin fizyolojik dormansinin kırılmasında bir etken olarak işlev görür. Nitekim sekonder dormansi de kırılabilir, fakat çimlenme için şartlar uygun düzeye gelmedikçe, (örneğin deneysel gibberellin takviyesi) tekrar tekrar dormansi ortaya çıkar (Finch-Savage ve Leubner-Metzger, 2006). Bunun yanında karanlık uygulaması da test gruplarının çimlenme performansını artırmıştır. Çünkü her ne kadar gibberellin ışığın, negatif fotoblastisiteye sahip *M. annua* tohumlarının (Magyar 2003) çimlenmesi üzerindeki olumsuz etkisini azaltsa da (Ünal vd, 2004), genel olarak karanlık uygulaması çimlenmeyi pozitif yönde etkilemiştir. Çünkü *M. annua*, geniş bir ekolojik toleransa sahiptir ve tohumu, çimlenmedeki ışık ihtiyacına göre negatif fotoblastisite gösterir (Magyar 2003).

Genel olarak gibberellin uygulanmayan (G-) gruplar (1, 2, 3 ,4 test grupları) ile gibberellin uygulanan (G+) gruplar (5, 6,7, 8 test grupları) arasındaki performans farkının temel nedeni, korunaklı doğal ortamdaki *M. annua* tohumlarının çimlenmesi için optimal değerlerin dışındaki, düşük sıcaklık değerleridir. Çünkü sıcaklık her bir türe göre optimal değeri değişmekle birlikte, çimlenmenin farklı fazlardaki reaksiyonlarını etkileyen önemli bir çevresel faktördür. Sıcaklık değişimleri membran geçirgenliği, membran proteinlerinin aktivitesi ve sitoplazmik enzimler gibi tohum çimlenmesini katalizleyen birçok biyokimyasal olayları etkilemektedir ve genel olarak sıcaklığın artmasıyla tohum çimlenmesindeki bu kimyasal reaksiyonların hızı da artmaktadır (Yıldız vd, 2007). Nitekim diğer çimlenme ortamlarında (iklim odası ve inkübatör) daha yüksek sıcaklık değerlerinde ve diğer uygulamaları bakımından aynı olan test gruplarında, daha yüksek çimlenme performansı elde edilmiştir.

Aynı sıcaklık değerlerinin etkisinde olmasına karşın, gibberellin uygulanan (G+) grupların (5, 6, 7, 8 test grupları) gibberellin uygulanmayanlara göre (G-), yüksek çimlenme performansı göstermesinin nedeni ise gibberellinin çimlenme üzerindeki pozitif etkisinden kaynaklanmaktadır (Ogawa vd, 2003; Karakurt, 2010; Small vd, 2019; Feyhan vd, 2019).

İklim Odası Deney Ortamı

25°C sabit sıcaklık, 12/12 saat fotoperiyot ve günlük ortalama 1860 lux ışık miktarına sahip iklim odasında (Çizelge 3.1) çimlendirilen test gruplarından 8. grup (G+S+F+) toplam çimlenen tohum sayısı (74) ve çimlenme yüzdesi (%82.22) bakımından diğer gruplara göre daha yüksek değerler gösterirken, diğer test grupları farklı değerlere sahiptir. Genel olarak iklim odasındaki giberellin uygulanan (G+) grupların çimlenen tohum sayı ve yüzdesi (%), giberellin verilmeyenlere (G-) göre yüksek olmasının yanında, G- grupları içinde 1. (G-S-F-) ve 3. grubun (G-S-F+) çimlenen tohum sayı ve yüzdesi diğer G- gruplarına (2. ve 4.) göre oldukça yüksektir. 1 ve 3.cü gruplar ile 2. (G-S+F-) ve 4. gruplar (G-S+F+) arasındaki temel fark, tohumlara soğuklama uygulamasıdır (S+) (Çizelge 4.6; Şekil 4.36). Buna göre soğuklama uygulanmamış 1. ve 3.cü gruplardaki tohumların sadece nondormant olanları çimlenip, primer dormansinin bir evresinde olanları çimlenmemesine (Magyar, 2003) rağmen, soğuklama uygulanmış 2. ve 4. gruplara göre daha yüksek çimlenme değerleri göstermiştir. Bu durumda soğuklama uygulaması *M. annua* tohumlarında sekonder dormansiye neden olduğundan çimlenme performansını düşürmektedir. Yani doğal çevre şartlarına cevap olarak oluşturulmuş birincil dormansi kırılabilir, eğer dormansiyi tamamen sona erdirmek ve çimlenmeyi indüklemek için yeterli şartlar yoksa (örneğin, ışık ve/veya nitrat), tohumda ikincil dormansi kısa bir süre sonra başlatılır. (Finch-Savage ve Leubner-Metzger, 2006). Burada dikkat çekici diğer bir bulgu da 1. ve 3. grup arasındaki önemli sayısal farktır. Her iki grup da giberellinsiz ve soğuklamasız (G-S-) iken 1. grup aydınlıkta (F-), 3. grup ise karanlıkta (F+) çimlenmiştir. Yani karanlık uygulaması negatif fotoblastisite gösterdikleri için, *M. annua* tohumlarının çimlenmesini olumlu yönde etkilemektedir (Magyar, 2003).

Çizelge 4.5. İklim odası test gruplarının çimlenme performansı değerlerinin MANOVA ve Tukey (HSD) tablosu (p< 0.05)

