



**T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**ÇAY FİDANI YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TOHUM VE ÇELİK
KULLANMANIN KÖK GELİŞİMİ VE FİDAN KALİTESİ
ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Gizem ÖZTÜRK

**Danışman
Prof. Dr. Keziban YAZICI**

**RİZE
2025**

KABUL VE ONAY

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalında, Prof. Dr. Keziban YAZICI danışmanlığında, Gizem ÖZTÜRK tarafından hazırlanan *Çay Fidanı Yetiştiriciliğinde Tohum ve Çelik Kullanmanın Kök Gelişimi ve Fidan Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi* adlı bu tez çalışması, 26/08/2025 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliğiyle/oy çokluğuyla başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı, Adı SOYADI	İmza
Başkan	: Prof. Dr. Keziban YAZICI	
Üye	: Prof. Dr. Ali İSLAM	
Üye	: Doç. Dr. Ümmü Özgül KARAGÜZEL	

ETİK BEYAN

Bahçe Bitkileri Tezli Yüksek Lisans Programından mezun olmak üzere teslim ettiğim “Çay Fidanı Yetiştiriciliğinde Tohum ve Çelik Kullanmanın Kök Gelişimi ve Fidan Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi” adlı tezim, bilim ve araştırma etiği prensiplerine riayet edilerek tarafımdan yazılmıştır.

Tez çalışmamda, başka kaynaklardan aktarılan bütün bilgi ve alıntılar, Enstitünüz Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak açıkça gösterilmiştir. Kaynağı gösterilenler dışında kalan bütün bilgiler uygun araştırma yöntemi kullanılarak tarafımdan edinilmiş ve esere bu şekilde yansıtılmıştır. Şahsıma ait olmayan hiçbir bilgi, kasıt veya kusurlar, şahsıma aitmiş gibi gösterilmemiştir. İnternet kaynakları dâhil, sahibine/kaynağına atıf yapılmaksızın hiçbir bilgi kullanılmamıştır. Aksinin ortaya çıkması halinde doğacak bütün hukuki, idari, akademik ve etik sorumluluk tarafıma ait olacaktır. Eserin tesliminden sonra herhangi bir zamanda, bilim etiğine aykırılık tespit edilmesi ve / veya eserimle ilgili intihal veya intihal şeklinde anlaşılabilecek bir durumun ortaya çıkması halinde; Üniversiteniz ve eğitim kadronuzun hiçbir şekilde sorumlu tutulmayacağını hür irademle kabul, beyan ve taahhüt ederim.

26/08/2025

Gizem ÖZTÜRK

ÖN SÖZ

Bu tez çalışması, çay fidanı üretiminde tohum ve çelikle çoğaltma yöntemlerinin kök gelişimi ve fidan kalitesi üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak ele almak amacıyla hazırlanmıştır. Çalışmanın temel amacı, geleneksel uygulamalarla sınırlı kalan üreticilere, modern ve bilimsel temellere dayalı bir araştırma sunarak, çelikle çoğaltma yönteminin sahip olduğu potansiyeli somut verilerle ortaya koymaktır.

Tez sürecimin her aşamasında bilgi ve tecrübesiyle yolumu aydınlatan, bilimsel titizliği, sabrı ve yönlendirmeleriyle bana rehberlik eden kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Keziban YAZICI'ya en derin şükranlarımı sunarım. Onun akademik disiplini ve ilham verici yaklaşımı, sadece bu tez çalışmasında değil, aynı zamanda mesleki bakış açımın şekillenmesinde de önemli bir rol oynamıştır. Tez savunmam sürecinde değerli zamanlarını ayırarak kıymetli görüşleriyle tezime katkıda bulunan Prof. Dr. Ali İSLAM ve Doç. Dr. Ümmü Özgül KARAGÜZEL hocalarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca arazi ve laboratuvar süreçlerinde bana destek olup yol gösteren çalışma arkadaşlarım Arş. Gör. Dr. Burcu GÖKSU KARAOĞLU ve Öğr. Gör. Songül YILDIZ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Emeklerinin karşılığını asla ödeyemeyeceğim, yanımda olmadıkları zamanlarda bile desteklerini her zaman hissettiğim anneme, babama ve kardeşlerim Semanur ve Berkay'a teşekkür ederim.

Son olarak; bu süreçte bana en büyük desteği veren, her zaman yanımda olan, sabrıyla, anlayışıyla ve sevgisiyle bana güç veren kıymetli eşim Göktürk'e de sonsuz teşekkür ederim. Ve tabi varlıkları ile hayatımı güzelleştiren, yorgunluğumu unutturan kıymetlilerim kızım Bilge ve oğlum Baybars, iyi ki varsınız.

Gizem ÖZTÜRK
RİZE/2025

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	I
ETİK BEYAN	II
ÖN SÖZ	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET	VI
ABSTRACT.....	VII
KISALTMALAR	VIII
TABLolar LİSTESİ	IX
ŞEKİLLER LİSTESİ	X
GİRİŞ	1
1. LİTERATÜR ÖZETİ	3
1.1. Çay Bitkisinin Dünya ve Türkiye’deki Yeri ve Ekonomik Önemi	3
1.2. Çay Bitkisinin Morfolojisi, Fizyolojisi ve Yetiştirme Koşulları	11
1.3. Çay Bitkisinde Çoğaltma Yöntemleri	16
1.3.1. Generatif (Tohumla) Çoğaltma	16
1.3.2. Vejetatif (Çelikle) Çoğaltma.....	20
1.4. Çay Fidanlarında Köklenme ile İlgili Yapılan Çalışmalar	23
2. MATERYAL VE YÖNTEM	30
2.1. Materyal	30
2.2. Yöntem	32
2.2.1. Çeliklerin Hazırlanması ve Dikimi.....	32
2.2.2. Tohumların Hazırlanması ve Ekim İşlemleri	33
2.2.3. Yapılan Ölçüm ve Gözlemler	34
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	37
3.1. Tohumla Çoğaltmada Köklenme Süreçleri	37
3.2. Çelikle Çoğaltmada Köklenme Süreçleri.....	38
3.3. Köklenme Oranı (%).....	40
3.4. Kök Gelişim Düzeyleri	42
3.5. Fidan Kalitesi	45
3.6. Gövde Kalınlığı (mm).....	46

3.7. Sürgün Uzunluğu (cm).....	48
3.8. Kök Ağırlığı (gr)	51
3.9. Kök uzunluğu (cm)	52
4. SONUÇ.....	55
KAYNAKÇA.....	58



Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Anabilim Dalı : Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı
Tez Türü : Yüksek Lisans Tezi
Danışman : Prof. Dr. Keziban YAZICI
Hazırlayan : Gizem ÖZTÜRK
Yıl : 2025
Sayfa Sayısı : 67

ÖZET

**ÇAY FIDANI YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TOHUM VE ÇELİK KULLANMANIN
KÖK GELİŞİMİ VE FIDAN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Çay bitkisi (*Camellia sinensis* L.) Türkiye’de özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi’nde hem ekonomik hem de ekolojik açıdan önemli bir tarım ürünüdür. Ancak ülkemizdeki çay bahçelerinin büyük bölümü tohumla üretilmiş fidanlarla kurulmuştur. Bu durum, genetik çeşitliliği artırmakla birlikte bahçelerde homojenliği azaltmakta; dolayısıyla verim ve kalite üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır. Oysa dünya genelinde çay tarımında yaygın olarak kullanılan vejetatif (klonal) çoğaltma yöntemleri, daha standart, yüksek verimli ve kaliteli bahçelerin kurulmasına olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada, çelikle ve tohumla üretim yöntemleri karşılaştırılarak, köklenme başarısı ve fidan kalitesi bakımından benzerlik ve farklılıkları ortaya konulmuştur. Araştırmada, biri Çin, biri Japon menşeli, biri ÇAYKUR’un tescilli yerli çeşidi ve 5 tanesi de TÜBİTAK 1007 projesinden elde edilmiş genotipler olmak üzere toplam sekiz farklı çay çeşit ve genotipi materyal olarak kullanılmıştır. Her genotip için 48 adet çelik ve 48 adet tohum olmak üzere toplam 768 adet fidan üretilmiştir.

Çelik üretiminde yaprak göz çelikleri kullanılmış; budama sonrası alınan çelikler, torf/vermikülit (3:1 oranında) karışımı içeren ortama 4000 ppm IBA hormonu uygulanarak viyollere dikilmiştir. Aynı şekilde, olgunlaşan tohumlar da benzer koşullarda viyollere ekilmiştir. Tüm fidanlarda köklenme oranı, sürgün gelişimi ve genel fidan kalitesi düzenli aralıklarla izlenmiş ve değerlendirilmiştir. İstatistiksel analizler sonucunda, tohumla çoğaltmanın kök gelişimi, sürgün uzunluğu ve biyokütle açısından bazı üstünlükler gösterdiği; buna karşın çelikle çoğaltmanın fidan kalitesi ve bazı genotiplerde kök gelişiminde daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Özellikle 28 Tİ 09 ve 53 ME 265 genotiplerinin birçok özellik bakımından öne çıktığı saptanmıştır. Sonuç olarak, çelikle üretimin kök gelişimi ve fidan kalitesi açısından tohumla üretime benzer düzeyde başarı sağladığı görülmüştür. Bu bulgular, Türkiye’de yaşanan ve verimliliği azalan çay bahçelerinin üstün nitelikli klonal fidanlarla yenilenmesine katkı sağlayacak niteliktedir. Ayrıca, üreticilerin ve fidan yetiştiricilerinin çelikle üretime yönelmesini teşvik ederek, çay tarımında sürdürülebilir verim ve kalite artışına zemin hazırlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Camellia sinensis* L., Çelikle Çoğaltım, Tohumla Üretim, Fidan Kalitesi, Köklenme Oranı.

Recep Tayyip Erdogan University Institute of Graduate Studies

Department : Department of Horticulture
Thesis Type : Master Thesis
Supervisor : Prof. Dr. Keziban YAZICI
Author : Gizem ÖZTÜRK
Year : 2025
Pages : 67

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE EFFECTS OF USING SEEDS AND CUTTINGS IN TEA SAPLING CULTIVATION ON ROOT DEVELOPMENT AND SAPLING QUALITY

The tea plant (*Camellia sinensis* L.) is an agriculturally and ecologically important crop in Türkiye, particularly in the Eastern Black Sea Region. However, most of the tea plantations in the country have been established using saplings propagated from seeds. While this approach increases genetic diversity, it also reduces homogeneity within plantations, thereby negatively affecting yield and quality. In contrast, vegetative (clonal) propagation methods, which are widely used in global tea cultivation, allow for the establishment of more uniform, high-yielding, and high-quality plantations.

In this study, seed and cutting propagation methods were compared to reveal their similarities and differences in terms of rooting success and sapling quality. A total of eight tea cultivars and genotypes were used as plant materials: one of Chinese origin, one of Japanese origin, one registered local cultivar developed by ÇAYKUR, and five genotypes obtained from the TÜBİTAK 1007 project numbered 118G038. For each genotype, 48 cuttings and 48 seeds were used, resulting in a total of 768 saplings.

In cutting propagation, single-node leafy cuttings obtained after pruning were used. These cuttings were treated with 4000 ppm IBA hormone and planted in trays containing a peat/vermiculite mixture (3:1 ratio). Similarly, mature seeds were sown in trays under the same conditions. Rooting rate, shoot development, and overall sapling quality were regularly monitored and evaluated for all saplings. Statistical analyses showed that seed propagation exhibited certain advantages in root development, shoot length, and biomass; however, cutting propagation produced better results in sapling quality and root development for some genotypes. Particularly, genotypes 28 Tİ 09 and 53 ME 265 stood out in many traits.

As a result, cutting propagation was found to achieve a similar level of success to seed propagation in terms of root development and sapling quality. These findings are of great significance for the renewal of aging and low-yielding tea plantations in Türkiye with superior clonal saplings. Furthermore, by encouraging producers and nursery growers to adopt cutting propagation, these results can pave the way for sustainable improvements in tea yield and quality.

Keywords: *Camellia sinensis* L., Vegetative Propagation, Seed Propagation, Sapling Quality, Rooting Rate.

KISALTMALAR

IBA	:	İndol bütirik asit
NAA	:	Naftalen asetik asit
IAA	:	İndol asetik asit
Ort	:	Ortalama
cm	:	Santimetre
mm	:	Milimetre
g	:	Gram
da	:	Dekar
ha	:	Hektar
GA ₃	:	Giberellik asit
ICA	:	İndol-3-karboksilik asit
ABA	:	Absisik asit
tZ	:	Trans-Zeatin
JA	:	Jasmonik asit

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Dünya Çay Üretim Alanları	8
Tablo 2. Çelik ve tohum ile çoğaltılan bitkilerin köklenme oranları (%)	41
Tablo 3. Çelik ve tohum ile çoğaltılan bitkilerin kök gelişim düzeyleri (1-5)	43
Tablo 4. Çelik ve tohum ile çoğaltılan bitkilerin fidan kalitesi (1-5)	45
Tablo 5. Çelik ve tohum ile çoğaltılan bitkilerin gövde kalınlığı (mm)	48
Tablo 6. Çelik ve tohum ile çoğaltılan bitkilerin sürgün uzunluğu (cm)	49
Tablo 7. Çelik ve tohum ile çoğaltılan bitkilerin kök ağırlığı (gr)	52
Tablo 8. Çelik ve tohum ile çoğaltılan bitkilerin kök uzunluğu (cm)	53



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Çayın anavatanı	3
Şekil 2. Rusya'dan sandıklarla getirilen ilk parti çay tohumu ve fidanları	4
Şekil 3. Çay yetiştiriciliği yapılan ülkeler	5
Şekil 4. Dünya yaş çay üretim miktarları	6
Şekil 5. Türkiye'de çay yetiştiriciliği yapılan sahalara	7
Şekil 6. Dünya kuru çay üretim miktarı	8
Şekil 7. Ülkelere göre yaş çay üretimi ve verimlilik karşılaştırması.....	9
Şekil 8. Yıllara göre Türkiye'de çay verimi	9
Şekil 9. Çin Çayı (sol) ve Assam Çayı (sağ)	11
Şekil 10. Çayın morfolojisi.....	13
Şekil 11. Sıcaklık artışının çay verimine etkisi.....	14
Şekil 12. Çay meyvesi (sol), tohumu (orta) ve çimlenmiş ve sürmüş tohum (sağ)...	18
Şekil 13. Çelik alınacak bir çay ocağı	20
Şekil 14. Tek gözlü yaprak çeliklerin alınması.....	21
Şekil 15. Çeliklerin viyollere dikilmesi.....	22
Şekil 16. Materyal olarak kullanılan 8 genotipte budama sonrası sürgün gelişimi ...	31
Şekil 17. Çay sürgünlerinin alınması.....	32
Şekil 18. Ortam pH'sının ölçülerek, yaprak-göz çeliği alınması ve çeliklerin viyollere dikilmesi.....	33
Şekil 19. Tohumların ekilmesi ve sulama işlemleri.....	34
Şekil 20. Çayda tohum (sol) ve çelik (sağ) ile üretilen küçük fidanlarda cetvelle sürgün ve kök boyunun ölçülmesi	35
Şekil 21. Çayda gövde kalınlığının kumpasla ölçülmesi.....	35
Şekil 22. Çelik (üst) ve tohumda (alt) kök gelişim düzey skala değerleri.....	36
Şekil 23. Tohumun çimlenme aşamaları.....	37
Şekil 24. Çelik üzerinde kallus oluşumları	38
Şekil 25. Çeliklerde köklenme ve sürgün oluşum aşamaları	39
Şekil 26. Çelikle (a) ve tohumla (b) çoğaltılan çay çeşit ve çeşit adaylarının kök gelişimleri	44
Şekil 27. Çelikle (a) ve tohumla (b) çoğaltılan çay bitkisinin fidan gelişimleri.....	46

GİRİŞ

Çay bitkisi (*Camellia sinensis* L.), dünya genelinde çokça tüketilen içeceklerden çayın hammaddesini oluşturmaktadır. Bu nedenle de ekonomik ve sosyal değeri yüksek çok yıllık bir kültür bitkisidir. Özellikle Güneydoğu Asya, Çin, Hindistan ve Türkiye gibi ülkelerde geniş tarım alanlarında yetiştirilmekte ve milyonlarca insanın geçim kaynağını oluşturmaktadır. Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yaklaşık 810 bin dekarlık bir alanda çay tarımı yapılmaktadır. Sektör hem iç tüketim hem de ihracat açısından stratejik bir önemde olup, artan tüketim talebine paralel olarak, sağlıklı ve verimli fidanların üretimi, çay tarımının sürdürülebilirliği açısından büyük önem arz etmektedir.

Rize ilimizde çayın yetiştirildiği yaklaşık 100 yıllık süreçte, çay bahçeleri tohum ekimiyle kurula gelmiştir. Oysa günümüzde dünyada çay bahçelerinin yenilenmesinde genetik olarak üstün özelliklere sahip, vejetatif olarak çoğaltılmış klonal fidanlar tercih edilmektedir. Benzer şekilde ülkemizde de Üniversitemiz, ÇAYKUR ve Tarım ve Orman Bakanlığı arasında imzalanan protokoller doğrultusunda çay bahçelerinin bu yöntemle yenilenmesine yönelik çalışmalar başlatılmıştır. Bu araştırma, hâlihazırda tohumla fidan üretiminden vazgeçmek istemeyen üreticilere, çelikle üretilen fidanların da köklenme ve gelişme performanslarının oldukça iyi olduğunu göstermek amacıyla planlanmıştır.

Çay bitkisi çoğunlukla vejetatif üretim yöntemlerinden, çelikle çoğaltılmaktadır. Bu yöntem, anaç bitkinin genetik özelliklerini birebir taşıyan, homojen yapıda ve yüksek kaliteli bireylerin elde edilmesini sağlamaktadır. Öte yandan, generatif üretim yani tohumla çoğaltma, genetik çeşitlilik sağlamak açısından önemlidir ancak tohumdan elde edilen bitkilerde varyasyon fazla olduğu için homojen bahçeler elde edilememektedir. Bu nedenle modern tarımın gerekliliği olan ve tüm dünyada kullanılan vejetatif çoğaltma yöntemlerinin, çay tarımında da benimsenmesi gerekmektedir.

Bitkilerde sağlıklı kök oluşumu, fidan kalitesini doğrudan etkileyen temel bir unsurdur. Çelik ya da tohumdan fidan üretim başarısı; kullanılan ortam, hormon uygulamaları, çeliklerin alınma zamanı, bitki materyalinin fizyolojik durumu ve çevresel etmenler gibi çok sayıda faktörden etkilenmektedir. Özellikle çelikle

Üretimde, oksin türevli köklenme hormonlarının (rneğin IBA ve NAA) uygulanması, adventif kök oluşumunu teşvik etmektedir. Tohumla retimde ise çimlenme ortamı, sıcaklık-nem dengesi ve tohumun olgunluk düzeyi gibi faktörler, başarılı bir kök sisteminin gelişmesi için kritik rol oynamaktadır.

Literatürde ay bitkisinin çelikle kklendirilmesine ilişkin çok sayıda çalışma bulunmakla birlikte, farklı hormon dozlarının, ortam koşullarının ve elik tiplerinin etkileri halen araştırılmaktadır. Tohumla oğaltma üzerine yapılan çalışmalar ise daha sınırlı sayıdadır ve genellikle çimlenme oranlarının belirlenmesine odaklanmıştır. Ancak, tohumdan elde edilen fidanların kök gelişim performansı, ileri aşamalarda kullanılabilirlik açısından önemlidir. Bu bağlamda, elik ve tohum kullanılarak yapılan köklendirme çalışmalarının karşılaştırmalı olarak ele alınması hem bilimsel literatüre katkı sağlamakta hem de üretim uygulamaları açısından yol gösterici olabilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, çay bitkisinde çelikle ve tohumla çoğaltma yöntemlerini karşılaştırmak; bu iki yöntemin köklenme başarısı ve fidan kalitesi üzerindeki etkilerini belirlemektir. Araştırma, fidan üretiminde verimlilik ve kaliteyi artırmaya yönelik uygulamalara bilimsel bir temel oluşturması açısından önem taşımaktadır. Ayrıca, elde edilen bulguların çay tarımının sürdürülebilirliğine katkı sağlayacak nitelikte veriler sunması hedeflenmektedir.

1. LİTERATÜR ÖZETİ

Bu bölümde; çay bitkisinin genel özellikleri ve ekolojik istekleri, dünya ve Türkiye açısından çay yetiştiriciliğindeki önemi, çoğaltım yöntemleri ile köklenme süreçlerine ilişkin yapılan araştırmalar başlıklar hâlinde ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

1.1. Çay Bitkisinin Dünya ve Türkiye’deki Yeri ve Ekonomik Önemi

Çay bitkisi (*Camellia sinensis* L.), kökeni Doğu Asya’ya dayanan ve binlerce yıldır kültürel, tıbbi ve sosyal amaçlarla kullanılan çok yıllık bir bitkidir. İlk olarak Çin’de M.Ö. 2737 yılında, Çin İmparatoru Shen Nong tarafından tesadüfen sıcak suya düşen çay yapraklarının demlenmesiyle keşfedildiğine dair efsaneler bulunmaktadır (Mondal vd., 2004). Tarihi kaynaklar, çayın Çin’de Tang Hanedanlığı döneminde (618–907) günlük yaşamın bir parçası hâline geldiğini ve bu dönemde çay kültürünün sanata dönüştüğünü göstermektedir. 9. yüzyılda Budist rahipler aracılığıyla Japonya’ya, 16. yüzyılda ise Avrupa’ya ulaşmıştır. 19. yüzyılda İngilizler tarafından Hindistan ve Sri Lanka’da büyük çay plantasyonları kurulmuş, böylece çay üretimi Asya’nın diğer bölgelerine ve Afrika’ya yayılmıştır (Ahmed vd., 2014). Şekil 1’de çayın anavatanı gösterilmektedir.