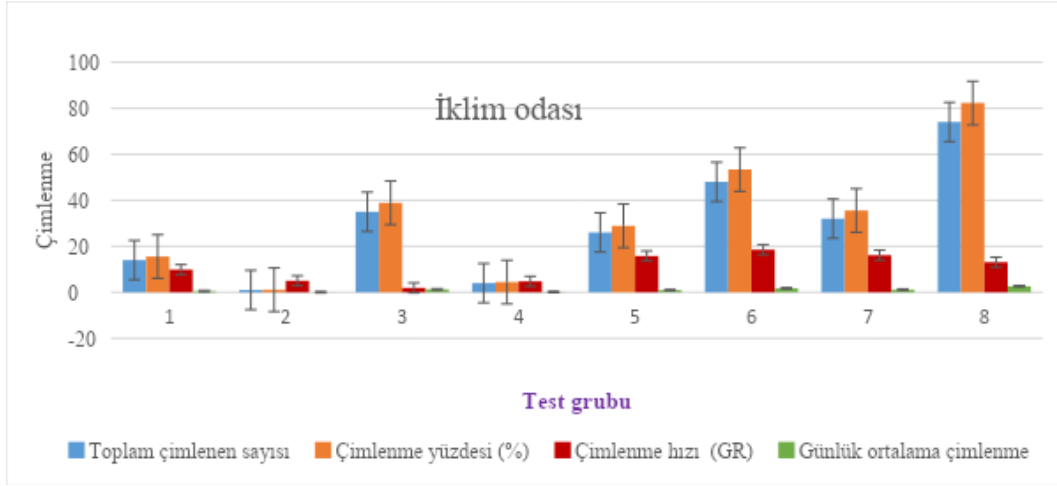
Descriptive Statistics (iklim odası)						
	Test grubu*	Mean	Std. Deviation	Tukey HSD	F	Sig.
% çimlenme	1	15,5585	1,00000	c	13282,650	0,000
	2	1,1104	,01002	a		
	3	38,8896	1,00000	f		
	4	4,4415	,11003	b		
	5	28,8896	1,00000	d		
	6	53,3311	,11002	g		
	7	35,5585	,10003	e		
	8	82,2207	,10001	h		
	Total	32,5000	25,61658			
Toplam çimlenen sayısı	1	14,0000	1,00000	c	4094,250	0,000
	2	1,0000	1,00000	a		
	3	35,0000	1,00000	f		
	4	4,0000	1,00000	b		
	5	26,0000	1,00000	d		
	6	48,0000	1,00000	g		
	7	32,0000	1,00000	e		
	8	74,0000	1,00000	h		
	Total	29,2500	23,06560			
Çimlenme Hızı (GR)	1	9,8590	,02007	d	79556,019	0,000
	2	5,0000	,05000	c		
	3	1,9114	,02015	a		
	4	4,7533	,02517	b		
	5	15,7697	,11000	f		
	6	18,5203	,10000	h		
	7	16,1283	,10004	g		
	8	13,0870	,09015	e		
	Total	10,6286	5,91032			
Günlük ortalama çimlenme	1	,5006	,05001	b	1242,628	0,000
	2	,0386	,01028	a		
	3	1,2515	,02017	d		
	4	,1411	,02009	a		
	5	,9306	,02003	c		
	6	1,7201	,10000	e		
	7	1,1490	,10002	d		
	8	2,6508	,10001	f		
	Total	1,0478	,82748			

* 1: G-S-F-, 2: G-S+F-, 3: G-S-F+, 4: G-S+F+, 5: G+S-F-, 6: G+S+F-, 7: G+S-F+, 8: G+S+F+

Çizelge 4.6. İklim odasındaki test gruplarının hesaplanmış çimlenme performansı

Çimlenme Performansı	Test grupları*							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Toplam çimlenen sayısı	14	1	35	4	26	48	32	74
Çimlenme yüzdesi (%)	15,56	1,11	38,89	4,44	28,89	53,33	35,56	82,22
İlk çimlenme günü	2	5	1	2	3	10	2	5
Son çimlenme günü	29	5	4	9	31	31	29	31
Çimlenme hızı (GR)	9,86	5,00	1,91	4,75	15,77	18,52	16,13	13,08
Günlük ortalama çimlenme	0,50	0,04	1,25	0,14	0,93	1,72	1,15	2,65

* 1: G-S-F-, 2: G-S+F-, 3: G-S-F+, 4: G-S+F+, 5: G+S-F-, 6: G+S+F-, 7: G+S-F+, 8: G+S+F+



* 1: G-S-F-, 2: G-S+F-, 3: G-S-F+, 4: G-S+F+, 5: G+S-F-, 6: G+S+F-, 7: G+S-F+, 8: G+S+F+

Şekil 4.36. İklim odasındaki test gruplarının* çimlenme performansı

Işığın *M. annua* tohumlarının çimlenme performansı üzerindeki olumsuz etkisini, giberellin verilen (G+) gruplarda da görmek mümkündür. Nitekim 5. (G+S-F-) ve 7. grup (G+S-F+) ile, 6. (G+S+F-) ve 8. grup (G+S+F+) arasındaki temel fark karanlık uygulaması olup, soğuklama uygulansın (S+), uygulanmasın (S-), her iki test grubunda da, karanlıkta çimlendirilen (F+) grupların çimlenme performans değerleri daha yüksektir (Çizelge 4.6).

G (+) grupları arasındaki diğer bir dikkat çekici durum; soğuklama (S+) uygulanan gruplar ile soğuklama uygulanmayan gruplar arasındaki çimlenen tohum sayısı ve yüzdesi bakımından farklılıktır. Nitekim 6. ve 8. grupların (S+) çimlenen tohum sayı ve yüzdesi toplamı, 5. ve 7. grupların (S-) toplamının iki katından fazladır (Çizelge 4.6). Buna göre GA özellikle, soğuklama uygulaması nedeniyle sekonder dormansiye girmiş tohumların çimlenmesi üzerinde, diğerlerine göre (S-) daha yüksek etki göstermektedir. Nitekim *Rheum khorasanicum* (Darrudi vd, 2015), *Diospyros kaki* (Sayyad-Amin vd, 2019) ve *Echinophora platyloba* (Surki vd, 2019) tohumlarının çimlendirilmesi üzerinde yapılan benzer çalışmalarda, soğuk stratifikasyon ve giberellin uygulaması kombinasyonunun sinerjetik etki oluşturarak, tohum dormansi kırılması üzerinde olumlu etki yaptığı, ve buna bağlı olarak yüksek çimlenme oranı ve canlılık endeksleri sağladığı bildirilmiştir. Çünkü soğuk stratifikasyon, su alarak şişmiş tohumlarda embriyo ve örtü tabakalarındaki metabolik ve fizyolojik gelişmeleri tetiklediği gibi, absisik asit (ABA) miktarında hızlı bir düşüşe ve giberellin duyarlılığında da önemli artışa neden olur (Parvin vd, 2015).