Şekil 1. Çayın anavatanı (Zihnioğlu, 1960)

Çay, antik çağlardan beri sağlıklı bir içecek olarak kabul edilmiş; tıp alanında, diyetlerde ve ritüellerde kullanılmıştır. Çin hem çayın kültürel temsilcisi hem de dünyanın en büyük çay üreticisi ve tüketicisidir (Pan vd., 2023; Tao, 2023; Liu, 2023). 18–30 °C optimum sıcaklık aralığına uyum sağlayan, soğuğa dayanıklı ve uzun ömürlü *Camellia sinensis* türü, 1753 yılında tanımlanmış, 1800’lerden itibaren Assam, Seylan, Rusya ve Hindistan gibi bölgelere yayılmıştır. Hindistan’dan alınan tohumlar 1903’te Kenya’da çay tarımının başlamasını sağlamıştır (Üstün ve Demirci, 2013).

Anadolu, İpek Yolu üzerindeki konumu sayesinde çay ile erken dönemde tanışmıştır. Osmanlı’da ilk çay yetiştiriciliği denemeleri II. Abdülhamit döneminde 1888 ve 1892 yıllarında Bursa’da yapılmış, ancak ekolojik koşullar uygun olmadığından başarısız olmuştur. 1894’te çayın şifalı oluşu ve ekonomik değeri vurgulanmış, tarımı için onay talep edilmiştir (Üstün ve Demirci, 2013).

Türkiye’de çay tarımıyla ilgili ilk ciddi girişim 1917’de Batum’da yapılan inceleme ile başlamış ve Doğu Karadeniz’in çay tarımına uygun olduğu rapor edilmiştir. Bu rapor doğrultusunda, bölgedeki ekonomik sorunların çözümü amacıyla 16 Şubat 1924’te çıkarılan 407 sayılı kanunla Rize ve Borçka’da çay yetiştiriciliği başlatılmış, çalışmaları ise Zihni Derin yürütmüştür. 1924–1937 arasında yapılan denemeler sonucunda Batum’dan çay tohumları ithal edilerek bahçeler kurulmuş, 1938’deki ilk hasatta 138 kg kuru çay elde edilmiştir (Üstün ve Demirci, 2013). Şekil 2 ülkemize Rusya’dan getirilen ilk parti çay tohumlarını ve fidanlarını göstermektedir.



Şekil 2. Rusya’dan sandıklarla getirilen ilk parti çay tohumu ve fidanları (“Çayın serüveni sergiye konu oldu”, 2008)

1991 ile 2010 yılları arasında çay endüstrisi büyük bir büyüme yaşamış ve küresel çay alanı %44 oranında genişlemiştir (Majumder vd., 2010). Ayrıca, kişi başına çay tüketimi son yıllarda %2,5 artmış ve bu durum çay sektöründe önemli bir büyümeyi tetiklemiştir (Xiong vd., 2022). 2023 yılı itibarıyla dünya genelinde 4,9 milyon hektardan fazla alanda çay yetiştirilmektedir (FAO, 2025). Çay tarımı, dünya çay üretiminin %60'ından fazlasının küçük ölçekli üreticiler tarafından gerçekleştirilmesi nedeniyle, düşük gelirli birçok ailenin geçiminde hayati bir rol oynamaktadır. Çay üretimi ayrıca birçok çay üreticisi ülkenin gayrisafi yurt içi hasılasına önemli katkı sağlamakta; çay endüstrisi yıllık yaklaşık 17 milyar ABD doları gelir üretmekte ve buna ek olarak 9,5 milyar ABD doları ihracat geliri elde edilmektedir (FAO, 2022).

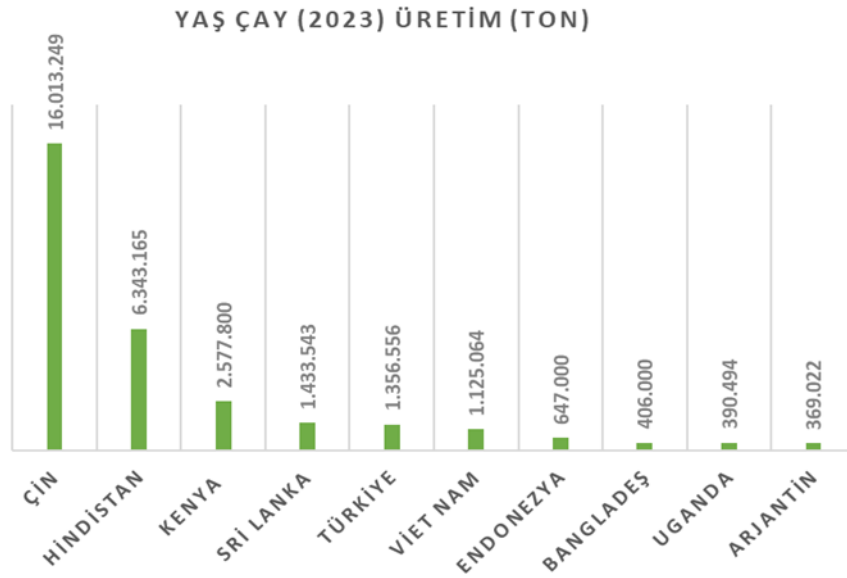
Dünyada en yaygın olarak tüketilen içeceklerden birisi olan ve ayrıca tıbbi özelliklerinin olduğu bilinen çay bitkisi, dünyada 40 kadar ülkede yetiştirilmektedir. Bu ülkeleri gösteren harita Şekil 3'te verilmiştir. Ancak üretimin önemli bölümü Çin, Sri Lanka, Endonezya, Japonya, Hindistan, Türkiye, Tayvan ve Afrika ülkelerinde yapılmakta ve pek çok ülkede önemli bir tarımsal ve ekonomik faaliyet alanı oluşturmaktadır (Üstün ve Demirci, 2013; Hajiboland, 2017; Eröz ve Bozok, 2018; Hazra vd., 2019; Elmas ve Gezer, 2019; Durighello vd., 2021; Aydınbaş, 2024).



Şekil 3. Çay yetiştiriciliği yapılan ülkeler (FAO, 2025)

Dünyada çay üretiminde ilk sırada olan Asya kıtası küresel çay alanlarının %90'ından fazlasını oluşturmakta ve onu Afrika kıtası takip etmektedir. Dünyada son beş yılda yaş çay üretimi %16,1 artarak 2023 yılında 32 milyon tona ulaşmıştır. Çay yetiştiriciliğinin yaklaşık 60 ülkede yapıldığı bilinse de günümüzde yoğun olarak 45 ülkede yapılmaktadır (Hajiboland, 2017; Hazra vd., 2019; Elmas ve Gezer, 2019).

Çin 2023 yılında 16.013.249 ton yaş çay üretimi ile 1. sırada yer almış ve dünya yaş çay üretiminin %48,8'ini gerçekleştirmiştir. Çin'i sırasıyla Hindistan, Kenya, Sri Lanka, Türkiye ve Vietnam takip etmiştir (FAO, 2025). Dünyada en çok çay üreten ülkeleri gösteren grafik Şekil 4'te sunulmuştur. Çin, Hindistan, Kenya, Sri Lanka, Türkiye ve Vietnam dünya çay üretiminin %90'ını gerçekleştirmiştir (Aydınbaş ve Şimşek, 2024). Türkiye 1,3 milyon ton ile beşinci sıradadır (Polat ve Yavuz-Abanoz, 2024a).



Şekil 4. Dünya yaş çay üretim miktarları (FAO, 2025)

Türkiye’de çay tarımı, olağan çay ekolojisinin (tropik ve subtropik iklim kuşaklarının) dışında, 42 derece kuzey enleminde, kuzey doğusu, soğuğu kesen Kafkas sıradağları, güneyi ve doğusu birdenbire yükselen, yükseklikleri 3500 metreye ulaşan ve denizden gelen nemli rüzgarların yağış bırakmalarına neden olan Kaçkar sıradağları ile çevrili, denize açık, kuytu bir mikroklima alanda yapılmaktadır (Polat ve Yavuz-Abanoz, 2024a).

Ülkemizde, Gürcistan sınırından Trabzon'un Araklı-Karadere sınırına kadar olan Karadeniz kıyı şeridi ve 30 km kadar içlere uzanan ve rakımı 1000 m'ye kadar olan alanlar birinci sınıf çay bölgesi olarak adlandırılmaktadır. Trabzon'un Araklı-Karadere sınırından Ordu ilinin Fatsa ilçesine kadar olan alanlar ise ikinci sınıf çay bölgesi olarak adlandırılmaktadır. Birinci sınıf çay bölgesi olarak adlandırılan alanda verim ve kalite daha yüksektir (Özcan ve Yazıcıoğlu, 2013). Bu dağılım bölgesi Şekil 5'te verilmiştir.

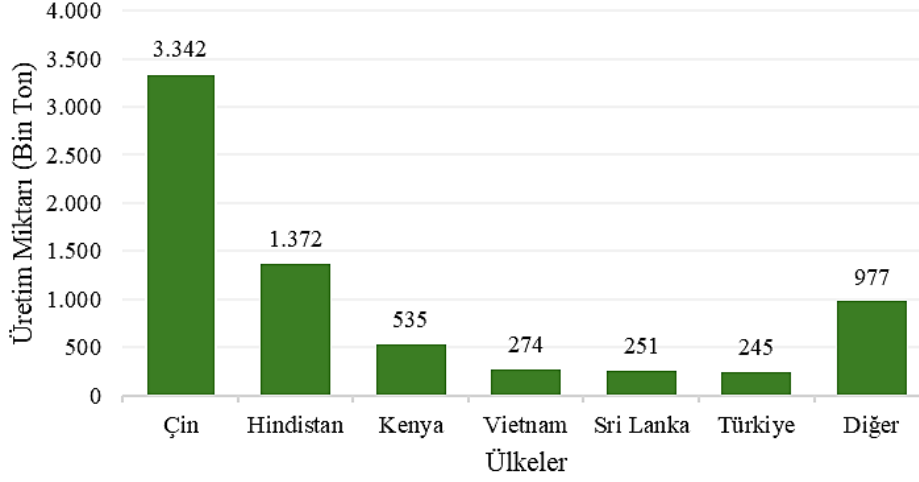


Şekil 5. Türkiye’de çay yetiştiriciliği yapılan sahalara

Türkiye’nin yaş çay üretim miktarı 2015-2023 yılları arasında dalgalanmalar göstermektedir. 2015-2017’de yaklaşık 1,30–1,35 milyon ton düzeyinde seyreden üretim, 2018’de 1,48 milyon tona kadar yükselmiş, sonraki yıllarda 1,30–1,45 milyon ton bandında değişmiştir. 2021’de 1,45 milyon ton ile zirve yapan üretim, 2022’de 1,30 milyon tona gerilemiş, 2024 yılına gelindiğinde ise 1,415 milyon tona ulaşmıştır (TEPGE, 2025).

Şekil 6’da 2022 yılındaki Dünya kuru çay üretimine ait grafik paylaşılmıştır. Buna göre ilgili yılda dünya kuru çay üretiminin 7 milyon ton seviyesine ulaştığı görülmüş; Türkiye’nin ise 245 bin ton kuru çay üretimiyle altıncı sırada yer aldığı tespit edilmiştir. Çin ve Hindistan dünya pazarının %65’inden fazlasını elinde bulundurmaktadır. Türkiye’nin kuru çay üretimi, yüksek verimlilik ve iç tüketime yönelik üretim stratejisi nedeniyle dışa bağımlılığı sınırlı tutmakla birlikte, ihracat kapasitesini kısıtlamaktadır. Türkiye, kişi başı kuru çay tüketiminde dünyada 1. sırada yer almaktadır (TEPGE, 2025).

2022 Dünya Kuru Çay Üretimi



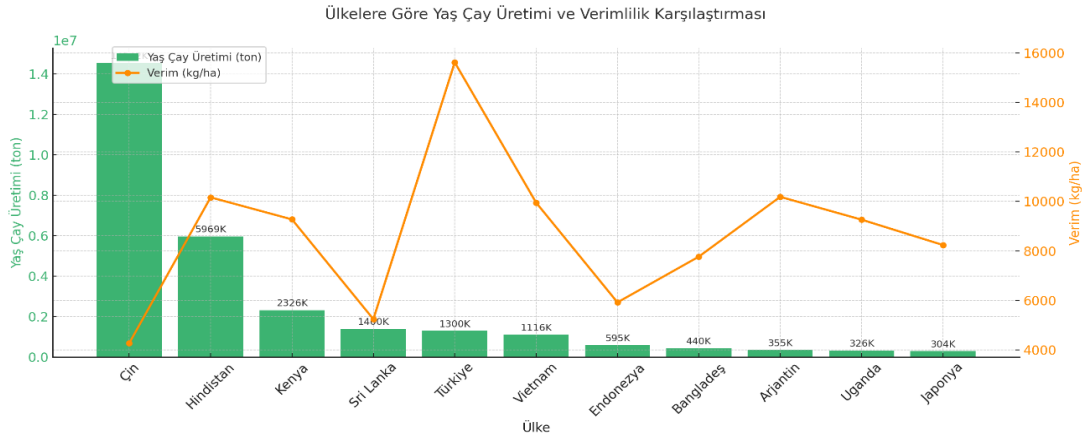
Şekil 6. Dünya kuru çay üretim miktarı (TEPGE, 2025)

Tablo 1’de 2023 yılı için dünyadaki çay üretim alanlarının ülkelere göre dağılımı verilmiştir. Buna göre dünyadaki toplam çay üretim alanı yaklaşık 4,9 milyon hektardır ve bu alanın yaklaşık %61’ü Çin, %12,8’i Hindistan’a aittir. Türkiye’nin toplam çay alanı ise 79 bin hektar ile dünya çay ekim alanlarının yaklaşık %1,6’sına karşılık gelmektedir. Türkiye bu değerle ekili alan bakımından dünya sıralamasında 8. sıradadır. Bu durum, Türkiye’nin sınırlı coğrafi alanda çay üretimi yaptığı ancak buna rağmen yüksek üretim kapasitesiyle öne çıktığını göstermektedir.

Tablo 1. Dünya Çay Üretim Alanları (FAO, 2025)

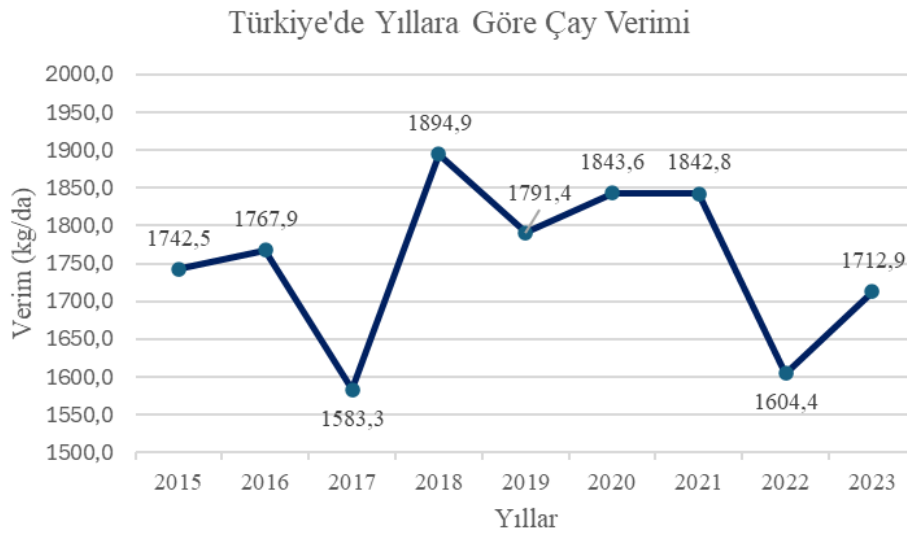
Ülke	2023 Alan (bin ha)	Pay (%)
Çin	2.956	61
Hindistan	618	12,8
Sri Lanka	268	5,5
Kenya	227	4,8
Türkiye	79	1,6
Dünya	4.829	100

Şekil 7’de 2023 yılında Türkiye’nin çay verimi 1.712,9 kg/da ile en yüksek düzeydedir. Bu değeri Malawi’nin 1.234,7 kg/da ve Zimbabwe’nin 1.169,5 kg/da verimleri izlemektedir. Dünya ortalaması ise yalnızca 666,4 kg/da seviyesindedir. Elde edilen sonuçlar, Türkiye’nin çay tarımında dünya ortalamasının yaklaşık 2,5 katı düzeyinde verimlilik sağladığını ortaya koymaktadır. (FAO, 2025).



Şekil 7. Ükelere göre yaş çay üretimi ve verimlilik karşılaştırması (FAO, 2025)

Bu yüksek verimlilik, Türkiye'de çay tarımının yoğun ve sık dikim sistemiyle yapılmasından ve hastalık/zararlı probleminin oldukça az olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca Türkiye’de hasatta biraz daha derin toplama da bu verimin yüksek görülmesine neden olmaktadır. 2015–2023 yılları arasında Türkiye’de yaş çay veriminde dalgalı bir seyir gözlenmiş; 2018’de 1.895 kg/da ile en yüksek düzeye ulaşan verim, 2023’te 1.712 kg/da’ya gerilemiştir. Bu düşüş, yaşılanan çay bahçeleri ve değişen iklim koşulları gibi etkenlerle ilişkilendirilmesi mümkündür. Türkiye’de 1938’den itibaren tohumla kurulan çay bahçelerinin büyük kısmı ekonomik ömürlerinin sonuna yaklaşmıştır, bu nedenle verim kaybının yenileme gereksinimiyle bağlantılı olduğu değerlendirilmektedir. (Yazıcı vd., 2024b).



Şekil 8. Yıllara göre Türkiye’de çay verimi (FAO, 2025)

Dünyada toplam çay üretimi ve tüketimi hızla artmakta olup, küresel ekonomiye büyük katkı sağlamaktadır. Özellikle Güney Asya ülkeleri, toplam küresel üretimin büyük çoğunluğunu karşılamaktadır. Örneğin, Hindistan ve Çin gibi ülkeler, yüksek verimlilikleri ve geniş üretim alanlarıyla, dünya çay pazarında söz sahibidir. Sri Lanka, Seylan çayıyla tanınmakta, Endonezya ve Vietnam ise üretim alanlarını çeşitlendirilmiş üretim teknikleriyle büyümektedir. Ancak bu ülkelerdeki çay plantasyonlarının önemli bir kısmı, yıllar içinde yaşlanarak verimliliklerini kaybetmeye başlamış ve sürdürülebilir üretim sorunları ortaya çıkmıştır. Yaşlanan çay bahçeleri, kalite düşüşü, artan bakım maliyetleri ve verimlilik kayıpları gibi zorlukları beraberinde getirmektedir. Bu nedenle dünyada pek çok çay üretici ülke bahçelerini verimli ve dayanıklı klonlar ile yenilemeye devam etmektedir (Yazıcı vd., 2024b).

Yaprağını dökmeyen çay bitkisi doğada kendi haline bırakıldığında bir ağaç görünümünü alarak, yaklaşık 100 yıl yaşar. Ürün vermeye 4 yaşından itibaren başlar ve 10- 15 yaşından sonra ekonomik verime ulaşır. Ekonomik ömrü ise 50-60 yıldır. Çay bitkisinde uygun budama ve kültürel önlemler ile bitkinin ekonomik ömrü uzatılmaktadır. Çay bitkisinde de diğer meyve türleri gibi, şekil, verim ve gençleştirme budaması yapılmaktadır. Çalı formunda olup yaprak ve sürgünleri hasat edilen çay bitkisinde budama, meyve ağaçlarından farklı yöntemler ve tabla düzeltme gibi özel uygulamalar gerektirmektedir. Örneğin çayda, sürekli yeşil aksamın hasat edilmesi sonucunda hasat tablası yükselmekte ve toplama zorlaşmaktadır. Bu nedenle 10-15 yaşından sonra tablanın yükselme durumuna göre 5-10-15cm den budanıp tabla düzeltilerek çay ocağı, normal toplama yüksekliğine yeniden getirilmelidir. 30-35 yaşından sonra ise ocakta çalılışmalar meydana gelmekte ve verim düşmektedir. Bu çalılışmayı önlemek, sağlıklı bir tabla gelişimi sağlamak ve verimi istenilen seviyeye ulaştırmak amacıyla gençleştirme budamaları yapılmalıdır. Gençleştirme budamasının zamanı ise çeşide, bahçenin yer ve yöneyine, yapılan kültürel uygulamalara göre değişmektedir. Ekonomik ömrünü dolduran çay bahçelerinde ise artık ne kadar budama yapılırsa yapılsın verimlilik arttırılamamaktadır. Ülkemizde de çay tarımının yaklaşık 100 yıllık geçmişi düşünüldüğünde, çay bahçelerimizin yenilenmesi gerektiği görülmektedir. Bu anlamda Tarım ve Orman Bakanlığı, ÇAYKUR ve Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi'nin imzaladığı protokolle, Türkiye'de çay bahçelerinin yenilenmesi çalışmaları da başlatılmıştır (Yazıcı vd., 2024d).

Bu bağlamda, yaşılanan çay plantasyonlarının yenilenmesinde çay fidanı üretimi hayati bir öneme sahiptir. Özellikle hastalıklara dayanıklı, yüksek verimli ve kaliteli çeşitlerin seçilerek çoğaltılması, yalnızca mevcut bahçelerin yenilenmesini değil, aynı zamanda çay tarımının iklim değişikliği gibi çevresel tehditlere karşı da dirençli hale gelmesini sağlayacaktır. Nitelikli fidan kullanımı, gençleştirme çalışmalarında başarı oranını artırmakla kalmayacak; aynı zamanda üreticilere daha uzun ömürlü, ekonomik getirisi yüksek bahçeler kurma imkânı da sunacaktır.

1.2. Çay Bitkisinin Morfolojisi, Fizyolojisi ve Yetiştirme Koşulları

Çay (*Camellia sinensis* L.), çiçekli bitkilerin kapalı tohumlarının alt kısmının iki çenekli sınıfının serbest taç yapraklı alt sınıfından Parietales takımının Theaceae familyasının *Camellia* cinsinden, nemli iklimlerde yetişen, yaprak ve tomurcukları içecek maddesi üretmekte kullanılan bir tarım bitkisidir. Bir asırlık bir ömre sahip bulunan çay bitkisi doğada büyümeye bırakıldığında bir ağaç görünümünü alır. *Camellia sinensis* 'in üç varyetesi vardır (Saklı ve Yavuz-Abanoz, 2024c):

- *Camellia sinensis* var. *sinensis*: Genellikle "Çin çayı" olarak bilinir. Daha küçük ve narin yapraklara sahiptir, soğuğa dayanıklıdır. Genellikle yeşil ve beyaz çay üretiminde kullanılır.
- *Camellia sinensis* var. *assamica*: "Assam çayı" olarak da adlandırılır. Daha büyük, geniş ve sağlam yapraklara sahiptir, sıcak ve nemli iklimlere uyum sağlar. Genellikle siyah çay üretiminde kullanılır.
- *Camellia sinensis* var. *cembodiensis* (Kamboçya çayı) (Şekil 9).



Şekil 9. Çin Çayı (sol) ve Assam Çayı (sağ) (Chan vd., 2007)

Çay bitkisi doğal ortamında 10–15 metreye kadar boylanabilse de ticari yetiştiricilikte düzenli budamalarla 1–1,5 metre yükseklikte çalı formunda tutulur. Bu durum hem hasat kolaylığı sağlar hem de sürgün gelişimini teşvik eder. Görünüş itibarı ile dağınık bir görünüm arz eden bitki yapısı tek gövde halinde olduğu gibi çok gövdeli olanlarda vardır. Yaprığını dökmeyen her dem yeşil olan bir bitkidir. Ülkemiz koşullarında çay bitkisi mart ayından ekim ayına kadar süren vejetasyon periyodunda genellikle üç, bazı yıllarda ise dört sürgün dönemi oluşturmakta; kış dinlenme döneminden sonraki ilk hasat daha verimli ve kaliteli olmaktadır. Çayda sürgün oluşum ve gelişimi genetik faktörlerin yanı sıra sıcaklık, yağış, nem, gün uzunluğu, toprak özellikleri ve yapılan kültürel uygulamalara bağlı olarak da değişmektedir (Yazıcı vd., 2024d).

Çay bitkisinde yaprak şekilleri morfolojik özelliklerine göre mızrak, dikdörtgen, oval ve elips olmak üzere farklı gruplara ayrılmaktadır. Genellikle geniş elips formunda olan yapraklar çeşit ve genotiplere göre değişiklik göstermektedir. Genç yapraklar sürgün döneminde açık sarı, pembemsi ya da morumsu renklere olabilirken, olgunlaştıkça gerçek renklerini kazanır ve farklı yeşil tonlarında görülür. Çay sürgünlerinde yaprakların açılım süresi ekolojik koşullara bağlı olarak 3–6 gün sürmekte ve bu dönem “yaprak periyodu” olarak adlandırılmaktadır. Bu periyodun uzunluğu genetik yapı, sıcaklık, gün uzunluğu ve enlem derecesine göre değişmekte, ekvatora yakın bölgelerde daha uzun, uzaklaştıkça ise daha kısa olmaktadır (Yazıcı vd., 2024d).

Çay bitkisinin çiçeklenme dönemi, çeşide ve yetiştiği ekolojik koşullara bağlı olarak farklılık göstermektedir. Tropik iklim bölgelerinde ise bitki üzerinde yılın neredeyse her ayında çiçek tomurcukları ve çiçeklere rastlanabilmektedir. Çiçekler ülkemiz iklim koşullarında sonbahar döneminde açar. Çay bitkisinde çiçekler aynı anda açmaz; yaprak koltuklarında ilk oluşan tomurcuklar daha erken çiçeklenir. Bu nedenle çiçeklenme süreci oldukça uzun bir döneme yayılmaktadır. Çiçeklenme döneminde bir dal üzerinde, önceki yıl tozlanma ve döllenme ile oluşmuş meyveler ile farklı gelişim aşamalarındaki çiçek tomurcukları ve çiçekler birlikte görülebilmektedir (Yazıcı vd., 2024d). Şekil 10’da çay bitkisinin morfolojisi verilmiştir.



Şekil 10. Çayın morfolojisi (Yazıcı vd., 2024d)

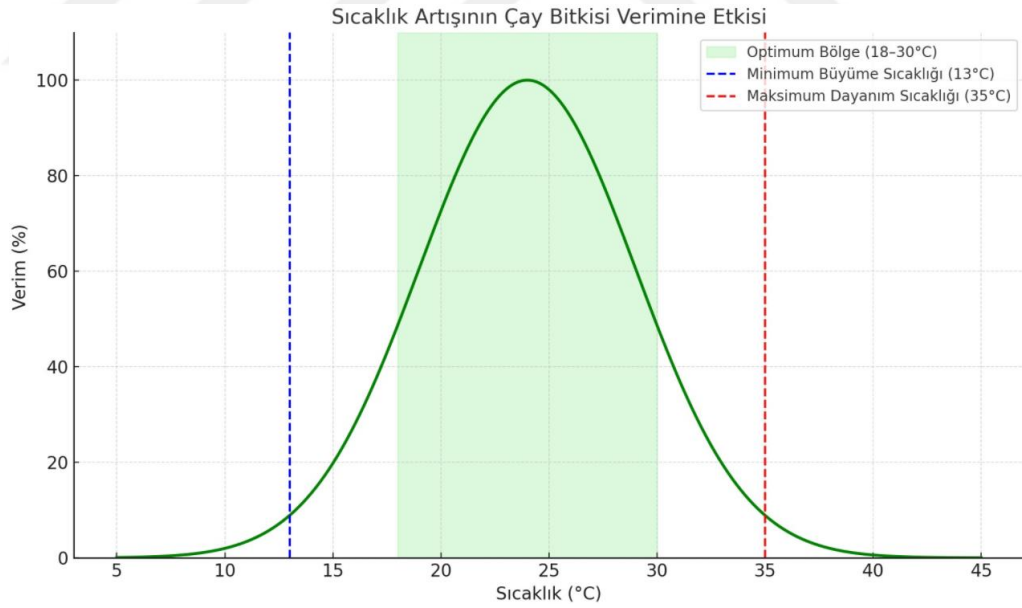
Çiçekler hermafrodit (erselik) yapıdadır. Tam teşekkül etmiş bir çiçekte genellikle 5 adet çanak yaprak ile 5 adet taç yaprak bulunur. Yumurtalık 3 nadiren 4-5 gözlüdür ve yoğun beyaz tüylerle kaplıdır. Dişicik borusu 7-15 mm uzunluğunda, boyuncuk 3-5 parçalı olabilmektedir (Yazıcı vd., 2024d).

Çay bitkisinde çiçek gözleri temmuz ayında belirginleşmeye başlamakta ve ağustos ayının ilk günlerinden itibaren açılmaktadır. Çiçeklenme süreci ocak ayı sonuna kadar devam ederken, bu dönemde tozlaşma ve döllenmenin gerçekleştiği çiçeklerde meyve tutumu başlamaktadır. Meyveleri genellikle 3 tohum içermekle birlikte tohum sayısı 1-5 arasında değişmektedir (Yazıcı vd., 2024d).

Çay bitkisinin kök sistemi kazık kök yapısındadır; ana kök toprakta derine doğru gelişirken yan kökler daha çok üst tabakalarda yayılır. Bu yapı, bitkinin hem derin su kaynaklarından yararlanmasına hem de yüzeydeki besin maddelerini etkin şekilde kullanmasına olanak tanır. (Yazıcı vd., 2024d).

Dünyada çay yetiştiriciliği, tropikal ve subtropikal iklim koşullarının hâkim olduğu, yıl boyunca düzenli ve bol yağış alan bölgelerde, kuzey ve güney yarımkürede farklı enlem derecelerinde yapılmaktadır (Caffin vd., 2004). Genel olarak, deniz seviyesinden başlayarak 2200 metreye kadar olan rakımlar çay tarımı için elverişli kabul edilmektedir (Hajiboland, 2017).

Çay bitkisi (*Camellia sinensis* L.), yapraklarını dökmeyen, çok yıllık tropikal ve subtropikal iklim bitkisidir. Sürgün gelişimi ve kaliteli ürün elde edilebilmesi için ideal çevre sıcaklığı 18–30 °C arasında olmalıdır. Ancak, bitki minimum 13–14 °C civarında bir sıcaklıkta da gelişimini sürdürebilir. Gündüz sıcaklıklarının 30 °C’yi aşması ve gece sıcaklıklarının 14 °C’nin altına düşmesi, sürgün büyümesini yavaşlatarak çayın verim ve kalitesinde düşüşe neden olmaktadır (Krishnakumar vd., 2024). Çay bitkisinin dayanabileceği maksimum sıcaklığın 35–40 °C olduğu bildirilmekle birlikte, 13 °C’nin altı ile 30 °C’nin üzerindeki sıcaklıklar sürgün gelişimini olumsuz etkileyerek toplam verimi azaltmaktadır (Mehra ve Baker, 2007). Şekil 11’de sıcaklığın çay verimine etkisi gösterilmiştir.



Şekil 11. Sıcaklık artışının çay verimine etkisi (Krishnakumar vd., 2024)

Sıcaklığın 0°C’nin altına düşmesi durumunda çay bitkisi zarar görmekte, 5°C altındaki sıcaklıklarda ise bitki gelişimde olumsuzluklar meydana gelmektedir. Ekim-Mart ayları arasında 12°C’nin altındaki sıcaklıklarda dinlenme başlamakta ve büyüme

durmaktadır (Özcan, 2020; Özcan vd., 2023). Çay bitkisi yüksek sıcaklıklardan çok fazla etkilenmektedir. Aylık sıcaklık artışlarının normalin üzerinde olduğu dönemlerde çay verimi düşmektedir (Hajiboland, 2017).

Çay bitkileri, yaklaşık %80 bağıl nem ve bulutlu koşullar (güneşlenme oranı $\leq$ %40) altında en iyi şekilde gelişir; bu çevresel koşullar, en yüksek kalitede çay üretimini sağlar (Kc vd., 2022; Shao vd., 2022). Rakım arttıkça, amino asitler ve kafein miktarı artarken, çay polifenollerini önce artar, ancak rakım 800 metreyi aştığında azalmaya başlar (Wang vd., 2022). Çin'deki ünlü çay üretim bölgelerinin çoğu 100–800 metre rakımlarda yer almaktadır. 700 metre rakımda amino asit içeriği en yüksek seviyeye ulaşırken, aspartik asit ve glutamik asit içeriği daha yüksek rakımlarda artmaktadır (Wei vd., 2011).

Çay yetiştiriciliğinde yağış çok önemli ekolojik faktörlerden bir tanesidir. Çay bitkisinin vejetasyon periyodu boyunca yağmurun düzenli olarak yağması istenmektedir. Hızlı ve aşırı yağışlar çay tarımında arzu edilmeyen bir durumdur. Çay yetiştiriciliğinde yıllık 2000-3000 mm yağış istenmekle birlikte, vejetasyon döneminde 1200 mm yağış yeterli olmaktadır. Genel olarak yılda 1800 mm, ayda 150 mm yağış düşen alanlar çay yetiştiriciliği için uygun alanlar olarak görülmektedir (Carr, 1972; Carr ve Stephens, 1992; Özcan, 2020; Özcan vd., 2023; Krishnakumar vd., 2024).

Toprak, çay yetiştiriciliğinde oldukça önemli ekolojik faktörlerden bir tanesidir. Toprak pH'sı yönünden asit reaksiyonlu toprakları seven çay bitkisi, genelde pH'sı 4.5-6 arasında değişen ve aktif kireç miktarı düşük topraklarda optimum gelişme göstermektedir (Sharma ve Ranhanathan, 1985; Ran vd., 2023). Çayın sağlıklı gelişimi için uygun toprak pH aralığına ilişkin farklı araştırmacılar çeşitli değerler bildirmiştir. Gökhale (1952) ve Özcan (2020) toprak pH aralığını 4,50–5,80 olarak belirtirken, Oche vd. (1966) tarafından bu aralık 5,00–6,00 olarak ifade edilmiştir. Sharma ve Ranganathan (1985) 4.5–5.0, De Silva (2007) ise 4,5–5,6 aralığını önermektedir. Bu veriler doğrultusunda, çay bitkisi için uygun toprak pH aralığının 4,5 ile 6,0 arasında değiştiği, ancak en ideal gelişmenin genellikle 4,5–5,5 pH aralığında sağlandığı anlaşılmaktadır.

Çay bitkisinin gelişebilmesi için önerilen toprağın iyi drene edilmiş, derin, iyi havalandırılmış ve %2'den fazla organik maddeye sahip topraklar olması

gerekmektedir (De Silva, 2007). Sonuç olarak çayın, iyi derinliğe sahip, iyi drenajlı, pH'sı 4.5-5.5 aralığında ve %2'den fazla organik madde içeren topraklarda yetiştirilebileceği söylenebilir.

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yetiştirilen çaylar, bölgenin özgün ekolojik koşulları nedeniyle kış aylarında kar örtüsü altında kalmaktadır. Bu özellik, dünyada nadir çay üretici ülkeler ve Doğu Karadeniz kıyılarına özgü olup, çay bitkisini hastalık ve zararlılara karşı korumaktadır. Bölgedeki çay tarımında pestisit kullanımına ihtiyaç duyulmaması, çaylarda kalıntı riskini ortadan kaldırmakta ve Türkiye'yi sağlıklı siyah, yeşil ve organik çay üretimi açısından avantajlı konuma getirmektedir. Bu ekolojik avantajlara rağmen, çay bitkisinin ekonomik verimliliği zamanla azaldığından, yaklaşık 10–15 yılda en yüksek verim düzeyine ulaşan ve 50 yıl içinde verim kaybı yaşayan çay bahçelerinin yenilenmesi sürdürülebilir üretim açısından büyük önem taşımaktadır (Alikılıç, 2016; Yüksek, 2013).

1.3. Çay Bitkisinde Çoğaltma Yöntemleri

Çay bitkisi generatif olarak tohumla, vejetatif olarak çelik, aşısı ve doku kültürü ile çoğaltılabilmektedir. Türkiye'de kurulan çay bahçelerinin tamamına yakını tohumla kurulmuştur. Bu nedenle aynı çay bahçesinde onlarca farklı genotip oluşmuştur. Çayda bir örnek yetiştiricilik için vejetatif çoğaltma gereklidir. Çay bitkisi, kolay ve ucuz bir yöntem olduğu için yaygın olarak çelikle çoğaltılmaktadır (Cowan-Gore ve Sein, 2020).

1.3.1. Generatif (Tohumla) Çoğaltma

Çay tohumları, farklı tiplerin tozlaşmasıyla oluştuğundan dolayı genetik olarak farklı yapıdadır. Bu durum, ülkemizde çay plantasyonlarında morfolojik ve fizyolojik açıdan farklılık gösteren çok sayıda çay tipinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu çeşitlilik, tarımsal anlamda homojenliği engellediği için modern çay tarımında tohumla üretim yöntemi tercih edilmemektedir (Yazıcı vd., 2016). Tohumla çoğaltma, özellikle farklı genetik çeşitliliğin oluşturulması, yeni çeşitlerin geliştirilmesi ve mevcut popülasyonların genetik yapılarını zenginleştirmek amacı ile ıslah programlarında kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemle elde edilen fidanlar, genetik açıdan heterojen oldukları için kalite, verim ve morfolojik özellikler bakımından

büyük farklılıklar gösterebilirler (Agarwal vd., 1992). Bu durum, ticari çay üretiminde istenmeyen bir değişkenliğe yol açmaktadır. Birçok ülke tohumla üretim yöntemlerini terk etmiş olmasına rağmen ülkemizdeki bahçeler hala tohumla tesis edilmeye devam etmektedir (Yazıcı vd., 2024b).

Çay bitkisi (*Camellia sinensis* L.), erselik çiçek yapısına sahip olup, yaz aylarında oluşan çiçekler tozlanarak döllenir ve meyveye dönüşür. Olgun meyveler genellikle üç gözlü, kalın kabuklu ve içinde üç tohum barındırır. Ancak bazı durumlarda 1'den 6'e kadar tohum oluşumları da görülebilmektedir (Yazıcı vd., 2024b).

Tohum çimlenmesi kavramı embriyonun aktif şekilde büyüyerek tohum kabuğunu yırtması ve genç bitkinin ortaya çıkması olarak tanımlanabilir. Tohum çimlenmesi, bitki yaşam döngüsünde kritik bir aşama olup bu süreç, genetik, biyokimyasal, mekanik ve çevresel faktörlerin karmaşık ve sıkı bir şekilde düzenlediği çok boyutlu bir mekanizma tarafından yönetilmektedir. Tohumların, olgunlaşma sonrası uygun koşullar altında metabolik olarak aktif hale gelerek embriyonun gelişimini başlatması, bitkinin devamlılığı için hayati önem taşımaktadır.

Çayda tohumla üretim süreci, olgunlaşan meyvelerden tohumların toplanmasıyla başlamaktadır. Tohumlar büyüklük, sağlık ve olgunluk açısından seçilerek, çimlenme oranını artırmak için ekim öncesi genellikle 24 saat suda veya nemli ortamda bekletilir. Çimlenme için uygun sıcaklık ve nem koşullarında tohum kabuğu yumuşar ve çimlenme gerçekleşir. Çay tohumları, uygun sıcaklık ve ortam koşullarında %90-95 oranında çimlenir; bu oran, su içinde bekletme ve katlama gibi işlemlerle artırılabilir ve genellikle 21°C'de 25-30 gün sürmektedir (Sato, 2007; Sevinç ve Şahin-Çevik, 2010). Tohumlar serin ve gölgeli bir yerde saklanmalı ve mümkünse hemen ekilmelidir, çünkü çay tohumlarında kalın bir kabuk olmadığı için tazelik çimlenme başarısını etkilemektedir. Şekil 12'de çayın meyve, tohum ve çimlenme süreçleri gösterilmiştir.



Şekil 12. Çay meyvesi (sol), tohumu (orta) ve çimlenmiş ve sürmüş tohum (sağ)

Tohumlar, uygun çevresel koşullar sağlanana kadar düşük metabolik aktivitelerle durağan bir hâlde beklerler. Ancak her tohum türü, bu koşullara farklı şekilde tepki vermektedir. Bazı türlerde döllenmeden kısa süre sonra çimlenme görülürken, bazı türlerde uzun süren bir dormansi evresi gerekebilir. Bu süre, birkaç gün olabileceği gibi yıllarca da sürebilir ve bu durum genellikle tür spesifikidir (Copeland ve McDonald, 1988; Pons, 2000).

Çay tohumlarının çimlenme başarısı, büyük ölçüde tohumun olgunluk seviyesi, kabuk yapısı ve depolama koşullarıyla ilişkilidir. Sert kabuk yapısı çimlenme için bir engel teşkil ederken, kabuğun fiziksel olarak çıkarılması veya çatlatılması çimlenmeyi hızlandırabilmektedir (Katsuo vd., 1970a; Song vd., 2017). Tohumların canlılığını koruması için polietilen torbalarda 5–10 °C sıcaklıkta saklanması önerilmekte olup, bu koşullarda uzun süre yüksek çimlenme oranları elde edilebilmektedir. Buna karşın kuru ortamlarda saklanan tohumlarda çimlenme oranlarında ciddi düşüşler gözlemlenmektedir (Katsuo vd., 1970b).

Çay tohumlarında optimum çimlenme sıcaklığı çeşide göre değişmekle birlikte yaklaşık 21-30 °C olup, 15 °C'nin altındaki sıcaklıklar gelişimi olumsuz yönde etkilemektedir (Toyao ve Kayumi, 1970). Toprak tipi çimlenme üzerinde önemli bir etki göstermezken, yüksek nem içeriği kabuk çıkarma işleminin etkinliğini artırmaktadır (Chen vd., 2012). Çay tohumlarında fizyolojik dormansi derin değildir; bu nedenle 4 °C'de 1–3 ay boyunca yapılan soğuk katlama uygulamaları çimlenmeyi kayda değer biçimde artırmaktadır. Ayrıca, kabuğu çıkarılmış tohumlara uygulanan gibberellik asidi (GA₃), dormansiyi kırmada ve çimlenmeyi hızlandırmada etkili olmaktadır (Song vd., 2017).

Çin'in Hangzhou bölgesinde yapılan bir çalışmada; 4 °C'de 1–3 ay boyunca soğuk katlamaya tabi tutulan tohumlarda çimlenme oranları sırasıyla %64, %88 ve %93 oranında bulunmuştur. GA₃ uygulamaları, yalnızca kabuğu çatlatılan tohumlarda çimlenmeyi artırmıştır. Bu bulgular, çay tohumlarının yüzeysel ve orta derecede fizyolojik dormansiye sahip olduğunu göstermektedir. Toprakta 1 cm derinliğe gömülen soğuk katlamalı tohumların, diğer derinliklere gömülenlere göre daha fazla fidan oluşturdıkları tespit edilmiştir (Song vd., 2017).

Çimlenmenin erken evrelerinde besin maddelerinin hızlı bir şekilde hidrolize olması, embriyo gelişimi için gerekli enerjinin sağlanmasında kritik rol oynamaktadır. Özellikle çay tohumlarında bulunan theanine gibi azotlu bileşikler embriyo gelişiminde önemli bir metabolik katkı sunar (Fu vd., 2024). Bunun yanında, doku kültürü teknikleri ve sentetik tohum teknolojileri çay fidanı üretiminde alternatif bir yöntem olarak dikkat çekmektedir. Somatik embriyoların sodyum aljinat ve kalsiyum klorür ile kapsüllenmesiyle elde edilen sentetik tohumlar, doğrudan çimlenme ortamına aktarılabilmekte ve %44,44'e varan çimlenme oranlarına ulaşılabilir. Bu biyoteknolojik yaklaşımlar, özellikle klasik tohum üretiminin sınırlı olduğu koşullarda sürdürülebilir fidan üretimi açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır (Güler ve Gürel, 2024; Wang vd., 2024).

Çimlenme sürecinin temel mekanizmaları arasında hormonal düzenleme belirleyici bir rol oynamaktadır. Uyku halini sürdüren absisik asit (ABA) ile çimlenmeyi teşvik eden gibberellinler (GA) arasındaki denge, tohumun fizyolojik uyanışını düzenlemektedir. Bunun yanı sıra oksin, etilen, sitokinin ve brassinosteroid gibi diğer bitki hormonları, karmaşık sinyal yollarıyla etkileşim kurarak çimlenmenin zamanlaması ve başarısını şekillendirir (Miransari ve Smith, 2014; Carrera-Castaño vd., 2020; Farooq vd., 2022).