İlk ve son çimlenme günleri bakımından 3. test grubunun (G-S-F+) durumu ilginçtir. Çünkü inkübasyon başladıktan sonra ertesi gün çimlenme başlamış ve deneyin 4. gününde çimlenme sonlanmıştır. 1. gruptaki (G-S-F-) tohumlar da benzer şekilde deneyin 2. günü çimlenmeye başlamış fakat, muhtemelen ışığın negatif etkisiyle çimlenme süreci 29. güne kadar devam etmiştir. Giberellin uygulanmayan (G-) test gruplarının çimlenme başlangıcı genellikle ilk hafta içinde gerçekleşirken, giberellin verilenlerin (G+) çimlenmeleri deney sonuna kadar sürmüştür.

Çimlenme hızı (GR) bakımından 3. test grubu (G-S-F+) en iyi değere ulaşırken, özellikle giberellin verilen (G+) test gruplarının çimlenme hızının düşük olması ilginçtir. Burada G+ ve G- test grupları arasındaki çimlenme hızının farklı olmasının nedeni; G+ gruplarının deneyin son gününe kadar çimlenmesini sürdürürken, G- grupları deneyin hemen ilk haftasında çimlenmelerini sonlandırmış olmalarıdır. Buna göre türün, uygun sıcaklık dönemi geldiğinde (25°C), nondormant tohumları, doğal ortamındaki çimlenme dönemini kısa sürede gerçekleştirmekte ve böylece, diğer gelişme evrelerine (fide, yaprak, çiçek, meyve) daha uzun bir süre sağlayarak, rekabette avantajlı duruma geçmektedir. Nitekim gözlemlerimize göre, türün bireylerinin gelişmesini tamamladığı habitatlarında, rekabet etmesini gerektirecek başka türlerin bulunmaması dikkat çekicidir. Muhtemelen *M. annua*, diğer türlerin habitatta yaygınlık kazanmasından önce çimlenme ve diğer fenolojik dönemlerini kısa sürede tamamlayarak rekabetten kaçmaktadır. Bu sonuçlara göre tüm test grupları içinde en yüksek çimlenme performansı 3. test grubunda (G-S-F+) görülmüştür. Bu durumda mevcut test grupları içinde, *M. annua* tohumları için en uygun çimlenme ortamının 25°C sıcaklıktaki karanlık ortam olduğunu söyleyebiliriz.

İnkübatör Deney Ortamı

20°C/10°C sıcaklık, 12/12 saat fotoperiyot ve günlük ortalama 8517 lux ışık miktarına sahip inkübatör ortamında (Çizelge 3.1) çimlendirilen test grupları içinde, en yüksek toplam çimlenen tohum sayısı (74) ve yüzdesi (82.22) 8. grupta (G+S+F+) gerçekleşirken, diğer giberellin uygulanan gruplar (5, 6, 7) onu izlemiştir. Giberellin verilen test grupları içinde, soğuklama uygulanan (6 ve 8) grupların, soğuklama uygulanmayan (5 ve 7) gruplara göre daha yüksek çimlenme sayısı ve oranına ulaştığı görülmektedir (Çizelge 4.8; Şekil 4.37). Bu durum, soğuklama uygulaması sonucu sekonder dormansiye giren *M. annua* tohumlarının çimlenmesi üzerinde, giberellinin pozitif etkisini göstermesi bakımından önemlidir (Darrudi vd, 2015; Sayyad-Amin

vd, 2019; Surki vd, 2019). Ayrıca tüm test gruplarında karanlıkta çimlenmeye alınanlar, *M. annua*'nın negatif fotoblastisik özelliği nedeniyle (Magyar, 2003) aydınlıkta çimlenenlerden daha yüksek çimlenme sayısı ve oranına ulaşmışlardır.

Giberellin verilmeyen (G-) test grupları içinde yalnız 3. grupta (G-S-F+) çimlenme görülürken, diğer giberellinsiz gruplarda çimlenme olmamıştır. Bunun nedeni düşük sıcaklıkta çimlenen tohumlarda, ışığa ve soğuklamaya olan negatif duyarlılık artışı olabilir. Nitekim 15°C/13°C sıcaklık değerine sahip korunaklı doğal ortamdaki tüm G- gruplarında da, inkübatör ortamındakine benzer şekilde çimlenme gerçekleşmezken, 25°C sabit sıcaklıktaki iklim odasında, benzer uygulamalar yapılan test gruplarında çimlenme gerçekleşmiştir. Mevcut test bulgularına göre, *M. annua* tohumları için optimal çimlenme sıcaklığının 25°C olduğunu söylemek mümkündür. Çünkü her bir türe göre optimal değeri değişmekle birlikte sıcaklık, çimlenmenin farklı fazlardaki reaksiyonlarını etkileyen önemli bir çevresel faktördür. Sıcaklık değişimleri membran geçirgenliği, membran proteinlerinin aktivitesi ve sitoplazmik enzimler gibi tohum çimlenmesini katalizleyen birçok biyokimyasal olayları etkilemektedir ve genel olarak sıcaklığın artmasıyla tohum çimlenmesindeki bu kimyasal reaksiyonların hızı artmaktadır (Yıldız vd, 2007). Çünkü soğuklama uygulaması sekonder dormansiye neden olduğu gibi, giberellin uygulaması olmadığı ve negatif fotoblastik olduğu için, ışığın olumsuz etkileri, *M. annua* tohumlarının çimlenmesini inhibe etmiştir. Buna karşın 3. grup (G-S-F+) soğuklama uygulanmayan ve aynı zamanda karanlıkta çimlenmeye alınmış bir gruptur.