Ayrıca, reaktif oksijen türleri (ROS) sinyal molekülleri olarak görev yaparak tohum kabuğunun zayıflamasına ve hormon yollarının modülasyonuna katkıda bulunur; ancak hücresel hasarı önlemek amacıyla seviyeleri kontrol altında tutulmalıdır (Farooq vd., 2022).

1.3.2. Vejetatif (Çelikle) Çoğaltma

Vejetatif çoğaltma yöntemi olan çelikle çoğaltma, seçilmiş üstün bireylerin klonal olarak çoğaltılmasını sağlar. Bu sayede, istenen kalite ve verim özellikleri bire bir korunur, bahçede homojen bir yapı oluşturularak tarımsal performans artırılır. Klonal üretim aynı zamanda yenileme çalışmaları, adaptasyon ve hastalık direnci açısından da büyük avantaj sağlar. Bu yöntemle tek tip, genotipik olarak homojen bahçeler kurularak kalite ve verim artırılır; dünya çay üretiminde birçok ülke verimli ve kaliteli çeşitler ile klonal fidanlarla bahçeler tesis etmektedir (Bostan vd., 2025). Birçok ülkede, çelikle üretim, hızlı ve kolay olduğu için oldukça yaygın çoğaltma yöntemi haline gelmiştir (Cheng vd., 2021; Zhou vd., 2025).

Çelik alınacak bitkiler, ülkemiz koşullarında kasım ile şubat ayları arasında, en geç mart ayında, derin budamaya tabi tutulur. Yaklaşık 30 cm derinliğindeki budama sonrası serbest büyümeye bırakılan ocaklarda oluşan sürgünler, 6 aylık süreçte 50-60 cm uzunluğa ulaşarak çelik alma için uygun olgunluğa erişir. Şekil 13'te çelik almaya uygun bir çay ocağı verilmiştir. Bu uygulama, kaliteli çelik elde edilmesini sağlayarak çoğaltma başarısını artırır (Yazıcı vd., 2023b; Tiwari ve Kumar, 2020). Budanmamış genç bitkilerin sürgün gelişimi daha az ve daha zayıf olmaktadır (Kathiravetpillai ve Kulasegaram, 1980). Budamadan yaklaşık 4 ila 9 ay sonra, yeni sürgünlerden çelik alınabilir. En uygun çelik alma zamanı ise serin ve bulutlu havalardır. Çelikler keskin bir budama makası yardımıyla dikkatlice alınmalıdır (Kumar, 2018).



Şekil 13. Çelik alınacak bir çay ocağı

Çelik alma işlemi sırasında sürgünler kesilerek kurumasını önlemek amacıyla su dolu kaplarda muhafaza edilir. Çelikler, sürgünün orta kısımlarından alınmalı; alt kısımdaki sert, yaşlı bölümler ve üstteki taze, olgunlaşmamış gözler kullanılmamalıdır. Kesimler, 45 derecelik açıyla ve keskin budama makasıyla yapılmalıdır. Sağlıklı bir çelik, yarı odunsu yapıda, zarar görmemiş yaprak ve gözleri içermeli, koltuk altı tomurcuğu sürmemiş olmalıdır. Çay çelikleri, bir yaprak bir göz ya da iki yaprak iki göz şeklinde hazırlanabilir ve alınan çelikler dikim yapılana kadar su içerisinde tutulmalıdır (Bostan vd., 2025). Şekil 14'te tek gözlü yaprak çeliklerin alınması gösterilmiştir.



Şekil 14. Tek gözlü yaprak çeliklerin alınması

Çeliklerin dikimi için torf ve vermikulit karışımından oluşan 15x20 cm boyutlarındaki torbalar veya daha büyük boyutlu viyoller kullanılabilir. Özellikle torf/vermikulit oranı 3:1 olan ortamlar köklenme başarısını artırmaktadır. Ticari çay fidanı üretiminde yaygın olarak kullanılan çelikle çoğaltma yönteminde, köklenmeyi teşvik etmek amacıyla sıklıkla 4000 ppm indol bütirik asit (IBA) kullanılmaktadır (Vidanapathirana vd., 2023). Çay çeliklerinde köklenmeyi uyarmak için sentetik oksinler kullanılır; bunlar içinde indol-3-bütirik asit (IBA) en yaygın tercih edilir. IBA, indol-3-asetik asitten (IAA) ve naftalen asetik asitten (NAA) daha güçlü bir kök teşvik edicisi olarak değerlendirilmiştir. Wei vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, IBA uygulamasının çay çeliklerinde lateral kök oluşumunu özellikle artırdığı vurgulanmıştır; deneysel olarak da IBA/NAA uygulamaları kontrol gruplarından çok

daha yüksek köklenme sağlamıştır. Birçok çalışmada 4000–6000 ppm aralığının (%0,4–0,6) çay köklenmesinde en etkili olduğu rapor edilmiştir. Genel olarak, uygulanan hormonun dozunun artması kök sayısını ve kök kalitesini yükseltmekte, doğrudan köklenme oranını iyileştirmektedir.

Hormon uygulaması sonrasında dikim hemen gerçekleştirilmelidir. Dikim işlemi, su kaybını önlemek için sabah veya akşam saatlerinde yapılmalı ve yaprak koltuklarındaki gözlerin kapanmamasına dikkat edilmelidir. Çeliklerin viyollere dikilmesine ait bir örnek Şekil 15’te verilmiştir. Dikim sonrası düzenli sulama yapılmalı, genç fidanlar yaz aylarında %50-60 oranında gölgeleme ile korunmalıdır (Yavaş, 2012; Zenginbal vd., 2014a; Yazıcı vd., 2024b).

Çeliklerin dikiminden sonraki ilk bir ay, sulama, gölgeleme ve yabancı ot kontrolü gibi bakım işlemleri büyük önem taşır. Temmuz ve ağustos aylarında alınan çeliklerde uygun bakım koşullarında köklenme süreci hızlanırken, eylül ve ekim aylarında da hafif sürgün gelişimleri gözlemlenir. Asıl sürgün gelişimi ise genellikle bahar aylarında gerçekleşir. Çelik alındıktan sonra yaklaşık bir yıl sonra iyi bakım koşulları altında fidan gelişimleri oldukça iyi bir seviyeye ulaşır. Ülkemiz iklim koşullarında fidanların bahçeye dikimi için sonbahar dönemi tercih edilmesi önerilmektedir; çünkü bu dönemde doğal yağışlar sulama ihtiyacına gerek kalmamakta, ilkbaharda dikildiği yere uyum sağlamış fidanlar elde edilmektedir. İlkbaharda dikim yapılacaksa, kurumaların önlenmesi için düzenli sulama yapılması oldukça önemlidir (Yazıcı vd., 2024b).



Şekil 15. Çeliklerin viyollere dikilmesi

Çeliklerin köklendirilmesinde genellikle torf (turba), perlit ve vermikülit, gibi hafif ve iyi drenajlı ortamlar kullanılır. Bu ortamlar düşük pH ve yüksek organik madde içeriğiyle kök gelişimini destekler. Bostan vd. (2025), torf+vermikülit ile saf perlit ortamlarını karşılaştırdıkları bir tez çalışmasında torf-vermikülit karışımında köklenme oranının %98–100 olduğunu, sadece perlit ortamında ise bu oranın ~%52 oranında olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuçlar, organik maddeli ortamların çay çeliklerinde köklenme başarısını belirgin biçimde artırdığını ortaya koymaktadır. Farklı çalışmalarda da perlit-torf karışımları ve saman/talaş gibi materyallerin de fidan üretiminde kullanılabildiği görülmektedir. Özetle, iyi hava geçirgenliği sağlayan ve çay bitkisi için ideal asidik koşullar sunan torf-vermikülit, torf-perlit vb. karışımlar köklendirme ortamı olarak önerilebilmektedir.

İklim koşulları çeliklerin köklenme başarısını önemli ölçüde etkiler. Shrestha ve Miles (2025) çalışmasında, tropikal bölgelerde korumalı tarlalar veya örtüler altındaki açık alanlarda köklendirme yapılırken, ılıman bölgelerde seralar içinde sisleme sistemleri kullanılarak üretim yapıldığı belirtilmiştir. Shrestha ve Miles (2025), ayrıca çay çeliklerinin 18–25 °C arası ve %70–85 bağıl nemde iyi gelişim gösterdiklerini belirlemişlerdir. Özetle, çelik köklendirmede kontrollü sera koşulları (yeterli nemlendirme, ısı ve ışık dengesi) başarı şansını artırır; seralar, çelikleri dış ortamın olumsuz koşullarından (düşük sıcaklık, kuruluk veya aşırı gölge) koruyarak mikroklima alanları sağlamaktadır

Ayrıca araştırmalar, bitki kökleriyle simbiyotik ilişki oluşturan mikorizal mantarların kök alanını ve hacmini olumlu yönde etkileyerek çelikle fidan üretimi üzerine olumlu etkileri olduğunu göstermiştir (Gao vd., 2023).

1.4. Çay Fidanlarında Köklenme ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Tohumla ve çelikle üretim süreçlerinde köklenme, bitkinin çevresel koşullara uyumunda belirleyici bir fizyolojik adaptasyon mekanizmasıdır. Bu mekanizma, toprakla bütünleşmeyi sağlayarak su ve besin elementlerinin alımını, yapısal dayanıklılığı ve mikrobiyal simbiyozlar aracılığıyla besin döngüsünün sürekliliğini güvence altına alır. Çay bitkisinde köklenme fidanın dikilmesiyle başlar ve önce kazık kökler, ardından yan ve boğaz kökleri gelişir. Genç dönemde beyaz renkte olan kökler yüksek su ve besin alım kapasitesine sahipken, zamanla krem ve daha sonra

kahverengiye dönerek bu yeteneklerini kaybeder. Kök tüyleri zayıf gelişmiş olup, özellikle genç kökler mikoriza mantarlarıyla simbiyotik ilişki kurarak besin alımını destekler. Besleyici köklerin çoğu 45 cm içinde yoğunlaşsa da uygun koşullarda kökler 5 metreye kadar derinleşebilir. Bitki yaşlandıkça kökler besin depo eder, ekonomik verim döneminde olgunlaşarak çevresel streslere karşı dayanıklılık sağlar (Yazıcı vd., 2024d)

Kökler, bitkinin su ve besin alımını gerçekleştiren ana organlardır (Hodge vd., 2009; Smith ve De Smet, 2012). Aynı zamanda bitkiye toprakta tutunma gücü sağlar ve bitkinin stabilitesinde kritik rol oynar (Lynch, 1995). Kuraklık, tuzluluk ve diğer stres koşullarında bitkinin sağlıklı kalmasında kök sistemi belirleyici unsurdur. (Ramachandran vd., 2025). Bitki çoğaltımında başarılı bir köklenme oranı; fidanların adaptasyonu, büyüme hızı ve üretim başarısı açısından doğrudan belirleyicidir. Kuvvetli kök sistemi, bitkinin fotosentez ve depo dengesine katkı sağlar ve daha yüksek verim potansiyeli sunar (Fageria, 2012).

Köklenme, fidan üretiminin temel taşıdır. Sağlıklı ve esnek kök sistemleri, bitkilerin büyümesini, verimliliğini ve çevresel streslere karşı dayanıklılığını artırır (El Amrani, 2023). Hormon uygulamaları, genetik yapı, çevresel faktörler ile çelik, doku kültürü vb. farklı çoğaltım yöntemleri kullanma köklenme mekanizması ve köklenme sürecinde oldukça etkilidir. Bu nedenle, bitki yetiştiriciliğinde kök gelişimini destekleyen uygulamalar büyük önem taşır.

Çay bitkisinde (*Camellia sinensis* L.) oksin türlerinin (IBA, NAA, IAA) ve dozlarının adventif kök oluşumu üzerindeki etkileri geniş çapta incelenmiştir. Özellikle IBA uygulamasının köklenme oranlarını ve kök uzunluğunu önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir (Wei vd., 2019). Ayrıca, azot ve oksin sinyal yollarının lateral kök oluşumunu düzenlediği, bunun da gen ekspresyonları ve hormon seviyeleriyle yakından ilişkili olduğu belirlenmiştir (Hu vd., 2020).

Çay çeliklerinde yaprakların köklenme başarısı üzerindeki etkisi fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler düzeyde analiz edilmiştir. Yaprakların fotosentez etkinliği kök oluşumunu olumlu yönde etkilerken, ışık koşullarının da köklenme performansında önemli bir rol oynadığı ortaya koyulmuştur (Zhang vd., 2023).

Aydın ve Kalkışım (2024) çay bitkisinin odun çelikleriyle çoğaltılmasında farklı IBA (Indole-3-Butyric Acid) hormon dozlarının ve yaprak varlığının köklenme

üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçladıkları bir çalışmada, en yüksek köklenme oranı %70 ile 3000 ppm IBA uygulanan tam yapraklı çeliklerde elde edilmiştir. Literatürdeki benzer çalışmalar da IBA dozunun ve yaprak varlığının köklenme başarısını önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, çay fidanı üretiminde düşük doz IBA ve yapraklı çelik kullanımının köklenme başarısını artırabileceğini göstermektedir.

Arbusküler mikorizal fungus (AMF) uygulamalarının çay bitkisi köklerinde kök şekilleri ve hormon dengelerini etkileyerek adventif kök oluşumunu hızlandırdığı gösterilmiştir. Bu uygulamalar, kuraklık toleransını artırmakta ve kök yapısını optimize etmektedir (Chen vd., 2023). Ancak etkilerin çeşide bağlı olarak değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir.

Çay çeliklerinde farklı ışık renklerinin (beyaz, kırmızı, mavi) adventif kök oluşumu üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada; mavi ışığın kök oluşumunu artırırken, kırmızı ışığın düşük kök oluşumuna yol açtığı belirlenmiştir. Olgun yapraklarda yapılan transkriptom ve metabolomik analizler, mavi ışık altında indol-3-karboksilik asit (ICA), Absisik asit (ABA), trans-Zeatin (tZ) ve jasmonik asit (JA) gibi fitohormonların beyaz ve kırmızı ışığa göre daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Köklenmede etkili bitki hormon sinyal iletimi ile ilişkili genler (YUC, AUX1, AUX/IAA, ARF, PIN ve PILS ailesi) mavi ışık altında en yüksek ifade düzeyine ulaştığı belirlenmiştir. Çalışma, ışık kalitesinin çay çeliklerinde adventif kök oluşumunu düzenleyen moleküler mekanizmaları ortaya koyarak, hızlı fidan üretimi için yeni bir yaklaşım sunmaktadır (Shen vd., 2022).

Çay bitkisinde adventif kök gelişimini düzenleyen genlerin kapsamlı tanımlanması ile PIN ve PILS gen ailelerinin oksin taşınmasında ve kök oluşumunda kritik fonksiyonları olduğu ortaya konmuştur (Hu vd., 2022). Ayrıca CsMYB6 gibi transkripsiyon faktörlerinin köklerde theanin biyosentezinin düzenlenmesinde önemli rol oynadığı tespit edilmiştir (Zhang vd., 2021).

Yapılan başka bir çalışmada çay çeliklerinde kök gelişimini teşvik etmek için IBA ile doğal keçi idrarı ve arpacık soğanı özü kullanılmıştır. Çalışmada 6000 ppm IBA köklenme oranını ve yaprak alanını artırırken, %10 keçi idrarının kök uzunluğunu en fazla artıran uygulama olduğu tespit edilmiştir (Sarjiyah vd., 2020).

Camellia sinensis L. yarı odun ve odun çeliklerinin köklenme oranı, karşılaştırıldığı başka bir çalışmada; yarı odun çeliklerden %87, odun çeliklerden %71 oranında köklenme oranı elde edildiği görülmüştür (Kim vd., 1995).

Yapılan bir çalışmada *Camellia sinensis* var. *assamica* cv. Hainan-dayezhong (HD) çeliklerinde düşük köklenme oranını artırmak amacıyla büyüme düzenleyicileri ABT-1 ve IBA'nın etkilerini araştırılmıştır. Her iki hormonun da adventif kök oluşumunu hızlandırdığı, IBA'nın köklenme üzerine daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Uygulamalar, çözünebilir şeker ve PPO aktivitesini artırırken, POD ve IAAO aktivitelerini azaltmış, ayrıca IAA/ABA oranı ve sitokinin düzeylerinde dalgalanmalara yol açmıştır. IBA'nın uygulaması, protein içeriğini ve hormon dengesini artırarak çeşitlerin köklenme verimliliğini olumlu etkilediği tespit edilmiştir (Zhou vd., 2025b).

Asidik topraklara uyum sağlamış çay bitkisi (*Camellia sinensis*), birçok bitki türü için toksik olan trivalan alüminyum iyonu (Al^{3+}) sayesinde kök gelişimini sürdürebilmektedir. Sun vd. (2020), tarafından beş farklı çay çeşidi üzerinde yapılan deneylerde, Al^{3+} içermeyen ortamda yeni kök gelişmediği, kök uçlarının 24 saat içinde zarar gördüğü gözlemlenmiştir; buna karşılık Al^{3+} içeren ortamda kök hücreleri aktif olarak yeni kök oluşumu gerçekleştirmiştir. Elektron mikroskopla yapılan analizlerde, Al^{3+} 'ün özellikle kök meristem hücrelerinin çekirdeklerinde birikerek DNA bütünlüğünü koruduğu, Al eksikliğinde çekirdekten sitozole geçişle DNA hasarına ve meristematik aktivitenin hızla kaybına yol açtığı belirtilmiştir. Ayrıca, optimal pH (≈ 4.5) ve moderat düzeyde Al^{3+} (0.2–1.0 mM) varlığında kök biyokütlesi ve uzunluğu artarken, yetersiz veya aşırı pH/Al kombinasyonunun gelişimi olumsuz etkilediği bildirilmiştir. Bu bulgular, çay bitkilerinde alüminyumun toksik değil, kök gelişimi açısından zorunlu ve faydalı bir element olduğunu net bir şekilde ortaya koymaktadır.

Türkiye'den 10 farklı çay klonunda (Hamzabey-1, Ardeşen-1, Fener-3, Hayrat-1, Çiftekavak-1, Muradiye-10, Tuğlalı-10, Gündoğdu-3, Kömürcüler-1 ve Derepazarı-7) tek yapraklı çeliklerin sera koşullarında köklendirilmesinin amaçlandığı bir çalışmada, en yüksek sağkalım oranının %92,3 ile 25 Eylül tarihinde alınan çeliklerde görülmüş, Çiftekavak-1 klonunda ise hem sağkalım hem de kök ve sürgün gelişimi açısından en iyi sonuçlar elde edilmiştir. (Altındal ve Balta, 2002). Bu çalışmalar da çeşit özelliklerinin köklenmede oldukça etkili olduğunu göstermektedir.

GA biyosentez inhibitörü ve engelleyici bir hormon olan Ancymidol kullanılarak çayın kök gelişiminin incelendiği bir çalışmada; Ansimidol'ün kök büyümesini baskıladığını ve köklerin kalınlaşmasına neden olduğunu belirlenmiştir. GA uygulaması ise bu etkileri tersine çevirerek köklerin uzun ve ince kalmasına neden olmuştur. Ayrıca, GA'nın köklerin eksodermis hücre duvarlarında suberin tabakasının gelişimini geciktirdiği tespit edilmiştir. Bu bulgular, GA'nın çay bitkisinin kök gelişiminde önemli bir rol oynadığını ve kök duvarı bileşenlerini değiştirerek bu süreci düzenlediğini göstermektedir (Tanimoto vd., 2009).

Çay çeliklerinin köklenmesini artırmak amacıyla arbusküler mikorizal mantar (AMF) ve fitohormonların (strigolaktinler ve poliaminler) bireysel ve kombinasyon hâlindeki etkilerinin incelendiği bir başka çalışmada ise; AMF ve fitohormonların çeliklerin kök gelişimini ve genel büyümeyi olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Bu bulgular, çay bitkilerinin köklenme süreçlerini iyileştirmek için AMF ve fitohormonların kullanılabileceğini göstermektedir (Gao vd., 2023).

Bir başka çalışmada ise alüminyumun (Al) çayda adventif kök oluşumu üzerindeki etkilerini incelemiştir. Al (0.3 mM) ile muamele edilen çay çeliklerinde, kontrol grubuna göre kök primordiyalarının 7 gün içinde oluşmaya başladığı ve 21 gün sonra köklerin meydana geldiği; kontrol grubunda ise bu sürecin geciktiği gözlenmiştir. Al uygulamasının, sitokinin (ZT), etilen öncüsü (ACC) ve jasmonat (JA) biyosentezinde rol oynayan genlerin ekspresyonunu artırmış, ayrıca oksin taşıyıcı genlerin ekspresyonu da köklenme süreci boyunca belirgin şekilde arttırdığı tespit edilmiştir. (Cheng vd., 2021).

Çeliklerin dalın dip ve orta bölgelerinden alınmasının köklenmeyi olumlu etkilediği, toprak substratının diğer substratlara kıyasla daha iyi köklenme sağladığı belirlenmiştir. Ortam (saksı) büyüklüğünün etkisi anlamlı bulunmazken, 10 g/L IBA uygulamasının kallus oluşumuna neden olarak köklenmeyi arttırdığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, yapılan çalışmalarda; uygun genotip seçimi, çelik alınan yer, ortam özelliği ve hormon uygulamasının çay çeliklerinin köklenme verimliliğini artırmada önemli faktörler olduğu ortaya konulmuştur (Lima vd., 2011; Lima vd., 2013).

Türk çay klonu 'Fener-3'te tam ve yarım yapraklı çeliklerin farklı IBA dozlarıyla (0-6000 ppm) köklenme performansının incelendiği bir çalışmada ise en iyi köklenme ve fidan gelişimi 6000 ppm IBA uygulanan tam yapraklı çeliklerden elde

edilmiştir; bu grupta köklenme oranı %78,3, kök uzunluğu 14,77 cm ve kök sayısı 6,37 ile en yüksek değerleri göstermiş, canlı kalma oranı ise %90 oranında bulunmuştur. Kontrol grubunda ise en düşük köklenme ve kök kalitesi gözlenmiştir. Sonuç olarak, tam yapraklı çeliklerde 6000 ppm IBA en uygun uygulama olarak belirlenmiştir (Zenginbal vd., 2014).

Eylül- Kasım 2015 tarihleri arasında Bangladeş'te Bandarban'daki çay ana fidanlığında, çayın çelikle çoğaltılmasında Indol bütirik asit (IBA)'nin en uygun dozunu belirlemek amacıyla bir arazi denemesi yürütülmüştür. Denemede, 0 ppm (Kontrol), 2000 ppm, 4000 ppm ve 6000 ppm olmak üzere dört farklı IBA dozu kullanılmıştır. 4000 ppm IBA uygulanan çeliklerin, %79,85 ile en yüksek köklenme oranını, %57,60 ile en yüksek yaşama oranını ve 4,85 cm ile en uzun kök uzunluğunu oluşturduğu tespit edilmiştir. Tüm parametreler açısından 4000 ppm ve 6000 ppm IBA uygulamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. IBA uygulanan çeliklerde, köklenme oranı ile yaşama oranı ve kök uzunluğu ile sürgün uzunluğu arasında pozitif ve güçlü bir korelasyon gözlenmiştir. Bu nedenle, çayın fidanlık koşullarında çelikle çoğaltılması için 4000 ppm IBA uygulaması tavsiye edilmiştir (Hoque, 2016).

Başka bir çalışmada, azot düzeylerinin formdan bağımsız olarak artırılmasının beyaz kök oranını yükselttiği ve kahverengi kök oranını azalttığı tespit edilmiştir (Chamuah, 1988).

Yapılan bir çalışmada, çay bitkisinin çelikle çoğaltılmasında kullanılan kimyasal köklendirme hormonlarına (%0,3 IBA) alternatif olarak organik maddelerin (*Aloe vera* jeli, hindistan cevizi suyu, bal-kömür karışımı, patates suyu ve su kontrolü) etkinliği araştırılmıştır. Sri Lanka'da yürütülen deneyde, her uygulama dört tekerrürlü olarak 20 çelik üzerinde değerlendirilmiş ve 2., 4. ve 6. haftalarda yaşama oranı, köklenme oranı, kök sayısı, kök uzunluğu ile köklerin yaş ve kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Deneme sonucunda, IBA uygulamaları ile en yüksek köklenme (%55,8) ve sürgün oranı (%72,3) ile kök uzunluğu (2,1 cm) ve kuru kök ağırlığı (0,254 g) elde edilmiştir. Ancak *Aloe vera* jeli ve hindistan cevizi suyunun da köklenmede oldukça etkili olduğu belirlenmiştir (Vidanapathirana vd., 2023).

Bitkilerde tohum ve çelikle fidan üretimini kıyaslayan çalışmalar yok denecek kadar azdır. Karasakal Kalaycı (2019), yayılıcı dağ muşmulasının tohum ve çelikle

çoğaltılması üzerine yaptığı çalışmada tohumlarda en yüksek çimlenme oranını %18 olarak meyve içerisinde, 120 gün soğukta bekletilen ve GA₃ uygulanmayan tohumlarda elde etmişlerdir. Çelikle çoğaltmada ise, alttan ısıtmalı ortamda temmuz ayında alınan çeliklere 500 ppm IBA uygulamasıyla %98,33 köklenme oranı sağlanmıştır. Isıtmasız ortamda ise en yüksek köklenme oranı %95,33 ile Temmuz x 500 ppm IBA x perlit kombinasyonunda elde edilmiştir. Kök uzunluğu ve sayısı bakımından en iyi sonuçlar ağustos ayında 2000 ppm IBA ve perlit ortamında tespit edildiği bildirilmiştir.

Araya (2005), tohum çimlenme ve vejetatif çoğaltım yöntemlerinin etkinliğini araştırdığı bir çalışmada ; uygun ortam koşulları ve doğru uygulama tekniklerinin kullanılmasıyla tohumların çimlenme oranlarının ve vejetatif çoğaltmanın başarı oranlarının artırılabilirliğini göstermektedir. Ayrıca, çeşitli bitki türleri için en uygun çimlenme ve köklendirme koşulları belirlenmiş olup, bu bilgiler bitki üretiminde verimliliğin artırılmasına katkı sağlamaktadır. Sonuç olarak hem tohum hem de vejetatif üretim tekniklerinin optimize edilmesiyle, hızlı ve kaliteli bitki çoğaltımı mümkün olup, tarımsal ve ormanlık alanlarda sürdürülebilir üretime önemli katkılar sunabilir.

Çay bitkisinde çoğaltım yöntemi kök sisteminin yapısını ve gelişimini doğrudan etkilediği bildirilmiştir. Tohumla elde edilen fidanların kök sistemi embriyonik köklerden geliştiği için daha derine inebilirken, çelikle çoğaltılan klonal fidanlarda kök sistemi başlangıçta genellikle adventif ve yan köklerden oluştuğu ve bu nedenle yüzeysel gelişim gösterdiği, ancak ileriki yıllarda, toprak yapısı uygun olan ekolojik koşullarda kök gelişiminin oldukça iyi olduğu ve derinlere inebildiği tespit edilmiştir (Yamashita vd., 1997).

Bu tez çalışmasında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Ulusal Çay Gen Havuzu'ndan üstün morfolojik özelliklerine göre belirlenen toplam 8 genotip ve çeşitten tohum ile tek gözlü yaprak çelikleri alınarak, torf + vermikülit ortamında köklenme yetenekleri ve sürgün gelişimleri incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma 2024-2025 yıllarında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ulusal Çay Gen Havuzu içerisinde bulunan 500 m²'lik kontrollü polikarbon çay araştırma ve üretim serasında yürütülmüştür. Tez çalışmasında kullanılacak genotipler 2024 haziran ayında belirlenmiştir.

2.1. Materyal

Çalışmada bitkisel materyal olarak, TUBİTAK 1007 projesi sonucunda kurulan Ulusal Çay Gen Havuzundan morfolojik özellikler bakımından üstün olarak belirlenen bir Çin çeşidi, bir Japon çeşidi, bir tanesi ÇAYKUR'un tescilli yerli çeşidi ve 5 adet 1007 projesinden elde edilen kaliteli genotip olmak üzere toplam 3 çay çeşidi (Tuğlalı, Seakari, Çin 1) ve 5 farklı çay genotipine (53 ME 265, 28 Tİ 09, 53 ÇE 279, 53 AD 83, 53 GÜ 40) ait tohum ve çelikler kullanılmıştır (Şekil 16).

Bu çeşit ve genotiplerde, sürgün oluşturmaları ve çelik alınması için mart ayında derin budama yapılmıştır. Budama sonrası süren sürgünlerden 8 Ağustos 2024 tarihinde çelik alınmış ve dikimleri gerçekleştirilmiştir. Bu çeşit ve genotiplere ait çay tohumları ise olgunlaştıktan sonra toplanmış ve suda bekletildikten sonra 12 Kasım 2024 tarihinde ekim işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 16. Materyal olarak kullanılan 8 genotipte budama sonrası sürgün gelişimi

2.2. Yöntem

2.2.1. Çeliklerin Hazırlanması ve Dikimi

Seçilen çeşit ve genotiplerde çelik alınmadan önce arazide bulunan bitkiler kısa budamaya tabi tutularak sürgün gelişimi teşvik edilmiştir. Budamadan sonra süren kuvvetli sürgünlerden tek gözlü yaprak çelikleri alınmıştır. Seçilen genotiplere ait olgunlaşmış, yarı esnek formdaki hastalıksız ve gelişimi iyi olan çay sürgünleri belirlenmiş ve dipten bir iki göz bırakacak şekilde kesilmiştir. Daha sonra her genotip etiketlenerek su dolu kovalara konulmuştur (Şekil 17).



Şekil 17. Çay sürgünlerinin alınması

Bu sürgünlerden alınan çelikler tek boğumlu 3-4 cm uzunluğunda yaprak hizasındaki koltuk altı tomurcuğun hemen yukarısından tepesi 45 derecelik bir açı ile kesilmiştir. Köklenme oranını arttırmak için 4000 ppm IBA hormon çözeltisi kullanılmıştır. Hormon içerisinde 10 saniye bekletilen çelikler daha sonra viyollere dikilmiştir.



Şekil 18. Ortam pH'sının ölçülerek, yaprak-göz çeliği alınması ve çeliklerin viyollere dikilmesi

Köklendirme ortamı olarak, pH değeri 4.5 ve 5.5 arası olacak şekilde hazırlanmış torf/vermikülit (1/3) karışımı kullanılmıştır. Torf-vermikülit karışımından örnekler alınarak pH değerleri ölçülmüştür (Şekil 18).

Her bir çeşit ve genotipe ait 96 çelik alınarak 4 adet viyole (24'lük viyol, 48cmx32cmx15.5cm) 8 Ağustos 2024 tarihinde dikilmiştir. Çeliklerin canlılıklarını kaybetmemesi amacı ile düzenli bir şekilde sisleme sistemi ile sulanarak yaprakların nemli kalması sağlanmıştır.

2.2.2. Tohumların Hazırlanması ve Ekim İşlemleri

Çay tohumları ekim-kasım ayları arasında olgunlaşmaktadır. En sağlıklı görünen, olgunlaşan tohumlar 12 Kasım 2024 tarihinde toplanmış, toplandıktan sonra çimlenme oranını arttırmak amacıyla 1 gün suda bekletilmiştir.



Şekil 19. Tohumların ekilmesi ve sulama işlemleri

Tohumlar, hazırlanan torf-vermikülit karışımının içerisine kendi büyüklüklerinin 3 katı derinliğe ekilmiştir. Ekim sonrası düzenli olarak sulama yapılmıştır (Şekil 19).

2.2.3. Yapılan Ölçüm ve Gözlemler

Deneme kurulduktan sonra 3 Eylül 2024 tarihinde çeliklerde sürme, 12 Mart 2025 tarihinde ise tohumlarda çimlenmeler başlamıştır. Çeliklerde sürme dikimden 30 gün sonra, tohumlarda çimlenme ise ekimden 120 gün sonra gözlemlenmiştir. Çay çeliklerinde köklenme oranı (%), fidan kalitesi, kök gelişme düzeyi, kök uzunluğu (cm), sürgün uzunluğu (cm), gövde kalınlığı (mm), kök ağırlığı (gr) gibi kriterler incelenmiştir. Köklenme oranı (%), köklenen çelik ve tohum sayısının toplam çelik ve tohum sayısına oranı ile belirlenmiştir. Sürgün ve kök uzunlukları cetvel yardımı ile ölçülmüştür (Şekil 20). Gövde kalınlığı ölçülürken kumpas kullanılmıştır (Şekil 21).



Şekil 20. Çayda tohum (sol) ve çelik (sağ) ile üretilen küçük fidanlarda cetvelle sürgün ve kök boyunun ölçülmesi



Şekil 21. Çayda gövde kalınlığının kumpasla ölçülmesi

Fidan kalitesi değerlendirilirken çeliğin köklenme durumuna ve sürgün gelişimine bakılarak (1: Kötü, 2: Zayıf, 3: Orta, 4: İyi, 5: Çok iyi), kök gelişme düzeyi ise köklenen çeliklerin gelişme durumu değerlendirilerek (1: Kök yok-çok zayıf, 2: Zayıf, 3: Orta, 4: Kuvvetli, 5: Çok kuvvetli) belirlenmiştir. Şekil 22’de verilen bu skala ilk kez bu tez kapsamında oluşturulmuştur.



Şekil 22. Çelik (üst) ve tohumda (alt) kök gelişim düzey skala değerleri

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, çay fidanı yetiştiriciliğinde tohum ve çelikle çoğaltma yöntemlerinin kök ve fidan kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışma süresince her iki çoğaltma yöntemi ile elde edilen fidanların gelişimleri takip edilmiş ve kayıt altına alınmıştır.

3.1. Tohumla Çoğaltmada Köklenme Süreçleri

Tohumla çoğaltılan çay bitkilerinde çimlenme belirtileri ilk ekim tarihinden sonra ortalama olarak 120. günde başlamıştır. Tohumların kasım ayında ekimi gerçekleştirildiğinden kış süresi boyunca sıcaklıkların düşük seyretmesinden dolayı çimlenme uzun bir zaman almıştır. Tohumun çimlenme aşamaları şekil 23'te sunulmuştur.



Şekil 23. Tohumun çimlenme aşamaları

Tohumdan çoğaltılan çay bitkilerinde köklenme süreci, tohumun toprakla temas kurmasıyla başlamaktadır. İlk olarak kazık kök belirgin şekilde gelişmiş ve toprak derinliğine doğru dikey yönde büyüme göstermiştir. Gözlemler, çimlenmenin ardından 3–5 gün içinde ana kökün geliştiğini ve bu kökün zamanla kalınlaşarak bitkiye destek sağladığını göstermiştir.

Tohum çimlendikten sonra ilk olarak uzun bir kök meydana gelmiştir. Daha sonra bu kök etrafında yan köklerin oluşmaya başladığı gözlemlenmiştir. Başlangıçta bitki yavaş bir gelişim gösterse de yan kökler oluştuktan sonra bitkilerin daha hızlı büyüdüğü gözlemlenmiştir. Çünkü yapılan araştırmada bitkilerde besin maddelerinin kılcal kökler ile alındığı bilinmektedir.

3.2. Çelikle Çoğaltmada Köklenme Süreçleri

Ağustos ayında alınan tek gözlü yaprak çelikler 4000 ppm hormona batırılarak dikilmişlerdir. Dikimden 3 hafta sonra çeliklerin toprağa dikilen kısımları ve üst kısımlarında kallus oluştuğu gözlemlenmiştir (Şekil 24).



Şekil 24. Çelik üzerinde kallus oluşumları

Kallus dokusu oluştuktan sonra çeliklerde köklerin kallus üzerinde geliştiği gözlemlenmiştir. Kallus oluşumundan 1-2 hafta sonra ilk kökler oluşmuştur. Köklenmenin genellikle dikimden sonraki ilk 3–4 hafta içinde başladığı ve 6–8 hafta içerisinde görünür saçak kök sistemlerinin oluştuğu tespit edilmiştir.

Adventif köklerin oluşumu, özellikle çeliğin alt kesiminde yoğunlaşmış çok sayıda ince kökten oluşan bir yapı göstermiştir. Kökler, toprak yüzeyine yakın konumlanmakla birlikte hızlı bir şekilde gelişim göstermiştir (Şekil 25).



Şekil 25. Çeliklerde köklenme ve sürgün oluşum aşamaları

3.3. Köklenme Oranı (%)

Çelikle ve tohumla çoğaltılan çeşit ve genotiplerin köklenme oranları aşağıda tablo 2’de verilmiştir. Genotip/Çeşit (G), Çoğaltım yöntemi (Ç) ve Genotip/çeşit x Çoğaltım yöntemi (GxÇ) interaksiyonunun köklenme oranı üzerine etkileri istatistiki olarak önemli ($p<0.001$) bulunmuştur. Bu durum, köklenme başarısının hem genetik yapı hem de kullanılan çoğaltım tekniği tarafından güçlü biçimde etkilendiğini göstermektedir.

Çoğaltım yöntemleri genel olarak karşılaştırıldığında, tohumla çoğaltılan bitkilerde ortalama köklenme oranı %89,04, çelikle çoğaltılan bitkilerde ise %78,41 olarak belirlenmiştir. İki yöntem arasındaki fark istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlıdır ($p<0.001$). Bu bulgu, tohumla üretimde kök oluşumunun başlangıçta daha yüksek oranda gerçekleştiğini, ancak bu yöntemin genetik açılım nedeniyle çeşit saflığını korumada dezavantajlı olduğunu göstermektedir. Buna karşın, çelikle çoğaltmada köklenme oranı biraz daha düşük olmakla birlikte, elde edilen fidanların genetik olarak sabit ve klonal nitelikte olması, uzun vadede üretim standardizasyonu açısından önemli bir üstünlük sağlamaktadır.

Genotipler arasındaki farklılıklar incelendiğinde, köklenme oranları bakımından belirgin varyasyonlar gözlenmiştir. En yüksek köklenme oranı, %96 ile 53 ME 265 genotipinde belirlenmiştir. Bu genotipi 53 ÇE 279 (%90,5) ve 28 Tİ 09 (%85) genotipleri izlemiştir. Bu üç genotip, köklenme kabiliyeti bakımından üstün performans sergileyen materyaller olarak öne çıkmıştır. Tuğlalı (%83,8) ve 53 GÜ 40 (%85) genotipleri orta düzeyde, 53 AD 83 (%81,5), Seakari (%75,5) ve Çin-1 (%74,5) genotipleri ise daha düşük köklenme oranlarına sahip olmuştur. Bu bulgular, köklenme potansiyelinin genetik farklılıklardan güçlü biçimde etkilendiğini ve bazı genotiplerin kök oluşturma yeteneğinin sınırlı olduğunu göstermektedir.

Genotip/çeşit $\times$ çoğaltım yöntemi (G $\times$ Ç) etkileşiminin yüksek düzeyde anlamlı ($p<0.001$) olması, bazı genotiplerin belirli çoğaltım yöntemlerine daha iyi tepki verdiğini ortaya koymaktadır. Örneğin, 53 ME 265 genotipi her iki yöntemde de yüksek köklenme oranına (%96 ve %91) sahip olup, genotip $\times$ yöntem etkileşimine en dengeli tepkiyi veren materyal olmuştur. Buna karşın, Çin-1 çeşidinde köklenme oranı çelikle üretimde %59’a kadar düşerken, tohumla üretimde %90’a ulaşmıştır. Benzer şekilde Seakari çeşidinde de çelikle çoğaltmada düşük (%66), tohumla çoğaltmada ise

daha yüksek (%85) oranlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar, genotiplerin köklenme kabiliyetlerinin çoğaltım yöntemine bağlı olarak değişebildiğini göstermektedir.

Tablo 2. Çelik ve tohum ile çoğaltılan bitkilerin köklenme oranları (%)

Genotip/Çeşit	Çoğaltım Yöntemi		Genotip/Çeşit Ortalaması
	Çelik	Tohum	
Tuğlalı	77 g	90,6 bc	83,8 c
Çin-1	59 ı	90 c	74,5 e
Seakari	66 h	85 e	75,5 e
53 GÜ 40	85 e	85 e	85 c
53 ME 265	96 a	91 b	94 a
28 Tİ 09	83 f	87 d	85 c
53 ÇE 279	85 e	96 a	90,5 b
53 AD 83	76,3 g	86,6 de	81,5 d
Çoğaltım Yöntemi Ortalaması	78,41 b	89,04 a	
<i>Önemlilik:</i> Genotip/Çeşit (G): **			Çoğaltım Yöntemi (Ç): **
			GxÇ: **

LSD testine göre farklı olan ortalamalar farklı harflerle gösterilmektedir *, ** ve ö.d. sırasıyla $p<0.05$, $p<0.001$ düzeyinde önemli ve önemli değil şeklindedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, çay bitkisinde hem tohumla hem de çelikle çoğaltmada yüksek köklenme oranlarına ulaşılmış olmakla birlikte, tohumla çoğaltmada genetik açılım riski nedeniyle klonal çoğaltma (çelikle üretim) yöntemi uygulamada daha güvenilir bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Özellikle 53 ME 265, 53 ÇE 279 ve 28 Tİ 09 genotipleri, yüksek köklenme başarısı göstererek fidan üretimi ve bahçe yenileme çalışmalarında kullanılabilecek üstün materyaller olarak belirlenmiştir.

Bostan vd. (2025) farklı ortam ve çelik tiplerinin çay çeliklerinde köklenmesi üzerine etkilerini incelemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada, tek gözlü yeşil çeliklerde köklenme oranını %74,17 ve tek gözlü odun çeliklerde köklenme oranını %76,10 olarak bildirmiştir.

Aydın ve Kalkışım (2024) yapmış oldukları çalışmada çay bitkisinin odun çelikleriyle çoğaltılmasında köklenme oranlarını tam ve yarım yapraklı çeliklerde sırasıyla %63 ve %65 olarak belirlemişlerdir. Bangladeş'te BT-2 çay çeşidinin çeliklerle çoğaltılmasında farklı IBA dozlarının etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, en iyi köklenme oranı, 4000 ppm hormon uygulamasında %57,60 olarak bulunmuştur

(Hoque, 2016). Yavaşı (2012) yapmış olduğu çalışmada 4000 ppm IBA ve pH 5.5 ortamında köklenme oranını %65 oranında belirlemiştir. Başka bir çalışmada yarı odun çay çeliklerinde %31,7 ile %93,3 arasında köklenme oranları tespit edilmiştir (Zenginbal vd. 2014). Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçların literatürle elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Hamasaki ve Nakamoto (2018), çay bitkisinde köklenme başarısının çoğaltım yöntemi, genetik özellikler ve çevresel koşulların etkileşimine bağlı olarak değiştiğini belirtmiştir.

3.4. Kök Gelişim Düzeyleri

Farklı çeşit ve genotiplere ait kök gelişim düzeyleri Tablo 3'te verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, genotip/çeşit faktörünün kök gelişimi üzerinde yüksek düzeyde anlamlı ($p<0.001$) bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Çoğaltım yöntemi faktörü (tohum ve çelik) istatistiksel olarak önemsiz (öd) bulunmuş; ancak genotip/çeşit $\times$ çoğaltım yöntemi ($G \times \mathcal{C}$) etkileşiminin yüksek düzeyde anlamlı ($p<0.001$) olması, kök gelişiminin genotip ve yöntemin kombinasyonuna bağlı olarak değiştiğini göstermiştir.

Çoğaltım yöntemleri karşılaştırıldığında, çelikle çoğaltmada ortalama kök gelişim değeri 3,63 iken tohumla çoğaltmada 3,92 olarak belirlenmiştir. İki yöntem arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte, çelikle çoğaltmanın da tohumla üretim kadar güçlü bir kök gelişimi sağlayabildiği görülmüştür. Tohumla üretimde genetik açılım nedeniyle istenen özelliklerin korunamaması riski dikkate alındığında, çelikle çoğaltma yöntemi hem genetik saflığın korunması hem de kaliteli fidan üretimi açısından güvenilir bir alternatif olarak öne çıkmaktadır.