Çizelge 4.7. İnkübatördeki test gruplarının çimlenme performansı MANOVA ve Tukey (HSD) tablosu (p< 0.05)

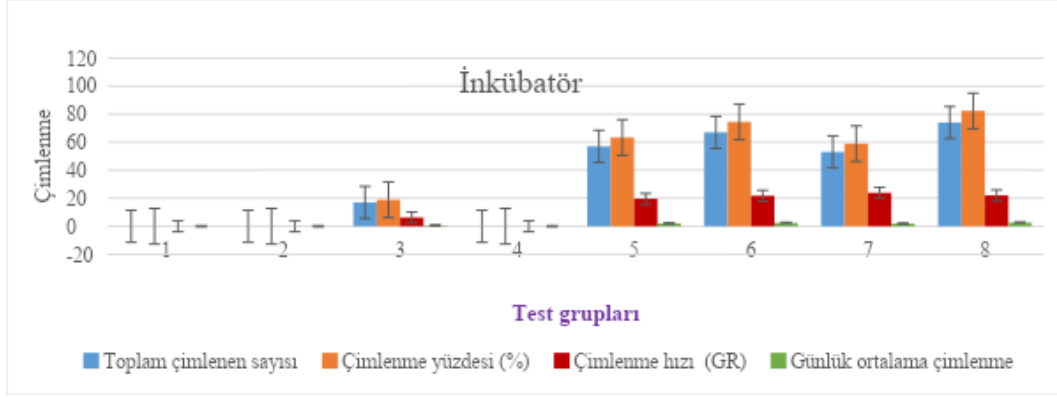
Descriptive Statistics (İnkübatör)						
	Test grubu*	Mean	Std. Deviation	Tukey HSD	F	Sig.
%çimlenme	1	,0000	,00000	a	218843,445	0,000
	2	,0000	,00000	a		
	3	18,8896	,10000	b		
	4	,0000	,00000	a		
	5	63,3311	,10002	d		
	6	74,4415	,11003	e		
	7	58,8896	,10000	c		
	8	82,5541	,48445	f		
	Total	37,2632	34,42219			
Toplam çimlenen sayısı	1	,0000	,00000	a	9787,200	0,000
	2	,0000	,00000	a		
	3	17,0000	1,00000	b		
	4	,0000	,00000	a		
	5	57,0000	1,00000	d		
	6	67,0000	1,00000	e		
	7	53,0000	1,00000	c		
	8	74,0000	1,00000	f		
	Total	33,5000	30,93612			
Çimlenme Hızı (GR)	1	,0000	,00000	a	137082,501	0,000
	2	,0000	,00000	a		
	3	6,2384	,10004	b		
	4	,0000	,00000	a		
	5	19,5605	,10000	c		
	6	21,7521	,10512	d		
	7	23,8497	,10000	f		
	8	22,0402	,04000	e		
	Total	11,6801	10,57822			
Günlük ortalama çimlenme	1	,0000	,00000	a	1908,724	0,000
	2	,0000	,00000	a		
	3	,6098	,10000	b		
	4	,0000	,00000	a		
	5	2,0410	,02008	c		
	6	2,4005	,10000	d		
	7	1,8999	,10000	c		
	8	2,6508	,05002	e		
	Total	1,2002	1,10925			

* 1: G-S-F-, 2: G-S+F-, 3: G-S-F+, 4: G-S+F+, 5: G+S-F-, 6: G+S+F-, 7: G+S-F+, 8: G+S+F+

Çizelge 4.8. İnkübatördeki test gruplarının formüllere göre hesaplanmış çimlenme performansı

Çimlenme Performansı	Test grupları*							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Toplam çimlenen sayısı	0	0	17	0	57	67	53	74
Çimlenme yüzdesi (%)	0,00	0,00	18,89	0,00	63,33	74,44	58,89	82,22
İlk çimlenme günü	0	0	4	0	10	11	11	10
Son çimlenme günü	0	0	19	0	29	29	31	31
Çimlenme hızı (GR)	0,00	0,00	6,24	0,00	19,56	21,75	23,85	22,04
Günlük ortalama çimlenme	0,00	0,00	0,61	0,00	2,04	2,40	1,90	2,65

* 1: G-S-F-, 2: G-S+F-, 3: G-S-F+, 4: G-S+F+, 5: G+S-F-, 6: G+S+F-, 7: G+S-F+, 8: G+S+F+



* 1: G-S-F-, 2: G-S+F-, 3: G-S-F+, 4: G-S+F+, 5: G+S-F-, 6: G+S+F-, 7: G+S-F+, 8: G+S+F+

Şekil 4.37. İnkübatördeki test gruplarının* çimlenme performansı

İlk ve son çimlenme günü bakımından G+ test grupları, deneyin ikinci haftasından itibaren çimlenmeye başlayıp, son günlere kadar çimlenmelerini sürdürürken, G- grupları içinde yalnız 3. grup, deneyin ilk haftasında çimlenmeye başlayıp, 3. haftasında çimlenmesini tamamlamıştır. Bu durumda çimlenme hızı (GR) en yüksek olan test grubu (iklim odasındaki gibi) 3. grup (G-S-F+) olarak ortaya çıkmaktadır. Her iki deney ortamındaki aynı test gruplarının (3. grup: G-S-F+) çimlenme performansı bakımından diğer test gruplarına göre yüksek çıkması, *M. annua* tohumları için optimal çimlenme parametrelerinin uygun sıcaklık (25°C) giberellin yok, soğuklama yok ve karanlık ortam olduğu görüşünü güçlendirmektedir. Bu arada her iki ortam arasındaki aynı grupların (3. grup) çimlenme hızı arasındaki farklılık ise, ortamların sahip oldukları sıcaklık değerleri arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Çünkü *M. annua* tohumları üzerinde, uygun sıcaklık ve karanlık çimlenme performansını olumlu yönde etkileyen önemli çevresel faktörler olarak işlev görmektedir (Yıldız vd, 2007).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kozmopolit, tek yıllık, otsu, dioik ve ruderal bir tür olan *Mercurialis annua*'nın, geniş ekolojik tolerans yeteneğine bağlı olarak, farklı çevresel parametrelere göre tohum çimlenme özelliklerinde değişiklikler olmaktadır. Farklı ortamlardaki çevresel faktörlere (ortam, gün, sıcaklık ve ışık miktarı) ve uygulamalara (giberellin, soğuklama ve karanlık) bağlı çimlenme özelliklerini, 8 farklı kombinasyondaki test grupları üzerinde incelediğimiz tohumların, en uygun çimlenme performansının, 25°C iklim odasındaki karanlık ortamda, giberellin ve soğuklama uygulanmayan (G-, S-, F+) test grubunda görüldüğü belirlenmiştir. Çalışma boyunca çimlenme için özellikle karanlık ortam önemli bir çevresel faktör olarak işlev görürken, diğer test gruplarında farklı derecelerden çimlenme performansları elde edilmiştir.