Farklı genotiplerin kök gelişimlerinin istatistiki olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. En fazla kök gelişimi 28 Tİ 09 (4,50) ve 53 ME 265 (4,50) genotiplerinde elde edilmiştir. Bu genotiplerin kök gelişimleri hem çelik hem de tohumla çoğaltmada oldukça yüksek bulunmuştur. En düşük kök gelişimi ise Tuğlalı (3,00) ve Seakari (3,17) çeşitlerinde tespit edilmiştir.

Genotip/çeşit $\times$ Çoğaltım yöntemi ($G \times \mathcal{C}$) interaksiyonunun kök gelişim düzeyi üzerinde önemli ($p<0.001$) olduğu belirlenmiştir. Örneğin, 53 GÜ 40 genotipinde tohumla çoğaltım yönteminde (5,00) çelikle çoğaltım yöntemine (3,33) göre daha iyi bir kök gelişiminin olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan 53 AD 83 genotipinde çelikle

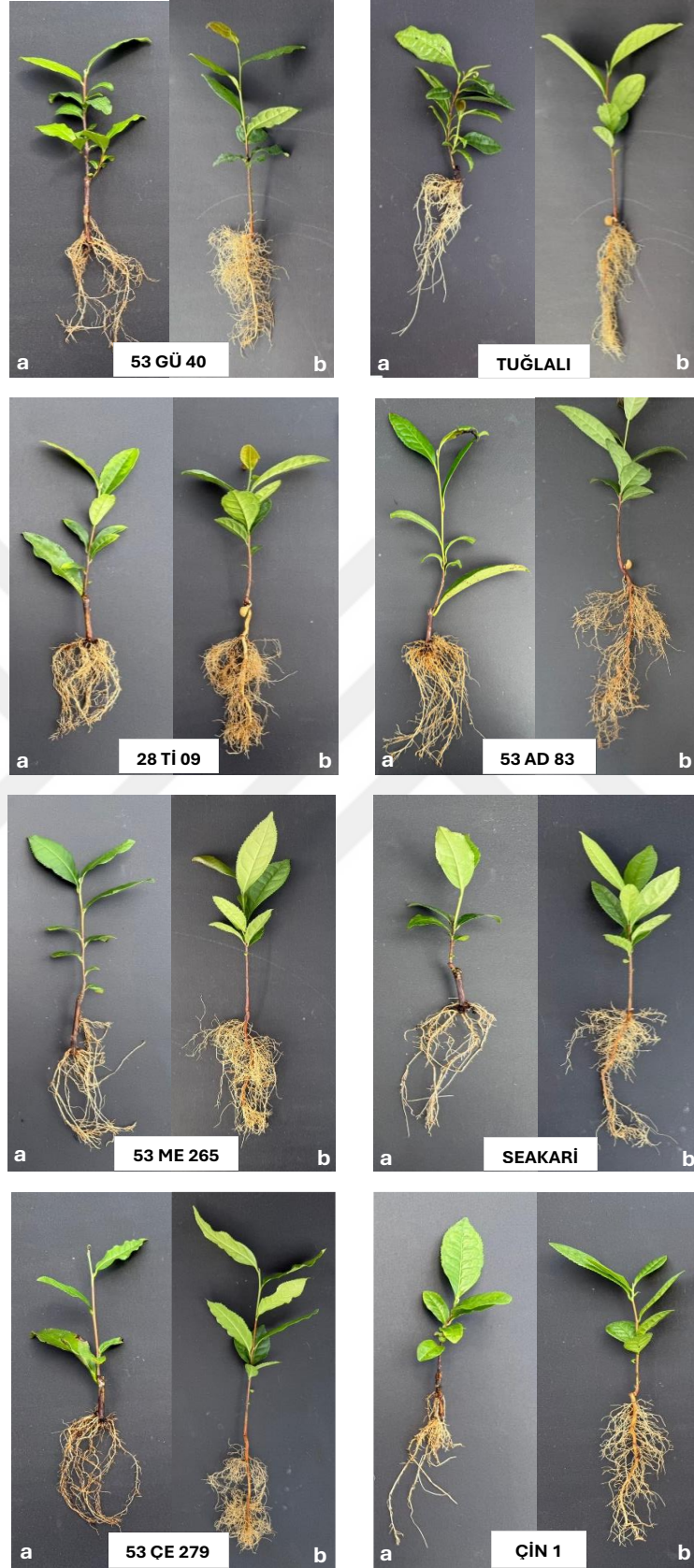
çoğaltılan bitkilerin kök gelişimlerinin (4,67) tohumla çoğaltılan bitkilerden (3,00) daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3. Çelik ve tohum ile çoğaltılan bitkilerin kök gelişim düzeyleri (1-5)

Genotip/Çeşit	Çoğaltım Yöntemi		Genotip/ Çeşit Ortalaması
	Çelik	Tohum	
Tuğlalı	3,33 cd	2,67 d	3,00 c
Çin-1	2,67 d	4,33 ac	3,50 bc
Seakari	3,00 d	3,33 cd	3,17 c
53 GÜ 40	3,33 cd	5,00 a	4,17 ab
53 ME 265	4,33 ac	4,67 ab	4,50 a
28 Tİ 09	4,33 ac	4,67 ab	4,50 a
53 ÇE 279	3,33 cd	3,67 bd	3,50 bc
53 AD 83	4,67 ab	3,00 d	3,83 ac
Çoğaltım Yöntemi Ortalaması	3,63	3,92	
Önemlilik: Genotip/Çeşit (G): ** Çoğaltım Yöntemi (Ç): öd GxÇ: **			

LSD testine göre farklı olan ortalamalar farklı harflerle gösterilmektedir *, ** ve ö.d. sırasıyla $p<0.05$, $p<0.001$ düzeyinde önemli ve önemli değil şeklindedir.

Çalışmada, kök gelişim düzeylerinin genotip ve çoğaltım yöntemine bağlı olarak farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Bostan vd. (2025) yaptıkları çalışmada kök gelişim düzeylerinin tespiti için 1-5 arası skala kullanmış olup farklı çay çeşitlerine ait çeliklerin kök gelişimlerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada farklı genotiplerde çelik ve tohum ile üretilen bitkilerin kök gelişimleri arasında farklılık bulunmamıştır. Bu çalışmada tohum ve çelikten üretilen farklı çeşit ve çeşit adaylarının kök gelişimlerine ait görseller Şekil 26’da verilmiştir.



Şekil 26. Çelikle (a) ve tohumla (b) çoğaltılan çay çeşit ve çeşit adaylarının kök gelişimleri

3.5. Fidan Kalitesi

Tohumla ve çelikle çoğaltmanın fidan kalitesi üzerine etkileri Tablo 4'te verilmiştir. Tablo incelendiğinde Genotip/Çeşit (G) ve Genotip/çeşit x Çoğaltım Yöntemi (GxÇ) interaksyonu istatistiki olarak önemsiz bulunurken, çoğaltım yönteminin (Ç) fidan kalitesi üzerine etkileri istatistiki olarak önemli ($p<0.001$) bulunmuştur (Tablo 4). İstatistiki olarak farklı olsa da değerlendirmede kullanılan skala sonuçlarına göre fidan kalitesi hem çelikle çoğaltılan bitkilerde (4,82) hem de tohumla çoğaltılan bitkilerde (4,70) genel olarak birbirine yakın bulunmuştur.

Farklı genotiplerin kök gelişimlerinin istatistiki olarak önemsiz olduğu tespit edilse de en iyi fidan kalitesinde 53 GÜ 40, 53 ME 265 ve 53 AD 83 genotiplerinin öne çıktığı görülmüştür. Bu sonuç söz konusu genotiplerin fidan kalitesi bakımından çoğaltma yöntemlerine karşı daha stabil bir durum ortaya koyduğunu göstermektedir. Seakari çeşidinin ise ortalama 4,39 değer ile en düşük fidan kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Genotip/çeşit x Çoğaltım yöntemi (GxÇ) interaksyonunun ise fidan kalitesi üzerine etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir. Çoğaltma yöntemlerinin ve genotiplerin fidan kalitesi üzerindeki etkisi incelendiğinde, bazı genotiplerde küçük farklılıkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Örneğin, Çin 1 ve Seakari çeşitlerinde tohumla çoğaltılan bitkilerin fidan kalitesi sırası ile 4,43 ve 4,65 olarak bulunurken, çelikle çoğaltılan bitkilerin fidan kalitesi 4,36 ile 4,53 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4. Çelik ve tohum ile çoğaltılan bitkilerin fidan kalitesi (1-5)

Genotip/Çeşit	Çoğaltım Yöntemi		Genotip/ Çeşit Ortalaması
	Çelik	Tohum	
Tuğlalı	5,00	4,67	4,83
Çin-1	4,53	4,65	4,59
Seakari	4,36	4,43	4,39
53 GÜ 40	5,00	5,00	5,00
53 ME 265	5,00	5,00	5,00
28 Tİ 09	4,92	4,58	4,75
53 ÇE 279	4,78	4,33	4,55
53 AD 83	5,00	5,00	5,00
Çoğaltım Yöntemi Ortalaması	4,82 a	4,70 b	
<u>Önemlilik:</u> Genotip/Çeşit (G): öd Çoğaltım Yöntemi (Ç): ** GxÇ: öd			

LSD testine göre farklı olan ortalamalar farklı harflerle gösterilmektedir *, ** ve ö.d. sırasıyla $p<0.05$, $p<0.001$ düzeyinde önemli ve önemli değil şeklindedir.

Ek olarak Tuğlalı çeşidi ile 28 Tİ 09, 53 ÇE 279 genotiplerinde çelikle çoğaltılan bitkilerin fidan kalitesi tohumla çoğaltılan bitkilerin fidan kalitesinden daha yüksek olduğu görülmüştür.

Elde edilen bulgular, incelenen tüm genotiplerin ortalama kalite değerlerinin 4,0 üzerinde olması, fidan kalitesinin genel olarak yüksek olduğunu göstermektedir (Şekil 27). Bununla birlikte, yapılan farklı çalışmalarda, çoğaltmada kullanılan genotipler arasında belirgin kalite farklılıklarının oluşabildiği ve bazı genotiplerin bazı çoğaltma yöntemine daha duyarlı olduğu ve fidan kalitesinin de çevresel ve genetik faktörlerden etkilendiği belirtilmiştir (Göksu vd., 2015; Yağcı vd., 2016).



Şekil 27. Çelikle (a) ve tohumla (b) çoğaltılan çay bitkisinin fidan gelişimleri

3.6. Gövde Kalınlığı (mm)

Çelik ve tohum ile çoğaltılan bitkilerin gövde kalınlığı Tablo 5’te verilmiştir. Tablo incelendiğinde çoğaltım yöntemi (Ç) ile Genotip/çeşit x Çoğaltım Yöntemi (GxÇ) interaksiyonunun gövde kalınlığı üzerine etkileri istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Genotip/çeşit (G)’in gövde kalınlığı üzerine etkileri ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Çoğaltım yöntemi açısından değerlendirme yapıldığında, çelikle çoğaltılan bitkilerde ortalama gövde kalınlığı 2.78 mm, tohumla çoğaltılan bitkilerde ise 3.08 mm olarak belirlenmiştir. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.001$). Bu bulgu, tohumla çoğaltılan bitkilerin gövde kalınlığının genel olarak çelikle çoğaltılanlara göre

daha yüksek olduğunu göstermektedir. Ancak tohumla üretimde meydana gelen genetik varyasyon (açılım) nedeniyle bitkiler arasında farklılıklar gözlenebilir. Buna karşın, çelikle çoğaltılan bitkilerde genetik saflığın korunması ve homojen yapı elde edilmesi bakımından önemli avantajlar bulunmaktadır. Dolayısıyla, çelikle çoğaltmada gövde kalınlığı biraz daha düşük olsa da bu fark üretim açısından kritik düzeyde değildir.

Genotip/çeşit $\times$ çoğaltım yöntemi etkileşimi ($G \times \mathcal{C}$) istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) bulunmuştur. Bu sonuç, bazı genotiplerin belirli çoğaltım yöntemlerine daha iyi yanıt verdiğini göstermektedir. Örneğin, 53 AD 83 genotipinde çelikle üretim (2,86 mm) tohumla üretimden (2,49 mm) daha başarılı olurken; 28 Tİ 09 ve 53 GÜ 40 genotiplerinde tohumla çoğaltma daha yüksek gövde kalınlığı sağlamıştır. Bu durum, gövde gelişiminin genotipin morfolojik özelliklerine ve çoğaltım yöntemiyle ilişkili fizyolojik süreçlere bağlı olarak değiştiğini göstermektedir.

Genotip bazında incelendiğinde, gövde kalınlığı en yüksek olan genotiplerin 28 Tİ 09 (3,42 mm) ve 53 GÜ 40 (3,36 mm) olduğu görülmüştür. Bu genotiplerde özellikle tohumla çoğaltmada yüksek gövde kalınlığı değerleri elde edilmiştir. 53 ME 265 genotipi her iki yöntemde de benzer (3,14 mm) değer göstermiştir; bu da genotipin çoğaltım yönteminden bağımsız olarak dengeli bir gövde gelişimi potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Tuğlalı (2,69 mm) ve 53 AD 83 (2,68 mm) genotiplerinde ise gövde kalınlığı düşük bulunmuştur. Bu durum, bu genotiplerin erken gelişim döneminde gövde odunlaşmasının diğerlerine kıyasla daha zayıf olduğunu düşündürmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, gövde kalınlığı bakımından tohumla çoğaltılan bitkilerde daha yüksek ortalama değerler elde edilmiş olsa da çelikle çoğaltılan bitkilerde de yeterli gövde gelişimi sağlanmıştır. Özellikle 53 ME 265, 28 Tİ 09 ve 53 GÜ 40 genotipleri hem güçlü gövde yapısı hem de diğer büyüme parametreleri açısından fidan üretiminde kullanılabilecek üstün materyaller olarak öne çıkmaktadır. Bu sonuçlar, çelikle çoğaltmanın genetik stabiliteyi koruyarak yeterli gövde gelişimi sağlayabileceğini ve ticari fidan üretimi için güvenilir bir yöntem olduğunu desteklemektedir.

Tablo 5. Çelik ve tohum ile çoğaltılan bitkilerin gövde kalınlığı (mm)

Genotip/Çeşit	Çoğaltım Yöntemi		Genotip/ Çeşit Ortalaması
	Çelik	Tohum	
Tuğlalı	2,42 e	2,95 ad	2,69
Çin-1	2,85 be	2,98 ac	2,92
Seakari	2,82 be	3,07 ac	2,95
53 GÜ 40	2,71 ce	3,36 a	3,03
53 ME 265	3,14 ac	3,14 ac	3,14
28 Tİ 09	2,73 ce	3,42 a	3,08
53 ÇE 279	2,73 ce	3,21 ab	2,97
53 AD 83	2,86 be	2,49 de	2,68
Çoğaltım Yöntemi Ortalaması	2,78 b	3,08 a	
<u>Önemlilik:</u> Genotip/Çeşit (G): öd Çoğaltım Yöntemi (Ç): ** GxÇ: *			

LSD testine göre farklı olan ortalamalar farklı harflerle gösterilmektedir *, ** ve ö.d. sırasıyla $p<0.05$, $p<0.001$ düzeyinde önemli ve önemli değil şeklindedir.

Bostan vd. (2025) farklı çay çeşitleri kullanarak yaptıkları çay çeliği köklendirme çalışmasında çeşitlerin gövde kalınlığının önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Bu tez çalışmasında da benzer olarak, kullanılan farklı çay genotiplerinin tohum ve çeliğinden elde edilen fidanların gövde kalınlıklarının önemsiz olduğu bulunmuştur.

Yapılan çeşitli araştırmalar, aynı türe ait farklı çeşitlerde çelik kalınlığının genotiplere göre değişiklik gösterdiğini ve birçok bitki türünde çeliklerin köklenme başarısının çelik kalınlığından etkilendiğini ortaya koymuştur (Çelik ve Gargın, 2009; Hartmann vd., 2011; Göksu vd., 2015).

3.7. Sürgün Uzunluğu (cm)

Çelik ve tohumla çoğaltılan bitkilerin sürgün uzunlukları incelendiğinde, genotipler ve çoğaltım yöntemleri arasında belirgin farklılıklar olduğu görülmüştür. Varyans analizi sonuçlarına göre, genotip/çeşit (G) faktörü ile çoğaltım yöntemi (Ç) faktörü yüksek düzeyde anlamlı ($p<0.001$) bulunmuştur. Buna karşın genotip/çeşit $\times$ çoğaltım yöntemi (G $\times$ Ç) etkileşimi önemsiz (öd) çıkmıştır. Bu sonuçlar, sürgün uzunluğunun hem genetik yapıya hem de kullanılan çoğaltım yöntemine bağlı olarak değiştiğini, ancak bu iki faktörün birlikte anlamlı bir etkileşim oluşturmadığını göstermektedir.

Çoğaltım yöntemleri genel olarak karşılaştırıldığında, tohumla çoğaltılan bitkilerde ortalama sürgün uzunluğu 15,45 cm, çelikle çoğaltılan bitkilerde ise 12,38 cm olarak belirlenmiştir. Aradaki fark yüksek düzeyde anlamlı ($p<0.001$) olup, tohumla çoğaltılan bitkilerde sürgün gelişiminin daha fazla olduğunu göstermektedir. Bu durum, tohumla elde edilen bitkilerin kök ve gövde sistemlerinde daha hızlı primer büyüme gerçekleştirmesiyle açıklanabilir. Ancak, tohumla üretimde meydana gelen genetik açılım nedeniyle popülasyon içerisinde morfolojik farklılıkların artabileceği, dolayısıyla bu büyüme farkının kalite açısından her zaman avantaj oluşturmayaabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Buna karşın, çelikle çoğaltılan bitkilerde daha homojen bir sürgün gelişimi gözlenmiştir ve bu da klonal üretimde istenen bir özelliktir.

Tablo 6. Çelik ve tohum ile çoğaltılan bitkilerin sürgün uzunluğu (cm)

Genotip/Çeşit	Çoğaltım Yöntemi		Genotip/ Çeşit Ortalaması
	Çelik	Tohum	
Tuğlalı	9,83	13,10	11,47 d
Çin-1	10,07	13,40	11,73 d
Seakari	10,40	14,47	12,43 cd
53 GÜ 40	10,73	17,00	13,87 bd
53 ME 265	13,93	15,13	14,53 ac
28 Tİ 09	17,20	16,80	17,00 a
53 ÇE 279	12,53	18,03	15,28 ab
53 AD 83	14,30	15,67	14,98 ac
Çoğaltım Yöntemi Ortalaması	12,38 b	15,45 a	
<i>Önemlilik:</i> Genotip/Çeşit (G): ** Çoğaltım Yöntemi (Ç): ** GxÇ: öd			

LSD testine göre farklı olan ortalamalar farklı harflerle gösterilmektedir *, ** ve ö.d. sırasıyla $p<0.05$, $p<0.001$ düzeyinde önemli ve önemli değil şeklindedir.

Genotipler/çeşitler arasında karşılaştırma yapıldığında, en yüksek sürgün uzunluğu 28 Tİ 09 (17,00 cm) genotipinde kaydedilmiştir. Bu genotipi 53 ÇE 279 (15,28 cm), 53 AD 83 (15,28 cm) ve 53 ME 265 (14,53 cm) izlemiştir. Bu dört genotip, genel olarak yüksek sürgün gelişimi potansiyeli gösteren materyaller olarak öne çıkmaktadır. 53 GÜ 40 (13,87 cm) orta düzeyde, Seakari (12,43 cm) ve Çin-1 (11,73 cm) ise daha düşük düzeyde sürgün gelişimi göstermiştir. Tuğlalı (11,47 cm) genotipi en düşük sürgün uzunluğuna sahip olmuştur. Bu farklılıklar, genetik faktörlerin

bitkinin büyüme hızını ve sürgün uzama potansiyelini belirlemede önemli rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Çelik ve tohum yöntemleri ile çeşit ve genotipler birlikte değerlendirildiğinde, bazı genotiplerde çoğaltma yöntemine göre sürgün uzunluğunun oldukça farklı olduğu görülmektedir. Örneğin, 53 GÜ 40 genotipinde tohumla üretimde sürgün uzunluğu 17.00 cm'ye ulaşırken, çelikle üretimde 10,73 cm olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde, 53 ÇE 279 genotipinde sürgün uzunluğu tohumla çoğaltmada (18,03 cm) çelikle çoğaltmaya (12,53 cm) göre belirgin üstünlük göstermiştir. Buna karşın, 28 Tİ 09 genotipinde çelik (17,20 cm) ve tohum (16,80 cm) ile çoğaltma yöntemleri arasında fark oldukça az bulunmuştur. Bu genotip, her iki yöntemde de güçlü sürgün gelişimi göstermesi nedeniyle yüksek adaptasyon kapasitesine sahip bir materyal olarak değerlendirilebilecektir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, sürgün uzunluğu bakımından tohumla çoğaltılan bitkiler ortalama olarak daha yüksek değerlere sahip olsa da çelikle çoğaltma yöntemi de birçok genotipte yeterli sürgün gelişimi sağlamıştır. Özellikle 28 Tİ 09, 53 ÇE 279, 53 AD 83 ve 53 ME 265 genotipleri hem çelikle hem tohumla üretimde yüksek sürgün gelişimi göstermiştir. Bu sonuçlar, çelikle çoğaltmanın genetik saflığı koruyarak tohumla üretim düzeyinde sürgün gelişimi elde edilebileceğini ve dolayısıyla ticari fidan üretiminde etkin biçimde kullanılabileceğini göstermektedir.

Hamid vd. (2006) tarafından üç yıl boyunca 10 farklı köklendirme ortamında yürütülen bir çalışmada, ortalama sürgün uzunluklarının 2,90 cm ile 24,25 cm arasında değiştiği belirtilmiştir. Yavaş (2012) yaptığı çalışmada 5,5 pH ortamında 4000 ppm IBA uygulanan çeliklerin sürgün uzunluğunu 6,93 cm olarak elde etmiştir.

Aydın ve Kalkışım (2024), farklı IBA dozlarının uyguladıkları çeliklerde en yüksek ortalama sürgün uzunluğunu yarım yapraklı odun çeliklerinde 36,59 mm olarak, en düşük sürgün uzunluğu ise tam yapraklı odun çeliklerinde 17,10 mm olarak saptanmışlardır. Başka bir çalışmada ise Hoque (2016), yarı odun çay çeliklerinde sürgün uzunluğunu 5,43 cm ile 12,98 cm arasında olduğu tespit etmiştir.