Çimlenmenin gerçekleşebilmesi için, tohumların çevresel faktörlere duyarlılık dereceleriyle ortam şartları uyuşmalıdır. Bu nedenle çimlenmeyi önlemek için tek bir çevresel faktörün yerine getirilmemesi bile yeterli olabilmektedir. Hemen tüm çimlenme çalışmalarında, pratik nedenlerle, bu faktörlerin sadece bir kısmı incelenebilir ve bu yüzden çimlendirme çalışmalarında bazı değerlendirmeler eksik kalabilir. Bu nedenle aynı tür içinde bile ve özellikle de dormansinin derinliğinin önemli olduğu ortamlarda yapılan çimlendirme çalışmalarında, doğrudan karşılaştırma ve tartışmalar devam edecektir. Bütün bu nedenle önümüzde, dormansi ve çimlendirme araştırmalarında geniş bir alan bulunmaktadır (Finch-Savage ve Leubner-Metzger, 2006).

KAYNAKLAR

- Abdellaoui, R., Boughalleb, F., Zayoud, D., Neffati, M. and Bakhshandeh, E. 2019. Quantification of *Retama raetam* seed germination response to temperature and water potential using hydrothermal time concept. *Environmental and Experimental Botany*, 157, 211-216. doi: [10.1016/j.envexpbot.2018.10.014](https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.10.014)
- Atici, Ö., Ağar, G. and Battal, P. 2005. Changes in phytohormone contents in chickpea seeds germinating under lead or zinc stress. *Biologia plantarum*, 49:2, 215-222.
- Barlow, P. W. 2002. The root cap: cell dynamics, cell differentiation and cap function. *Journal of Plant Growth Regulation*, 21:4, 261-286. doi: [10.1007/s00344-002-0034-z](https://doi.org/10.1007/s00344-002-0034-z)
- Baskin, J. M. and C. C. Baskin. 1989. Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology. In: Leck, M., Parker, V. and Simpson, R. (eds). *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press, 53-65, CA, San Diego.
- Baskin, C. C. and Baskin, J. M. 1998. *Seeds. Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press, 665, San Diego, CA, USA.
- Baskin J.M, Baskin C.C. 2003. Classification, biogeography, and phylogenetic relationships of seed dormancy., In: Smith, R. D., Dickie, J.B., Linnington, S. H., Pritchard, H.W. and Probert, R. J., (eds). *Seed conservation: Turning science into practice*. Royal Botanic Gardens, 517-544, Kew.
- Baskin, J.M. and Baskin, C.C. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed science research*, 14:1, 1-16. doi: [10.1079/SSR2003150](https://doi.org/10.1079/SSR2003150)
- Bewley, J.D. 1997. Seed germination and dormancy. *The Plant Cell*, 9:7, 1055–1066. doi: [10.1105/tpc.9.7.1055](https://doi.org/10.1105/tpc.9.7.1055)
- Bresinsky, A., Körner, C., Kadereit, J. W., Neuhaus, G. and Sonnewald, U. 2013. *Strasburger's plant sciences: including prokaryotes and fungi*. (First edition). Springer, 531-561. Berlin, Germany.
- Boyraz, M., Korkmaz, H., Durmaz, A. 2019. Tohumda dormansi ve çimlenme. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 2 (3), 92-105. doi: [10.34248/bsengineering.527684](https://doi.org/10.34248/bsengineering.527684)
- Chen, S. C., Pahlevani, A. H., Malíková, L., Riina, R., Thomson, F. J., Giladi, I. 2019. Trade-off or coordination? Correlations between ballochorous and myrmecochorous phases of diplochory. *Functional Ecology*. doi: [10.1111/1365-2435.13353](https://doi.org/10.1111/1365-2435.13353)
- Ciccarelli, D., Andreucci, A. C., Pagni, A. M. and Garbari, F. 2005. Structure and development of the elaiosome in *Myrtus communis* L.(Myrtaceae) seeds. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 200: 4, 326-331. doi: [10.1016/j.flora.2004.12.004](https://doi.org/10.1016/j.flora.2004.12.004)
- Cuba-Díaz, M., Acuña, D. and Fuentes-Lillo, E. 2019. Antarctic pearlwort (*Colobanthus quitensis*) populations respond differently to pre-germination treatments. *Polar Biology*, 1-7. doi: [0.1007/s00300-019-02505-4](https://doi.org/10.1007/s00300-019-02505-4)
- Çavuşoğlu, K., Kılıç, S., Kabar, K. 2007. Arpa tohumlarının çimlenmesi sırasında gibberellik asit,kinetin ve etilen ile tuz stresinin hafifletilmesinde bazı morfolojik ve anatomik gözlemler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 2:1, 27-40..
- Darrudi, R., Hassandokht, M. R., Nazeri, V. 2015. Effects of moist

stratification, GA₃ and seed age on seed germination of *Rheum khorasanicum* B. Baradaran & A. Jafari. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2, 4: 168-173. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.07.001>

Davies, P. J. 1995. *Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Kluwer Academic Publishers, 13-38, The Netherlands, Dordrecht.

El-Keblawy, A., Soliman, S., Al-Khoury, R., Ghauri, A., Al Rammah, H., Hussain, S. E, Rashid, S. and Manzoor, Z. 2019. Effect of maturation conditions on light and temperature requirements during seed germination of *Citrullus colocynthis* from the Arabian Desert. *Plant Biology*, 21: 2, 292-299. doi: /10.1111/plb.12923

Fernandes, T. V., Paolucci, L. N., Carmo, F. M., Sperber, C. F. and Campos, R. I. 2018. Seed manipulation by ants: disentangling the effects of ant behaviours on seed germination. *Ecological Entomology*, 43: 6, 712-718. doi: /10.1111/een.12655

Feyhan, N. A., Mohammed, N. K., Ahmed, H. A., Majeed, M. A., AL-Rawi, A. S. and Hamza, J. H. 2019. Effect of deteriorated seed soaking with different concentrations of gibberellin (GA₃) on germination and seedling growth of two oat (*Avena sativa* L.) cultivars. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 19: 1, 111-117.

Foti, C., Khah, E. M. and Pavli, O. I. 2019. Germination profiling of lentil genotypes subjected to salinity stress. *Plant Biology*, 21:3, 480-486. doi: 10.1111/plb.12714

Finch-Savage, W. E. and Leubner-Metzger, G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*, 171:3, 501-523. doi: [10.1111/j.1469-8137.2006.01787.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01787.x)

Gallagher, R. S. and Cardina, J. 1998. Phytochrome-mediated *Amaranthus* germination I: effect of seed burial and germination temperature. *Weed Science*, 46:1, 48-52.

Graeber, K. A. I., Nakabayashi, K., Miatton, E., Leubner-Metzger, G. and Soppe, W. J. 2012. Molecular mechanisms of seed dormancy. *Plant, Cell & Environment*, 35:10, 1769-1786. doi:[10.1111/j.1365-3040.2012.02542.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2012.02542.x)

Groot, S. P., Kieliszewska-Rokicka, B., Vermeer, E. and Karssen, C. M. 1988. Gibberellin-induced hydrolysis of endosperm cell walls in gibberellin-deficient tomato seeds prior to radicle protrusion. *Planta*, 174:4, 500-504.

Heger T, Nikles G, Jacobs BS. 2018. Differentiation in native as well as introduced ranges: germination reflects mean and variance in cover of surrounding vegetation. *AoB Plants* 10 (1), 1-12. doi: [/10.1093/aobpla/ply009](https://doi.org/10.1093/aobpla/ply009)

Hesse, E. and Pannell, J. R. 2011. Sexual dimorphism in a dioecious population of the wind-pollinated herb *Mercurialis annua*: the interactive effects of resource availability and competition. *Annals of Botany*, 107:6, 1039-1045. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr046>

Iglesias, R. G. and Babiano, M. J. 1997. Endogenous abscisic acid during the germination of chickpea seeds. *Physiologia Plantarum*, 100:3, 500-504. doi: [10.1111/j.1399-3054.1997.tb03054.x](https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1997.tb03054.x)

Karakurt, H., Aslantaş, R. ve Eşitken, A. 2010. Tohum çimlenmesi ve bitki büyümesi üzerinde etkili olan çevresel faktörler ve bazı ön uygulamalar. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24: 2, 115-128.

Katifori, E., Alben, S., Cerda, E., Nelson, D. R. and Dumais, J. 2010. Foldable structures and the natural design of pollen grains. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107:17, 7635-7639. doi: [10.1073/pnas.0911223107](https://doi.org/10.1073/pnas.0911223107)

Li, Q., Yang, A. and Zhang, W. H. 2019. Higher endogenous bioactive gibberellins and α -amylase activity confer greater tolerance of rice seed germination

to saline-alkaline stress. *Environmental and Experimental Botany*, 162, 357-363. doi: 10.1016/j.envexpbot.2019.03.015.

Lisci, M., Tanda, C. and Pacini, E. (1994). Pollination ecophysiology of *Mercurialis annua* L.(Euphorbiaceae), an anemophilous species flowering all year round. *Annals of Botany*, 74:2, 125-135. doi:10.1006/anbo.1994.1102

Lisci, M., Bianchini, M. and Pacini, E. 1996. Structure and function of the elaiosome in some angiosperm species. *Flora*, 191: 2, 131-141. doi: [10.1016/S0367-2530\(17\)30704-1](https://doi.org/10.1016/S0367-2530(17)30704-1)

Lisci, M. and Pacini, E. 1997. Fruit and seed structural characteristics and seed dispersal in *Mercurialis annua* L.(Euphorbiaceae). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 66:3-4, 379-386. doi: [10.5586/asbp.1997.047](https://doi.org/10.5586/asbp.1997.047)

MacMillan, J. 2001. Occurrence of gibberellins in vascular plants, fungi, and bacteria. *Journal of Plant Growth Regulation*, 20:4, 387-442. [doi:10.1007/s00344-003-0004-0](https://doi.org/10.1007/s00344-003-0004-0).

Magyar, L. 2003. Study on the biology, chemical weed management and the spread of annual mercury (*Mercurialis annua* L.) Doctoral Dissertation, University of Veszprém Georgikon Faculty of Agricultural Sciences Institute of Plant Protection Department of Herbology, Keszthely

Marques, A. R., Atman, A. P., Silveira, F. A. and de Lemos-Filho, J. P. 2014. Are seed germination and ecological breadth associated? Testing the regeneration niche hypothesis with bromeliads in a heterogeneous neotropical montane vegetation. *Plant Ecology*, 215: 5, 517-529. doi: 10.1007/s11258-014-0320-4

Matamoro-Vidal, A., Raquin, C., Brisset, F., Colas, H., Izac, B., Albert, B. and Gouyon, P. H. 2016. Links between morphology and function of the pollen wall: an experimental approach. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 180: 4, 478-490. [doi:10.1111/boj.12378](https://doi.org/10.1111/boj.12378).

Meiado, M. V., Rojas-Aréchiga, M., de Siqueira-Filho, J. A. and Leal, I. R. 2016. Effects of light and temperature on seed germination of cacti of Brazilian ecosystems. *Plant Species Biology*, 31: 2, 87-97. doi: [/10.1111/1442-1984.12087](https://doi.org/10.1111/1442-1984.12087)

Mérai, M., Graeber, K., Wilhelmsson, P., Ullrich, K.K., Arshad, V., Grosche, C., Tarkowská, D., Turečková, V., Strnad, M., Rensing, S. A., Leubner-Metzger, G. and Scheid, O. M. 2019. *Aethionema arabicum*: a novel model plant to study the light control of seed germination. *Journal of Experimental Botany*. doi:10.1093/jxb/erz146

Miransari, M. and Smith, D. L. 2014. Plant hormones and seed germination. *Environmental and Experimental Botany*, 99, 110–121. [doi:10.1016/j.envexpbot.2013.11.005](https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.11.005)

Misra N. and Dwivedi U. N. 2004. Genotypic difference in salinity tolerance of green gram cultivars. *Plant Science*. 166: 5, 1135–1142. [doi:10.1016/j.plantsci.2003.11.028](https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2003.11.028)

Ogawa, M., Hanada, A., Yamauchi, Y., Kuwahara, A., Kamiya, Y. and Yamaguchi, S. 2003. Gibberellin biosynthesis and response during *Arabidopsis* seed germination. *The Plant Cell*, 15:7, 1591-1604. doi: [doi:10.1105/tpc.011650](https://doi.org/10.1105/tpc.011650)