3.8. Kök Ağırlığı (gr)

Varyans analizi sonuçlarına göre, genotip/çeşit (G), çoğaltım yöntemi (Ç) ve genotip/çeşit $\times$ çoğaltım yöntemi (G $\times$ Ç) etkileşimi faktörlerinin tamamının kök ağırlığı üzerine etkileri yüksek düzeyde anlamlı ($p<0.001$) bulunmuştur. Bu durum, kök ağırlığının hem genetik yapı hem de kullanılan çoğaltım yöntemi tarafından belirgin biçimde etkilendiğini ve genotiplerin farklı yöntemlere farklı tepkiler verdiğini göstermektedir.

Genotipler bazında değerlendirildiğinde, kök ağırlığı bakımından en yüksek ortalama 53 ME 265 (1,90 g) genotipinde saptanmıştır. Bu genotipi 28 Tİ 09 (1.71 g) ve 53 AD 83 (1.70 g) izlemiştir. Bu üç genotip, kök gelişimi bakımından üstün performans göstermiştir. 53 GÜ 40 (1.39 g), Çin-1 (1.36 g) ve 53 ÇE 279 (1,47 g) orta düzeyde değerlere sahipken, Tuğlalı (1,13 g) ve Seakari (1,13 g) en düşük kök ağırlığına sahip olarak belirlenmiştir. Bu farklılıklar, genotiplerin fizyolojik kök oluşturma yeteneklerinin değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Genotip/çeşit $\times$ çoğaltım yöntemi (G $\times$ Ç) etkileşiminin yüksek düzeyde anlamlı ($p<0.001$) olması, bazı genotiplerde kök ağırlığının çoğaltım yöntemine göre önemli farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Örneğin, 53 ME 265 genotipinde çelikle çoğaltmada kök ağırlığı 1,45 g iken, tohumla çoğaltmada 2.35 g'a ulaşmıştır. Benzer şekilde, 53 GÜ 40 genotipinde tohumla üretim (2,02 g) çelikle üretime (0,76 g) göre belirgin üstünlük göstermiştir. Buna karşılık, 53 AD 83 genotipinde durum tersine dönmüş; çelikle üretimde kök ağırlığı 1,94 g iken, tohumla üretimde 1,45 g olarak saptanmıştır. Bu durum, bazı genotiplerin vejetatif çoğaltmaya (çelikle üretim) daha iyi yanıt verdiğini, bazılarının ise generatif çoğaltmada (tohumla üretim) daha yüksek kök kütlesi oluşturduğunu göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, tohumla çoğaltılan bitkilerde kök ağırlığı ortalama olarak daha yüksek olmasına karşın, çelikle çoğaltmada da kök gelişiminin yeterli düzeyde gerçekleştiği görülmektedir. Özellikle 53 ME 265, 28 Tİ 09 ve 53 AD 83 genotipleri, her iki yöntemde de yüksek kök ağırlığına ulaşarak güçlü kök sistemine sahip fidanlar oluşturma potansiyeli göstermiştir. Bu sonuçlar, çelikle çoğaltmanın genetik saflığı korurken kök gelişiminde de tatmin edici düzeyler sağlayabildiğini ve bu yöntemin ticari fidan üretimi açısından güvenilir bir alternatif olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 7. Çelik ve tohum ile çoğaltılan bitkilerin kök ağırlığı (gr)

Genotip/Çeşit	Çoğaltım Yöntemi		Genotip/ Çeşit Ortalaması
	Çelik	Tohum	
Tuğlalı	0,79 e	1,46 bd	1,13 c
Çin-1	0,77 e	1,95 ac	1,36 bc
Seakari	0,72 e	1,53 bd	1,13 c
53 GÜ 40	0,76 e	2,02 ab	1,39 bc
53 ME 265	1,45 bd	2,35 a	1,90 a
28 Tİ 09	1,39 cd	2,03 ab	1,71 ab
53 ÇE 279	1,07 de	1,88 ac	1,47 bc
53 AD 83	1,94 ac	1,45 bd	1,70 ab
Çoğaltım Yöntemi Ortalaması	1,11 b	1,84 a	
<i>Önemlilik:</i> Genotip/Çeşit (G): ** Çoğaltım Yöntemi (Ç): ** GxÇ: **			

LSD testine göre farklı olan ortalamalar farklı harflerle gösterilmektedir *, ** ve ö.d. sırasıyla $p<0.05$, $p<0.001$ düzeyinde önemli ve önemli değil şeklindedir.

Bostan vd. (2025) yaptıkları çalışmada torf-vermikülit ortamındaki tek gözlü yeşil çeliklerde kök ağırlığını ortalama 0,27 gr olarak tespit etmiştir. En yüksek kök ağırlığı Hayrat çeşidinde iki gözlü yaşlı çeliklerde (0,67 gr) bulunmuştur. Önceki çalışmalarda, açıkta yetiştirilen tek gözlü çeliklerde kök kuru ağırlığının 0,02 g, örtü altında 0,03–0,12 g arasında olduğu (Kathiravetpillai vd., 1982), 2000 ppm IBA + NAA uygulamasının kontrol grubuna göre daha yüksek kök ağırlığı sağladığı (Gonbad vd., 2009) ve kontrol grubunda ortalama kök ağırlığının 4. haftada 0,8 g, 6. haftada 1,12 g'a ulaştığı (Vidanapathirana vd., 2023) bildirilmiştir.

3.9. Kök uzunluğu (cm)

Çay bitkisinde kök uzunluğu bakımından genotipler ve çoğaltım yöntemleri arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır (Tablo 8). Varyans analizi sonuçlarına göre, genotip/çeşit (G), çoğaltım yöntemi (Ç) ve genotip/çeşit $\times$ çoğaltım yöntemi (G $\times$ Ç) etkileşimleri önemsiz bulunmuştur. Bu sonuç, kök uzunluğunun hem genetik yapıdan hem de çoğaltım yönteminden bağımsız olarak benzer düzeyde gerçekleştiğini göstermektedir.

Çoğaltım yöntemleri açısından ortalama değerler incelendiğinde, çelikle çoğaltılan bitkilerde kök uzunluğu ortalaması 13,52 cm, tohumla çoğaltılan bitkilerde ise 14,26 cm olarak belirlenmiştir. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte, tohumla çoğaltmada kök uzunluğu değerlerinin hafifçe daha yüksek olduğu

görülmektedir. Bu fark, tohumla elde edilen bitkilerde primer kök gelişiminin doğrudan tohum embriyosundan başlamasıyla açıklanabilir. Ancak çelikle çoğaltılan bitkilerde de benzer kök uzunluklarının elde edilmesi, bu yöntemin kök gelişimi açısından yeterli fizyolojik kapasiteye sahip olduğunu göstermektedir.

Genotipler arasında kök uzunluğu bakımından büyük farklılıklar gözlenmemiştir. En yüksek ortalama kök uzunluğu 53 AD 83 (14,53 cm) ve 53 ME 265 (14,40 cm) genotiplerinde belirlenmiştir. Bu genotipleri Çin-1 (14,18 cm) ve Tuğlalı (13,92 cm) çeşitleri etmiştir. Diğer genotipler 13–14 cm aralığında değerler göstermiştir. En düşük ortalama kök uzunluğu 28 Tİ 09 (13,27 cm) ve 53 ÇE 279 (13,37 cm) genotiplerinde kaydedilmiştir. Bu bulgular, çeşitler arasında belirgin bir üstünlük bulunmadığını ve tüm genotiplerin kök uzaması açısından benzer fizyolojik performans sergilediğini ortaya koymaktadır.

Tablo 8. Çelik ve tohum ile çoğaltılan bitkilerin kök uzunluğu (cm)

Genotip/Çeşit	Çoğaltım Yöntemi		Genotip/ Çeşit Ortalaması
	Çelik	Tohum	
Tuğlalı	12,10	15,73	13,92
Çin-1	12,00	16,37	14,18
Seakari	13,37	13,77	13,57
53 GÜ 40	15,03	12,77	13,90
53 ME 265	14,00	14,80	14,40
28 Tİ 09	13,77	12,77	13,27
53 ÇE 279	13,63	13,10	13,37
53 AD 83	14,27	14,80	14,53
<i>Çoğaltım Yöntemi Ortalaması</i>	13,52	14,26	
<i>Önemlilik:</i> Genotip/Çeşit (G): öd Çoğaltım Yöntemi (Ç): öd GxÇ: öd			

LSD testine göre farklı olan ortalamalar farklı harflerle gösterilmektedir *, ** ve ö.d. sırasıyla $p<0.05$, $p<0.001$ düzeyinde önemli ve önemli değil şeklindedir.

Çelik ve tohumla çoğaltma yöntemleri ile genotipler birlikte incelendiğinde, bazı genotiplerde çoğaltma yöntemleri arasında küçük farklılıklar olsa da bu farklar istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bulunmamıştır. Örneğin, Tuğlalı çeşidinde kök uzunluğu tohumla üretimde 15,73 cm, çelikle üretimde 12,10 cm'dir; buna karşın 53 GÜ 40 genotipinde durum tersine dönmüş, çelikle üretimde 15,03 cm, tohumla üretimde 12,77 cm değerleri elde edilmiştir. Benzer şekilde, 28 Tİ 09 genotipinde çelik

ve tohumla çoğaltma yöntemleri arasında yalnızca 1 cm fark gözlenmiştir. Bu bulgular, kök uzunluğunun genotip $\times$ yöntem etkileşiminden belirgin biçimde etkilenmediğini doğrulamaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, çay bitkisinde hem çelikle hem de tohumla çoğaltmada benzer kök uzunluğu değerleri elde edilmiştir. Bu durum, çelikle çoğaltmanın kök uzama kapasitesi bakımından tohumla çoğaltma kadar başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, kök uzunluğu bakımından genotipler arasında yüksek varyasyon olmaması, bu özelliğin çevresel koşullardan veya çoğaltım tekniğinden daha az etkilendiğini göstermektedir. Sonuç olarak, çelikle çoğaltma yöntemi, genetik saflığı koruyarak kök uzunluğu bakımından tatmin edici düzeyde gelişim sağlayabilen, uygulamada güvenle kullanılabilecek bir yöntem olarak değerlendirilmiştir.

Aydın ve Kalkışım (2024) yaptıkları çalışmada çay bitkisinin odun çeliklerinde en yüksek ortalama kök uzunluğunu 37.76 mm olarak, en düşük kök uzunluğu ise 23.39 mm olarak saptamışlardır. Benzer çalışmalarda, Zenginbal vd. (2014), yarı odun çay çeliklerinde kök uzunluğunu 5.9–16,8 cm arasında; Yavaş (2012), odun çeliklerinde 3.51–6,11 cm arasında; Hoque (2016) ise yarı odun çeliklerinde 2.20–4,85 cm arasında olduğunu bildirmiştir. Bostan vd. (2025), yapmış oldukları çalışmada tek gözlü yeşil ve odun çeliklerdeki çeşitler arası kök uzunlukları incelenmiş ve en iyi kök uzunluğu 6,36 cm ile torf-vermikulit ortamındaki Zihni Derin çay çeşidinin tek gözlü odun çeliğinde tespit etmişlerdir.

Kök uzunluklarının kullanılan çeşit veya genotipe göre farklılık gösterdiği birçok araştırmacı tarafından da bildirilmiştir (Hamid vd., 2006; Yavaş, 2012; Taryono, 2014; Zenginbal vd., 2014b; Setyowati vd., 2023; Bostan vd., 2025).

4. SONUÇ

Bu çalışmada, tohumla ve çelikle fidan üretiminin kök gelişimi ve fidan kalitesi üretimine etkileri incelenmiştir. Özellikle kök gelişimi ve fidan kalitesi bakımından her iki üretim yöntemi detaylı biçimde karşılaştırılmış; çelikle çoğaltılan bitkilerin köklenme durumları ile tohumla çoğaltılan bitkilerin köklenme durumlarının benzer ve farklı özellikleri ortaya konulmuştur.

Elde edilen bulgulara göre, köklenme oranı bakımından tohumla çoğaltılan bitkilerin genellikle daha yüksek değerlere sahip olduğu, özellikle 53 ME 265 ve 53 ÇE 279 genotiplerinin istatistiksel olarak öne çıktığı belirlenmiştir. Kök gelişim düzeyi istatistiksel olarak incelendiğinde, tohumla çoğaltma yönteminin ortalama olarak daha yüksek değerler sağladığı, ancak bazı genotiplerde (örneğin 53 AD 83) çelik yönteminin daha başarılı sonuç verdiği tespit edilmiştir. Fidan kalitesi açısından ise her iki çoğaltma yönteminde de yüksek ortalamalar elde edilmiş, ancak çelikle çoğaltmanın daha üstün olduğu görülmüştür. Gövde kalınlığı bakımından genel eğilim tohum lehine olsa da genotip/çeşit x çeşit interaksiyonu göz önüne alındığında istatistiksel olarak farklılıklar gözlenmiş, 28 Tİ 09 ve 53 GÜ 40 genotiplerinde tohumla çoğaltımda en yüksek değerlere ulaşırken, 53 AD 83 genotipinde çelikle çoğaltım yapılan bitkinin gövde kalınlığı daha yüksek bulunmuştur.

Sürgün uzunluğu açısından tohumla çoğaltmanın genellikle daha avantajlı olduğu, 28 Tİ 09 ve 53 ÇE 279 genotiplerinin en yüksek değerlere ulaştığı, Tuğlalı ve Çin-1 çeşitlerinin ise sınırlı gelişim gösterdiği belirlenmiştir. Kök ağırlığı bakımından tohumla çoğaltılan bitkiler daha yüksek ortalamalara sahip olurken, 53 ME 265 ve 28 Tİ 09 genotipleri güçlü kök biyokütlesi ile öne çıkmıştır. Kök uzunluğu yönünden istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamış olup tohumla çoğaltma yöntemi genel olarak daha iyi sonuç verse de bazı genotiplerde (örneğin 53 GÜ 40) çelikle çoğaltmanın daha başarılı olduğu görülmüştür.

Çay bitkisinde köklenme ve büyüme performansı genotip/çeşit × çoğaltma yöntemi etkileşimine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Tohumla çoğaltma, kök gelişimi, sürgün uzunluğu ve kök biyokütlesi bakımından öne çıkarken; çelikle çoğaltma, fidan kalitesi ve bazı genotiplerde kök gelişimi açısından daha istikrarlı sonuçlar sağlamıştır. İstatistiksel olarak elde edilen veriler incelendiğinde genel olarak

28 Tİ 09 ve 53 ME 265 genotipleri birçok özelliikte üstün performans göstermiştir. Bu bulgular, çay fidanı üretiminde çoğaltma yönteminin genotip özelliğiyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Çelikle çoğaltılan çay bitkilerinin, uygun hormon (4000 ppm IBA) uygulaması sonrası, tohumla üretilen fidanlarla benzer derecede gelişmiş bir kök sistemine sahip olabildiğini göstermiştir. Özellikle kök sayısı, kök uzunluğu, kök hacmi ve saçak kök yayılımı gibi parametrelerde çeliklerin önemli başarı gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durum, çelikle üretimin yalnızca genetik homojenlik sağlandığı için avantajlı olması dışında, morfolojik gelişim açısından da güçlü bir seçenek olduğunu ortaya koymaktadır.

Çelik ile üretilen fidanlarda gözlenen saçak köklerin yoğunluğu ve yatay-yüzeyssel yayılım kapasitesi, bu fidanların toprakla temas alanını artırarak su ve besin alımını yükseltmektedir. Buna karşın, tohumla elde edilen fidanların kazık kök yapısı derine doğru gelişmekte ancak saçak kök gelişimi daha sınırlı kalmaktadır.

Çelikle çoğaltılan bitkilerde kök yapısının kalın, dallanmış ve sağlıklı bir yapıda olduğu görülmüştür. Bu durum çeliklerde uygun uygulamalarla yüksek köklenme başarısının elde edilebileceğini kanıtlamaktadır.

Çelikle üretimde karşılaşılan başlıca zorluklar arasında düşük köklenme oranları ve yüksek ölüm oranı olabilse de bu çalışmada kullanılan uygun çelik alma zamanı, hormon dozu ve uygun çevre koşullarının sağlanması gibi avantajlar sayesinde bu olumsuzlukların en aza indirilebileceği görülmüştür.

Sonuç olarak, çelikle çoğaltılan çay fidanlarının kök gelişimi açısından tohumla üretilen fidanlara eşdeğer özellikler gösterdiği belirlenmiştir. Bu bulgular, ticari çay fidanı üretiminde kaliteli ve genetik olarak homojen fidan elde etme açısından çelikle çoğaltmanın kullanılabileceğini ortaya koymakta, hem de modern çay tarımında sürdürülebilir üretim yaklaşımlarının geliştirilmesine katkı sunmaktadır.

Türkiye’de çay tarımı yapılan başlıca bölgelerdeki çay bahçelerinin büyük bir kısmı ileri yaş dönemindedir ve bu durum, verimlilikte ve kalite düzeyinde belirgin düşüslere yol açmaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi’nde yaklaşık 100 yıldır sürdürülen çay tarımı sonucunda, ekonomik yaş olarak tanımlanan 50-60 yaş aralığını aşan birçok çaylık alanın fizyolojik olarak zayıfladığı ve üreticiye hem verim hem de kalite açısından yeterli katkı sağlayamadığı bilinmektedir. Bu nedenle, çay tarımının

sürdürülebilirliği ve ekonomik verimliliğin artırılması amacıyla mevcut bahçelerin gençleştirilmesi, yani sistematik bir yenileme sürecinin başlatılması kaçınılmaz bir gereklilik hâline gelmiştir.

Bu yenileme sürecinde çelikle üretilen fidanların kullanılması, birçok yönden önemli avantajlar sunmaktadır. Çelikle çoğaltma yöntemi, üstün nitelikli genotiplerden alınan bitki parçalarının köklendirilmesi yoluyla, genetik olarak sabit ve kaliteli fidanların elde edilmesini sağlar. Bu yöntemle, bölge koşullarına uyum sağlamış, verimli ve kaliteli klonlardan alınacak çeliklerle oluşturulacak yeni plantasyonlar, uzun vadede üretimde standartlaşma, kalite artışı ve ekonomik sürdürülebilirlik sağlayacaktır.



KAYNAKÇA

- Agarwal, B., Singh, U., & Banerjee, M. (1992). In vitro clonal propagation of tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 30(1), 1-5.
- Ahmed, S., Griffin, T. S., Kraner, D., Schaffner, M. K., Sharma, D., Hazel, M., ... & Orians, C. M. (2014). Environmental factors variably impact tea secondary metabolites in the context of climate change. *Frontiers In Plant Science*, 5, 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00698>.
- Alikılıç, D. (2016). Çay'ın Karadeniz bölgesi için önemi ve tarihi seyri. *Karadeniz İncelemeleri Dergisi*, 11(21), 269-280.
- Altındal, E., & Balta, F. (2002). Comparison of rooting capabilities of Turkish tea clones. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 26(4), 195-201.
- Araya, H. T. (2005). *Seed germination and vegetative propagation of bush tea (Athrixia phylicoides)*. University of Pretoria (South Africa).
- Aydın, M. Z. ve Kalkışım, Ö. (2024). Çay [(*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze)] odun çeliklerinin köklenmesi üzerine farklı IBA (Indol-3-Bütirik Asit) dozlarının ve yaprak varlığının etkileri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 1-7.
- Aydınbaş, G. (2024). Bölgesel kalkınma bağlamında çay turizmi ve sürdürülebilirliği: Rize ili örneği/Tea tourism and sustainability in the context of regional development: The case of Rize province. *Full Text Book*, 15, 226-248.
- Aydınbaş, G. ve Şimşek, O. (2024). Endüstri 4.0 kapsamında çay ekonomisi üzerine bir değerlendirme. *Politik Ekonomik Kuram*, 8(2), 345-361.
- Basu Majumder, A., Bera, B., & Rajan, A. (2010). Tea statistics: Global scenario. *Inc J Tea Sci*, 8(1), 121-124.
- Bostan, M., Göksu Karaoğlu, B. ve Yazıcı, K. (2025). Çayda farklı ortamlar ile çelik tiplerinin fidan kalitesi ve köklenme üzerine etkisi. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(2), 580–598. doi:10.53501/rteufemud.1543239.
- Bramel, P., & Chen, L. (2019). *A Global Strategy For The Conservation And Use Of Tea Genetic Resources* (Technical Report). Global Crop Diversity Trust. <https://www.croptrust.org/what-we-do/projects/outreach-projects/saving-tea/>.
- Caffin, N., Darcy, B., Yao, L., Rintoul, G. (2004). Developing an index of quality for Australian tea. Australian Government, Rural Industries Research and Development Corporation, 192 p. ISBN: 0 642 58743 4.

- Carr, M. K. V. (1972). The climatic requirements of the tea plant: A review. *Experimental Agriculture*, 8(1), 1-14. <https://doi.org/10.1017/S0014479700023449>.
- Carr, M.K.V., & Stephens W. (1992). Climate, weather and the yield of tea. In K.C. Willson and M.N. Clifford (Eds.), *Tea: Cultivation to Consumption* (pp. 87-135). Springer Science & Business Media. https://doi.org/10.1007/978-94-011-2326-6_4.
- Carrera-Castaño, G., Calleja-Cabrera, J., Pernas, M., Gómez, L., & Oñate-Sánchez, L. (2020). An updated overview on the regulation of seed germination. *Plants*, 9(6), 703. <https://doi.org/10.3390/plants9060703>.
- Chamuah, G. S. (1988). The effect of nitrogen on root growth and nutrient uptake of young tea plants (*Camellia sinensis* L.) grown in sand culture. *Fertilizer Research*, 16(1), 59-65.
- Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., & Chew, Y. L. (2007). Antioxidant activity of *Camellia sinensis* leaves and tea from a lowland plantation in Malaysia. *Food Chemistry*, 102(4), 1214-1222.
- Chen, W., Shan, W., Niu, T., Ye, T., Sun, Q., & Zhang, J. (2023). Insight into regulation of adventitious root formation by arbuscular mycorrhizal fungus and exogenous auxin in tea plant (*Camellia sinensis* L.) cuttings. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1258410>.
- Chen, Z., Zheng, L., Lan, Q., Bao, Y., & Tan, Y. (2012). Germination Characteristics of Menghai Daye Tea Seeds. *Plant Diversity*, 34(01), 63-68. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1143.2012.11037>.
- Cheng, L., Liu, H., Zhao, J., Dong, Y., Xu, Q., & Yu, Y. (2021). Hormone orchestrates a hierarchical transcriptional cascade that regulates Al-induced de novo root regeneration in tea nodal cutting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(21), 5858-5870.
- Copeland, L. O., & McDonald, M. B. (1988). Seed germination. In *Principles of Seed Science and Technology* (pp. 59-110). Boston, MA: Springer US.
- Cowan-Gore, I., & Sein, T. T. (2020). *Myanmar tea cultivation and processing guide* [PDF]. International Labour Organization. https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@ed_emp/@ifp_skills/documents/publication/wcms_742461.pdf
- Çayın serüveni sergiye konu oldu. (2008, 12 Ağustos). Pazar53. 10 Ağustos, 2025 tarihinde <https://www.pazar53.com/cayin-seruveni-sergiye-konu-oldu-8260h.htm> bağlantı adresinden erişilmiştir.