Okagami, N. and Terui, K. 1996. Differences in the rates of metabolism of various triacylglycerols during seed germination and the subsequent growth of seedlings of *Dioscorea tokoro*, a perennial herb. *Plant and Cell Physiology*, 37: 3, 273-277. doi: [/10.1093/oxfordjournals.pcp.a028942](https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a028942)

Orlofsky, E., Kozhoridze, G., Lyubenova, L., Ostrozhenkova, E., Winkler, J., Schröder, P., Bacher, A., Eisenreich, W., Guy, M. and Golan-Goldhirsh, A. 2016. Sexual dimorphism in the response of *Mercurialis annua* to stress. *Metabolites*, 6:2,

13. [doi:10.3390/metabo6020013](https://doi.org/10.3390/metabo6020013)

Ortega-Baes, P. and Rojas-Aréchiga, M. 2007. Seed germination of *Trichocereus terscheckii* (Cactaceae): light, temperature and gibberellic acid effects. *Journal of Arid Environments*, 69:1, 169-176. [doi:10.1016/j.jaridenv.2006.09.009](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.09.009)

Pacini, E. 1990. *Mercurialis annua* L.(Euphorbiaceae) seed interactions with the ant *Messor structor* (Latr.), Hymenoptera: Formicidae. *Acta Botanica Neerlandica*, 39:3, 253-262. [doi:10.1111/j.1438-8677.1990.tb01395.x](https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1990.tb01395.x)

Pacini, E. 1996. Types and meaning of pollen carbohydrate reserves. *Sexual Plant Reproduction*, 9:6, 362-366. [doi:10.1007/BF02441957](https://doi.org/10.1007/BF02441957)

Pacini, E., Franchi, G. G., Lisci, M. and Nepi, M. 1997. Pollen viability related to type of pollination in six Angiosperm species. *Annals of Botany*, 80:1, 83-87. [doi:10.1006/anbo.1997.0421](https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0421)

Paleg, L., Aspinall, D., Coombe, B. and Nicholls, P. 1964. Physiological effects of gibberellic acid. VI. Other gibberellins in three test systems. *Plant Physiology*, 39: 2, 286-290.

Parvin, P., Khezri, M., Tavasolian, I., Hosseini, H. 2015. The effect of gibberellic acid and chilling stratification on seed germination of eastern black walnut (*Juglans nigra* L.). *Journal of Nuts*. 6(1), 67-76.

Perveen, S., Yousaf, M., Mushtaq, M. N., Sarwar, N., Khaliq, A. and Hashim, S. 2019. Selective bioherbicidal potential of *Delonix regia* allelopathic leaf extract on germination and seedling growth of field bindweed and wheat. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17:1, 511-519.

Pujol, B., Mühlen, G., Garwood, N., Horoszowski, Y., Douzery, E. J. and McKey, D. 2005. Evolution under domestication: contrasting functional morphology of seedlings in domesticated cassava and its closest wild relatives. *New Phytologist*, 166:1, 305-318. doi: 10.1111/j.1469-8137.2004.01295.x

Radcliffe-Smith, A. 1982. *Mercurialis* L. in Davis, P. H. (ed.). *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*. Vol..7. Edinburgh University Press. 569-570, Edinburgh.

Rajjou, L., Duval, M., Gallardo, K., Catusse, J., Bally, J., Job, C. and Job, D. 2012. Seed germination and vigor. *Annual Review of Plant Biology*, 63, 507-533. [doi:10.1146/annurev-arplant-042811-105550](https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105550)

Ranal, M. A. and De Santana, D. G. 2006. How and why to measure the germination process?. *Brazilian Journal of Botany*, 29:1, 1-11. [doi:10.1590/S0100-84042006000100002](https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002)

Redondo, S., Rubio-Casal, A. E., Castillo, J. M., Luque, C. J., Alvarez, A. A., Luque, T. and Figueroa, M. E. 2004. Influences of salinity and light on germination of three *Sarcocornia* taxa with contrasted habitats. *Aquatic Botany*, 78:3, 255-264. doi: 10.1016/j.aquabot.2003.11.002

Rubio-Casal, A.E., Castillo, J.M., Luque, C.J and Figueroa, M.E. 2003. Influence of salinity on germination and seeds viability of two primary colonizers of Mediterranean salt pans. *Journal of Arid Environments*, 53:2, 145-154. [doi:10.1006/jare.2002.1042](https://doi.org/10.1006/jare.2002.1042)

Saad, S. I. and El-Ghazaly, G. 1988. Pollen morphology of some species of Euphorbiaceae. *Grana*, 27:3, 165-175. [doi: 10.1080/00173138809428924](https://doi.org/10.1080/00173138809428924).

Satyanti, A., Guja, L. K. and Nicotra, A. B. 2019. Temperature variability drives within-species variation in germination strategy and establishment characteristics of an alpine herb. *Oecologia*, 189: 2, 407-419. doi: /10.1007/s00442-018-04328-2

Shen, T., Liang, D., Wang, X., Lv, X., Wang, J. and Xia, H. 2019. Effect of

melatonin on the breaking dormancy of kiwifruit seeds. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 237:5, 52-73. IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/237/5/052073

Sivritepe, H. Ö. 2011. Tohum canlılığının değerlendirilmesi. *Alatarım*, 10: 2, 94-105.

Small, C. C., Degenhardt, D. and McDonald, T. 2019. Plant growth regulators for enhancing albertanative grass and forb seed germination. *Ecological Engineering: X*, doi: [10.1016/j.ecoena.2019.100003](https://doi.org/10.1016/j.ecoena.2019.100003)

Steinbrecher, T. and Leubner-Metzger, G. 2018. Tissue and cellular mechanics of seeds. *Current Opinion in Genetics & Development*, 51, 1-10. doi: [10.1016/j.gde.2018.03.001](https://doi.org/10.1016/j.gde.2018.03.001)

Surki, A. A., Hosseini, Z., Fallah, S. 2019. Effect of stratification and its combination with gibberellic acid on seed dormancy breaking of *Echinophora platyloba*. *Iranian Journal of Seed Research*, 5(2): 91-104. DOI: 10.29252/yujs.5.2.91

Szárnyas, I. 2000. Biology, damage and possibilities of protection of some summer annual weeds – annual mercury (*Mercurialis annua* L.), redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.), common lamb's-quarters (*Chenopodium album* L.)-occurring in sugar-beet. Doctoral Dissertation, University of Veszprém, Georgikon Faculty of Agricultural Sciences Institute of Plant Protection Department of Herbology, Keszthely.