- De Silva, L.D.S.M. (2007). *The effects of soil amendments on selected properties of tea soils and tea plants (Camellia sinensis L.) in Australia and Sri-Lanka* [Doctoral dissertation]. James Cook University, Australia.
- Demir, N. ve Bostan, S. Z. (2021). Yaş çay (*Camellia sinensis* L.) verimi ve kalite özelliklerinin güneşlenme durumu ve sürgün dönemlerine göre değişimi. *Bahçe*, 50(2), 103-110.
- Durighello, R., Luengo, M., Ono, W., Han, F., Zou, Y., Chen, Y., ... & Lu, K. (2021). Tea Landscapes Of Asia: A Thematic Study. October 2021.
- El Amrani, B. (2023). Exploring the importance of root architecture plasticity in plant adaptation to environmental constraints. *Plant Species Biology*, 38(5), 234-244. <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12410>.
- Elmas, C. ve Gezer, C. (2019). Çay bitkisinin (*Camellia sinensis*) bileşimi ve sağlık etkileri. *Akademik Gıda*, 17(3), 417-428.
- Eröz, S. S. ve Bozok, D. (2018). Çay turizmi ve Rize ili potansiyeli. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 53(3), 1159-1176.
- Fageria, N.K. (2012). *The role of plant roots in crop production* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b12365>.
- Farooq, M. A., Ma, W., Shen, S., & Gu, A. (2022). Underlying biochemical and molecular mechanisms for seed germination. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(15), 8502. <https://doi.org/10.3390/ijms23158502>.
- Food And Agriculture Organization Of The United Nations (FAO), (2022). International Tea Market: Market Situation, Prospects And Emerging Issues. Online Available At: <http://www.Fao.Org/3/Cc0238en/Cc0238en.Pdf>. Journal Of Tea Science 8 (1), 121–124.
- Food And Agriculture Organization Of The United Nations (FAO), (2025). FAOSTAT. Crops and livestock products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Fu, M., Tian, L., Zheng, D., Gao, Y., Sun, C., Zhang, S., ... & Chen, Q. (2024). Visualization of metabolite distribution based on matrix-assisted laser desorption/ionization–mass spectrometry imaging of tea seedlings (*Camellia sinensis*). *Horticulture Research*, 11(10), uhae218. <https://doi.org/10.1093/hr/uhae218>.
- Gao, X., Liu, Y., Liu, C., Guo, C., Zhang, Y., Ma, C., & Duan, X. (2023). Individual and combined effects of arbuscular mycorrhizal fungi and phytohormones on the growth and physiobiochemical characteristics of tea cutting seedlings. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1140267.
- Gökhale, N.G. (1952). *Soil and climatic condations for tea*. Assam: Capital.

- Göksu, B., Yazıcı, K., Akbulut, M. ve Bakoğlu, N. (2015). Doğu Karadeniz Bölgesindeki Bazı İzabella Üzüm (*Vitis labrusca* L.) Genotiplerinin Köklenme Oranlarının Belirlenmesi (Makale olarak yayımlanmıştır). VII. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi (pp.235). Çanakkale, Turkey.
- Güler, B. ve Gürel, A. (2024). Çay bitkisinde (*Camellia sinensis* [L.] O. Kuntze) sentetik tohumların üretimi, depolanması ve çimlenmesi üzerine bir araştırma. *Bilimsel Raporlar Dergisi-A*, 57, 68-80. <https://doi.org/10.59313/jsr-a.1434535>.
- Hajiboland, R. (2017). Environmental and nutritional requirements for tea cultivation. *Folia horticultrae*, 29(2), 199-220. <https://doi.org/10.1515/fhort-2017-0019>.
- Hamasaki, T., & Nakamoto, K. (2018). *Influence of environmental factors on rooting success in vegetative propagation of tea (Camellia sinensis)*. *Journal of Tea Science*, 34(2), 101–110.
- Hamid, F. S., Ahmad, T., Khan, B. M., Waheed, A., & Ahmed, N. (2006). Effect of soil pH in rooting and growth of tea cuttings (*Camellia sinensis* L.) at nursery level. *Pakistan Journal of Botany*, 38(2), 293-300.
- Hazra, A., Dasgupta, N., Sengupta, C., Bera, B., & Das, S. (2019). Tea: A worthwhile, popular beverage crop since time immemorial. In *Agronomic Crops: Volume 1: Production Technologies* (pp. 507-531). Singapore: Springer Singapore.
- Hodge, A., Berta, G., Doussan, C., Merchan, F., & Crespi, M. (2009). Plant root growth, architecture and function. *Plant and Soil*, 321, 153-187. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-9929-9>.
- Hoque, M. E. (2016). Effect of indole butyric acid on raising plants from stem cuttings of tea (*Camellia sinensis* L.) in the nursery. *The Agriculturists*, 14(2), 124-129.
- Hu, S., Liu, X., Xuan, W., Mei, H., Li, J., Chen, X., Zhao, Z., Zhao, Y., Jeyaraj, A., Periakaruppan, R., & Li, X. (2022). Genome-wide identification and characterization of PIN-FORMED (PIN) and PIN-LIKES (PILS) gene family reveals their role in adventitious root development in tea nodal cutting (*Camellia sinensis*). *International Journal of Biological Macromolecules*. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.12.230>.
- Hu, S., Zhang, M., Yang, Y., Xuan, W., Zou, Z., Arkorful, E., ... & Li, X. (2020). A novel insight into nitrogen and auxin signaling in lateral root formation in tea plant [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze]. *BMC plant biology*, 20(1), 232. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02448-7>.
- Karasakal-Kalaycı, Ö. (2019). *Yayılıcı dağ muşmulasının (Cotoneaster horizontalis Decne.) tohum ve çelikle çoğaltılması* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi.

- Karlova, R., Boer, D., Hayes, S., & Testerink, C. (2021). Root plasticity under abiotic stress. *Plant Physiology*, 187(3), 1057-1070. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiab392>.
- Kathiravetpillai, A., & Kulasegaram, S. (1980). Variation in growth of young vegetatively propagated tea (*Camellia sinensis*). *Experimental Agriculture*, 16(4), 399-408.
- Katsuo, K., Toyao, T., & Kayumi, S. (1970a). The Germination of Tea Seed (Part 2) Accelerating Effect of Pre-Treatment on the Seed Germination. *Chagyo Kenkyu Hokoku (Tea Research Journal)*, 1970(32), 20-25. <https://doi.org/10.5979/CHA.1970.20>.
- Katsuo, K., Toyao, T., & Kayumi, S. (1970b). The germination of tea seed (part 1) relation of the picking period and conditions for storage to the seed germination. *Chagyo Kenkyu Hokoku (Tea Research Journal)*, 1970(32), 14-19. <https://doi.org/10.5979/CHA.1970.14>.
- KC, S., Long, L., Zhang, Q., Ni, K., Ma, L., & Ruan, J. (2022). Effect Of Interactions Between Phosphorus And Light Intensity On Metabolite Compositions In Tea Cultivar Longjing43. *International Journal Of Molecular Sciences*, 23(23), 15194. <https://doi.org/10.3390/ijms232315194>.
- Kim, J. W., Kim, T. S., Shin, G. H., Kim, J. H., Park, J. H., Cho, K. S., & Choi, H. K. (1995). Rooting promotion in cutting propagation of tea. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*, 3(3), 195-199.
- Krishnakumar, V., Kumar, T. R. & Murugesan, P. (2024). Tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze). In G. V. Thomas & V. Krishnakumar (Eds.), *Soil health management for plantation crops* (pp. 237–260). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-97-0092-9_10.
- Kumar, R. (2018). An introduction to cultivation of Darjeeling tea (*Camellia sinensis* L.). *Farming Manag*, 3, 66-79.
- Lima, J. D., Bolfarini, A. C. B., da Silva, S. H. M., & Moraes, W. D. S. (2013). Propagação de *Camellia sinensis*: efeito do genótipo, estaca, substrato, recipiente e ácido indolbutírico. *Horticultura Brasileira*, 31, 74-79.
- Lima, J.D., Lima, A.P., Bolfarini, A.C., & Silva, S.H. (2011). Enraizamento de estacas de "*Camellia sinensis*" L. em função da época de coleta de ramos, genótipos e ácido indolbutírico. *Ciencia Rural*, 41, 230-235.
- Liu, C. (2023). The Origin And Distribution Of Tea Trees And Tea In China. *Journal Of Tea Science Research*, 13.
- Lynch, J. (1995). Root architecture and plant productivity. *Plant physiology*, 109(1), 7-13. <https://doi.org/10.1104/pp.109.1.7>.

- Mehra, A., & Baker, C. L. (2007). Leaching and bioavailability of aluminium, copper and manganese from tea (*Camellia sinensis*). *Food Chemistry*, 100(4), 1456-1463.
- Miransari, M., & Smith, D. (2014). Plant hormones and seed germination. *Environmental and Experimental Botany*, 99, 110-121. <https://doi.org/10.1016/J.ENVEXPBOT.2013.11.005>.
- Mondal, T. K., Bhattacharya, A., Laxmikumaran, M., & Ahuja, P. S. (2004). Recent Advances Of Tea (*Camellia sinensis*) Biotechnology. *Plant Cell, Tissue And Organ Culture*, 76(3), 195–254. <https://doi.org/10.1023/B:TICU.0000009245.29587.A3>.
- Oche, J.J., Soule, M.J., Dijkman, M.J. and Whelburg, C. (1966). Climatic and soil requirements. *Tropical and Subtropical Agriculture*, Vol II.
- Özcan, M. (2020). Turunçgil ve çay yetiştiriciliği ders notu. Ondokuz Mayıs Üniversitesi. <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/muozcan/66676/TURUN%C3%87G%C4%B0L%20VE%20%C3%87AY%20YET%C4%B0%C5%9ET%C4%B0R%C4%B0C%C4%B0L%C4%B0%C4%9E%C4%B0.pdf>
- Özcan, M. ve Yazıcıoğlu, E. (2013). *Türkiye çay yetiştiriciliğinin sorunları ve öncelikleri*. II. Rize Kalkınma Sempozyumu: Çay, lojistik ve turizm sektörü bildiriler kitabı içinde (ss. 64–77). Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Yayınları.
- Özcan, M., Yıldız, S. ve Göksu Karaoğlu, B. (2023). Çayın ekolojik istekleri. K. Yazıcı (Ed.), *A'dan Z'ye çay* içinde (Bölüm 4, ss. 159–186). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Pan, R., Yu, Y. G., Liu, L., You, X. Y., Chen, F. Q., & Leng, Y. (2023). A brief analysis of tea import and export trade structure in China during 2022. *China Tea*, 45(4), 31-35.
- Polat, A., Yavuz-Abanoz, Y. (2024a). Çayın Üretim, Tüketim ve Ticareti. K. Yazıcı (Ed.), *A'dan Z'ye çay* içinde (Bölüm 1, ss. 3–77). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Pons, T. L. (2000). Seed responses to light. In M. Fenner (Ed.), *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities* (pp. 237–260). CAB International.
- Ramachandran, P., Ramirez, A., & Dinneny, J. R. (2025). Rooting for survival: how plants tackle a challenging environment through a diversity of root forms and functions. *Plant Physiology*, 197(1), kiae586.
- Ran, W., Li, Q., Hu, X., Zhang, D., Yu, Z., Chen, Y., ... & Ni, D. (2023). Comprehensive analysis of environmental factors on the quality of tea (*Camellia sinensis* var. *sinensis*) fresh leaves. *Scientia Horticulturae*, 319, 112177.

- Saklı, A. R., Yavuz-Abanoz, Y. (2024c). Çayın anavatanı, sistematığı ve tarihi gelişimi. K. Yazıcı (Ed.), *A'dan Z'ye çay* içinde (Bölüm 1, ss. 3–77). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Sarjiyah, S., Guretna, T., & Samidjo, G. (2020). Effects of exogenous auxin on stem cutting growth of tea (*Camellia sinensis*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 458. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/458/1/012037>.
- Sato, D. (2007). Germinating Tea Seeds (*Camellia sinensis*).
- Setyowati, N., Permana, I. G., & Hermansyah, H. (2023). Effect of growing media and natural plant growth regulators on the growth of tea stem cutting. In *E3S Web of conferences* (Vol. 373, p. 03004). EDP Sciences.
- Sevinç, B.A. ve Şahin-Çevik, M. (2010). *Çay Yetiştiriciliği ve Sorunları* [Lisans bitirme tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Shao, C., Deng, Z., Liu, J., Li, Y., Zhang, C., Yao, S., ... & Shen, C. (2022). Effects Of Preharvest Shading On Dynamic Changes In Metabolites, Gene Expression, And Enzyme Activity Of Three Tea Types During Processing. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 70(45), 14544-14558.
- Sharma, V. S., & Ranganathan, V. (1985). The world of tea today. *Outlook on Agriculture*, 14(1), 35-40. <https://doi.org/10.1177/0030727085014001>.
- Shen, Y., Fan, K., Wang, Y., Wang, H., Ding, S., Song, D., ... & Ding, Z. (2022). Red and blue light affect the formation of adventitious roots of tea cuttings (*Camellia sinensis*) by regulating hormone synthesis and signal transduction pathways of mature leaves. *Frontiers in Plant Science*, 13, 943662.
- Shrestha, S., & Miles, C. (2025). Timing and shoot section influence success of tea-cutting propagation in a temperate climate. *Horticulturae*, 11(6), 645. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11060645>.
- Smith, S., & De Smet, I. (2012). Root system architecture: insights from Arabidopsis and cereal crops. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367, 1441- 1452. <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0234>.
- Song, D., Jaganathan, G. K., Han, Y., & Liu, B. (2017). Seed dormancy in *Camellia sinensis* L. (theaceae): Effects of cold-stratification and exogenous gibberellic acid application on germination. *Botany*, 95(2), 147-152. <https://doi.org/10.1139/cjb-2016-0149>.
- Sun, L., Zhang, M., Liu, X., Mao, Q., Shi, C., Kochian, L., & Liao, H. (2020). Aluminium is essential for root growth and development of tea plants (*Camellia sinensis*). *Journal of Integrative Plant Biology*, 62, 984-997. <https://doi.org/10.1111/jipb.12942>.

- Tanimoto, E., Homma, T., Abe, J., Lux, A., Luxova, M., Yoshioka, Y., & Matsuo, K. (2009). Gibberellin regulation of root growth and flowering of tea plant (*Camellia sinensis* L.). *International Symposium "Root Research and Applications"*. ROOTRAP, Boku, Vienna, Austria, 1-2.
- Tao, D. C. (2023). The social influence of the prosperity of tea trade in modern China. *Journal of Chongqing University (Social Science Edition)*, 29(1), 188-200.
- Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE). (2025). *Çay Ürün Raporu 2025*. Çay Ürün Raporu 2025-414 TEPGE.pdf.
- Tiwari, M., & Kumar, R. (2020). The Genesis of Tea Cultivation and Other Cultural Practices in Uttarakhand State. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 8(6), 581-591.
- Torun, E. ve Taluğ, C. (2005). Çay budama projesi kapsamında üreticilerin kullandıkları bilgi kaynakları. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 11(1 ve 2), 41-49.
- Toyao, T., & Kayumi, S. (1970). Germination of Tea Seeds (Part 3) Abnormal Growth of Plumule Caused by High Temperature during the Germination. *Chagyo Kenkyu Hokoku (Tea Research Journal)*, 1970(33), 7-12. https://doi.org/10.5979/cha.1970.33_7.
- Üstün, Ç. ve Demirci, N. (2013). Çay bitkisinin (*Camellia sinensis* L.) tarihsel gelişimi ve tıbbi açıdan değerlendirilmesi. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi*, 3(3), 5-12.
- Vidanapathirana, N. P., Rifnas, L. M., & Sumanasekara, H. H. N. (2023). Effects of Different Root Inducing Agents on Cutting Propagation of Tea (*Camellia sinensis*). *Annual Research & Review in Biology*, 38(6), 30-37.
- Wang, J., Zhang, T., Ren, L., Nie, X., Zhang, Z., Wei, C., ... & Yang, T. (2024). Establishment of a direct somatic embryogenesis regeneration system using immature cotyledon explants in *Camellia sinensis* cv. Shuchazao. *Industrial Crops and Products*, 210, 118076. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118076>.
- Wang, M., Yang, J., Li, J., Zhou, X., Xiao, Y., Liao, Y., ... & Zeng, L. (2022). Effects of temperature and light on quality-related metabolites in tea [*Camellia sinensis* (L.) Kuntze] leaves. *Food Research International*, 161, 111882.
- Wang, S., Sun, G., Luo, Y., Qian, W., Fan, K., Ding, Z., & Hu, J. (2022). Role of IAA and primary metabolites in two rounds of adventitious root formation in softwood cuttings of *Camellia sinensis* (L.). *Agronomy*, 12(10), 2486.
- Wei, K., Ruan, L., Wang, L., & Cheng, H. (2019). Auxin-Induced adventitious root formation in nodal cuttings of *Camellia sinensis*. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(19), 4817. <https://doi.org/10.3390/ijms20194817>.

- Wei, K., Wang, L., Zhou, J., He, W., Zeng, J., Jiang, Y., & Cheng, H. (2011). Catechin contents in tea (*Camellia sinensis*) as affected by cultivar and environment and their relation to chlorophyll contents. *Food chemistry*, 125(1), 44-48.
- Xiong, Y., Kang, Q., Xu, W., Huang, S., Dai, F., Wang, L., ... & Kou, W. (2022). The dynamics of tea plantation encroachment into forests and effect on forest landscape pattern during 1991–2021 through time series Landsat images. *Ecological Indicators*, 141, 109132. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109132>.
- Yağcı, A. ve Gökkaynak, A. G. (2016). Sultani Çekirdeksiz üzüm çeşidinin fidan randımanı ve kalitesi üzerine anaç ve gölgeleme oranının etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53(1), 109-116.
- Yamashita, M., Takyu, T., & Saba, T. (1997). Gravitropic reaction in the growth of tea roots. *Japanese Journal of Crop Science*, 66(3), 472-478.
- Yavaş, A. (2012). *Çay çeliklerinin köklendirilmesinde ortam, ph ve hormonların etkileri* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- Yazıcı, K., Akbulut, M., Göksu, B., Bakoğlu, N. (2016). Çay üretiminde değişimler ve modern yaklaşımlar. *Bahçe*, 45((Özel Sayı 1) 7. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi), 838-842.
- Yazıcı, K., Haznedar, A., & Göksu Karaoğlu, B. (2024d). Çay bitkisinin morfolojik ve biyolojik özellikleri. In K. Yazıcı (Ed.), *A'dan Z'ye çay* (Bölüm 3, ss. 133–158). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Yazıcı, K., Haznedar, A., & Nakamura, Y. (2024b). Çayda fidan üretimi, bahçe tesisi ve kültürel uygulamalar. In K. Yazıcı (Ed.), *A'dan Z'ye çay* (Bölüm 5, ss. 187–230). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Yüksek, T., Yüksek, F. ve Sütü, E. (2013). Rize yöresinde çay tarımında gübreleme sorunları ve sürdürülebilir çay tarımı için yeni stratejiler. II. *Rize Kalkınma Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, 89-100.
- Zenginbal, H., Haznedar, A., & Dolgun, O. (2014b). Effects of Indole-3-Butyric Acid (IBA) and cutting type on rooting of *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze. *American Journal of Experimental Agriculture*, 4(12), 1935.
- Zenginbal, H., Haznedar, A., & Zenginbal, E. (2014a). Influence of type cutting, IBA concentration and collection times on rooting of tea (*Camellia sinensis* L.). *Research in Plant Biology*, 4(4), 1-8.
- Zhang, H., Chen, B., Zhao, X., Hu, J., Dong, Z., Xiao, H., ... & Wang, P. (2023). Novel insights into the role of leaf in the cutting process of *Camellia sinensis* using physiological, biochemical and transcriptome analyses. *Tree Physiology*, 43(11), 2031-2045. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpad101>.

- Zhang, Y., Li, P., She, G., Xu, Y., Peng, A., Wan, X., & Zhao, J. (2021). Molecular basis of the distinct metabolic features in shoot tips and roots of tea plants (*Camellia sinensis*): Characterization of MYB regulator for root theanine synthesis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(11), 3415-3429. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c07572>.
- Zhou, Y., Lu, Z., Li, D., Zhou, H., Tang, S., Zhang, W., Wang, G., & Li, D. (2025). Rooting efficiency in tea plant varieties: Physiological and biochemical determinants. *Horticultural Science and Technology*, 43(3), 343-356. <https://doi.org/10.7235/HORT.20250031>.
- Zhou, Y., Wei, K., Hao, X., Wang, L., Li, N., Zhang, W., Tang, S., Li, D., & Zhang W. (2025b). Differential Rooting Efficacy of Growth Regulators in *Camellia sinensis* Cuttings: A Physiological and Biochemical Analysis. *Horticulturae*, 11(3), 289. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11030289>.
- Zihnioğlu, A. (1960). *Pratik Çay Ziraatı*. Ankara: Ziraat Vekâleti Mesleki Kitaplar Serisi: D-5, Gürsoy Basımevi.