Szibor, R., Schubert, C., Schoning, R., Krause, D. and Wendt, U. 1998. Pollen analysis reveals murder season. *Nature*, 395, 449–450. doi: [10.1038/26646](https://doi.org/10.1038/26646)

Taiz, L. ve Zeiger, E. 2008. *Bitki Fizyolojisi*. (Çev. İ. Türkan). Palme Yayıncılık. (2002), 375-402, Ankara.

Takahashi, M., Nowicke, J. W., Webster, G. L., Orli, S. S., Yankowski, S. (2000). Pollen morphology, exine structure, and systematics of Acalyphoideae (Euphorbiaceae), part 3: Tribes Epiprineae (*Epiprinus*, *Symphyllia*, *Adenochlaena*, *Cleidiocarpon*, *Koilolepas*, *Cladogynos*, *Cephalocrotonopsis*, *Cephalocroton*, *Cephalomappa*), Adelieae (*Adelia*, *Crotonogynopsis*, *Enriquebeltrania*, *Lasiocroton*, *Leucocroton*), Alchorneae (*Orfilea*, *Alchornea*, *Coelebogyne*, *Aparisthmium*, *Bocquillonia*, *Conceveiba*, *Gavarretia*), Acalypheae pro parte (*Ricinus*, *Adriana*, *Mercurialis*, *Leidesia*, *Dysopsis*, *Wetria*, *Cleidion*, *Sampantaea*, *Macaranga*.. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 110: 1-2, 1-66. doi: [10.1016/S0034-6667\(99\)00061-5](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(99)00061-5)

Tilki, F. 2005. Katlama işlemi, saklama ve sıcaklığın *Fraxinus ornus* L. tohumunun çimlenmesi üzerine etkisi. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6: 2, 191-195.

Tlig, T., Gorai, M. and Neffati, M. 2008. Germination responses of *Diplotaxis harra* to temperature and salinity. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 203:5, 421-428. doi: [10.1016/j.flora.2007.07.002](https://doi.org/10.1016/j.flora.2007.07.002)

Tonnabel, J., David, P., Klein, E. K. and Pannell, J. R. 2019. Sex-specific selection on plant architecture through ‘budget’ and ‘direct’ effects in experimental populations of a wind-pollinated herb. *Evolution* 73:5, 897–912. <https://doi.org/10.1111/evo.13714>

USDA (United States of Department of Agriculture Animal and Plant Health Inspection

Service. Version 1), 2016. Weed risk assessment for *Mercurialis annua* L. (Euphorbiaceae)-Annual mercury.

Ünal, O., Gökceoğlu, M. ve Topcuoğlu, Ş. F. 2004. Antalya endemiği

Origanum türlerinin tohum çimlenmesi ve çelikle çoğaltılması üzerinde araştırmalar. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17:2, 135-147.

Ünyayar, S. 1995. *Phanerochaete chrysosporium* ME446'da kültür periyoduna bağlı olarak indol-3-asetik asit (IAA), gibberellik asit (GA₃), absisik asit (ABA) ve zeatin üretimi ve biyolojik aktivitelerinin tayini. Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 163, Malatya.

Vardar, Y. 1983. Bitki Fizyolojisi Dersleri II. E.Ü. Fen Fak. Baskı İşleri, 221, İzmir.

Volkova, O. A., Severova, E. E. and Polevova, S. V. 2013. Structural basis of harmomegathy: evidence from Boraginaceae pollen. *Plant Systematics and Evolution*, 299:9, 1769-1779. doi: 10.1007/s00606-013-0832-8

Weitbrecht, K., Müller, K. and Leubner-Metzger, G. 2011. First off the mark: early seed germination. *Journal of Experimental Botany*, 62:10, 3289-3309. doi: 10.1093/jxb/err030

Xu, X., Wolfe, L., Diez, J., Zheng, Y., Guo, H. and Hu, S. 2019. Differential germination strategies of native and introduced populations of the invasive species *Plantago virginica*. *NeoBiota*, 43, 101-118. doi:10.3897/neobiota.43.30392

Yamaguchi, S. 2008. Gibberellin metabolism and its regulation. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 225-251. doi:10.1146/annurev.arplant.59.032607.092804

Yıldız, M., Kasap, E. ve Konuk, M. 2007. Tuzluluk, sıcaklık ve ışığın tohum çimlenmesi üzerine etkileri. *Afyon Kocatepe University Journal of Science*, 7: 1, 225-243.

Zhang, H., Irving, L. J., McGill, C., Matthew, C., Zhou, D. and Kemp, P. 2010. The effects of salinity and osmotic stress on barley germination rate: sodium as an osmotic regulator. *Annals of Botany*, 106:6, 1027-1035. doi:10.1093/aob/mcq204

URL 1. http://plantphys.info/plants_human/seedgerm.shtml (erişim tarihi: 29.5.2019)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyad : Mehtap BOYRAZ
Doğum Yeri ve Tarihi : Sivas / 10.10.1978
E-Posta : mboyraz55@yahoo.com
Yabancı Dili :İngilizce

Eğitim Durumu

Lise: : Selçuk Anadolu Lisesi (1996)
Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Fen Edebiyat Fakültesi
Biyoloji Bölümü (2000)
Yüksek Lisans : Ondokuzmayıs Üniversitesi
Fen Edebiyat Fakültesi
Biyoloji Bölümü
Botanik Anabilim Dalı (2015/2019)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Final Dergisi Dersanesi (2004-2007)
Sınav Dergisi Dersanesi (2007-2014)
Vezirköprü Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi (2014-2017)
Havza Şehit Recep Şahin Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi (2017-....)

Yayınlar:

Boyraz, M., Korkmaz, H., Durmaz, A. 2019. Tohumda dormansi ve çimlenme. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 2 (3), 92-105. doi: 10.34248/bsengineering.527684