



**T.C.
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**ÇAY (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) BİTKİSİNDE
GÖLGELENDİRMENİN BİTKİLERİN BAZI AGRONOMİK VE
MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN
BELİRLENMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Duygu METE

**Danışman
Doç. Dr. Yusuf ŞAVŞATLI**

**RİZE
2024**

KABUL VE ONAY

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalında, Doç. Dr. Yusuf ŞAVŞATLI danışmanlığında, Duygu METE tarafından hazırlanan *Çay (Camellia sinensis (L.) Kuntze) Bitkisinde Gölgelelendirmenin Bitkilerin Bazı Agronomik ve Morfolojik Özellikleri Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi* adlı bu tez çalışması, 22/08/2024 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda oy birliği/oy çokluğuyla başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Ünvanı, Adı SOYADI

İmza

Başkan

: Prof. Dr. Adil BAKOĞLU

Üye

: Doç. Dr. Yusuf ŞAVŞATLI

Üye

: Doç. Dr. Emel KARACA ÖNER

ETİK BEYAN

Tarla Bitkileri Tezli Yüksek Lisans Programından mezun olmak üzere teslim ettiğim “Çay (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) Bitkisinde Gölgelelendirmenin Bitkilerin Bazı Agronomik ve Morfolojik Özellikleri Üzerindeki Etkisinin 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. 22/08/2024

Duygu METE

ÖN SÖZ

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışmada çay (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) bitkisinde gölgelendirmenin bitkilerin bazı agronomik ve morfolojik özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Tezin başlaması, gerçekleştirilmesi ve tamamlanması aşamalarında önerilerini ve yardımlarını esirgemeyen her konuda çekinmeden bilgisine ve yardımına başvurduğum danışman hocam Doç. Dr. Yusuf ŞAVŞATLI'ya, teşekkürlerimi sunarım. Bu tezin analiz sürecinde çay numunelerinin biyokimyasal analizlerinde bana yardımcı olan Atatürk Çay ve Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Biyokimya Kısım Müdürü Ziraat Mühendisi Zuhâl KALCIOĞLU'na, Ziraat Mühendisi Gökhan TANYEL'e ve yaprak örneklerinin renk ölçüm analizinde destek olan Arş. Gör. Mehmet Zahit AYDIN'a, tez yazımı ve düzenlemelerinde bilgilerini benimle paylaşan Arş. Gör. Dr. Muhammed İkbâl ÇATAL'a teşekkür ederim.

Bu çalışmamı gerçekleştirmek için tez çalışma saham olan çay bahçesini tahsis eden teyzem Güller BİLGİ ve dayım İshak BİLGİ'ye, deneme alanını hazırlamamda bana yardım eden canım annem Havva TAŞÇI'ya, kayınvalidem Umihan METE'ye hürmetlerimle teşekkür ederim. Bu zaman zarfı içinde maddi manevi bana destek oldukları, her daim beni cesaretlendirdikleri ve yardımlarını esirgemedikleri için başta arkadaşım ve değerli meslektaşım Fazilet AKYILDIRIM olmak üzere; kardeşlerim Eda SUNGUR, Nurşah DEMİRCİ ve Hüsnü Onur TAŞÇI'ya sevgili eşim Muhammet Gökhan METE'ye, biricik kızım Nehir METE'ye sakinliği ile beni yormayan canım oğlum Abdullah Meriç METE'ye en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Duygu METE

RİZE/2024

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	I
ETİK BEYAN.....	II
ÖN SÖZ	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET	VI
ABSTRACT.....	VII
KISALTMALAR.....	VIII
TABLOLAR LİSTESİ.....	X
ŞEKİLLER LİSTESİ	XII
GİRİŞ.....	1
1. GENEL BİLGİLER.....	5
1.1. Yeşil ve Siyah Çayın Kimyasal Özelliği, İçeriği.....	5
1.2. Taze Çay Yaprağının Fenolik Madde Bileşimini Etkileyen Faktörler.....	5
1.3. Yeşil Çay Polifenollerinin Sağlık Üzerine Etkileri.....	6
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	14
3. MATERYAL VE METOT	19
3.1. Materyal	19
3.1.1. Araştırma Alanının Yeri ve Özellikleri.....	19
3.1.2. Çalışmanın Yapıldığı Yerin İklim Özellikleri.....	20
3.1.3. Deneme Alanının Toprak Özellikleri.....	23
3.2. Metot	24
3.2.1. Gölgeleme.....	24
3.2.2. Agronomik, Morfolojik ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi	25
3.2.2.1. Verim Tespiti	25
3.2.2.2. Gözlem ve Ölçümler.....	25
3.2.2.3. Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi.....	26
3.2.3. Deneme Deseni ve İstatistiksel Analizler.....	27
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	28
4.1. Taze Yaprak Verimi.....	28
4.2. Kuru Madde Oranı.....	29

4.3. Toplam Polifenol.....	30
4.4. Kafein Oranı.....	31
4.5. Sürgün Uzunluğu.....	32
4.6. Sürgünde Yaprak Sayısı	33
4.7. Sürgündeki Yaprak Genişliği.....	34
4.8. Sürgündeki Yaprak Uzunluğu	35
4.9. Yaprak Rengi.....	36
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	38
KAYNAKÇA.....	45



Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Anabilim Dalı : Tarla Bitkileri
Tez Türü : Yüksek Lisans Tezi
Danışman : Doç. Dr. Yusuf ŞAVŞATLI
Hazırlayan : Duygu METE
Yıl : 2024
Sayfa Sayısı : 52

ÖZET

ÇAY (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) BİTKİSİNDE GÖLGELENDİRMENİN BİTKİLERİN BAZI AGRONOMİK VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Bu çalışma, 2024 yılında Rize ilinde 3 tekerrürlü olarak tesadüf blokları deneme desenine göre yürütülmüştür. Farklı oranlarda (Kontrol, %35, %55 ve %75) gölgeleme ağının kullanıldığı çalışmada, çay (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) bitkilerine ait bazı agronomik ve morfolojik özellikler birinci sürgün döneminde incelenmiştir. Hasat edilen bitkilerde yapılan ölçümler arasında sürgün uzunluğu (cm), sürgünde yaprak sayısı (adet), yaprak uzunluğu (cm), yaprak genişliği (cm), yaprak rengi, taze yaprak verimi (g/m²), kuru madde oranı (%), toplam polifenol (%) ve kafein oranı (%) yer almıştır. Çalışma sonucunda, çay sürgün uzunluğu ve çay kuru madde oranının gölgelemeden etkilenmediği; buna karşılık diğer incelenen tüm özelliklerin gölgeleme oranına bağlı olarak istatistiksel anlamda önemli (P<0.01) derecede etkilendiği tespit edilmiştir. Yaprak uzunluğu, yaprak genişliği ve yaprak rengi bakımından en yüksek değerler, kontrol ve %35 gölgeleme oranında elde edilirken; sürgündeki en fazla yaprak sayısı %75 gölgeleme oranında elde edilmiştir. Gölgeleme oranı arttıkça yaprak sayısı artarken; taze yaprak verimi düşüş eğilimi göstermiştir. %75 gölgeleme oranında, çay yapraklarından elde edilen toplam polifenol ve kafein oranları da en yüksek düzeyde çıkmış, gölgeleme oranının azalması bu iki kalite unsurundan elde edilen değerlerin de düşmesine yol açmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çay, Gölgeleme, Kalite

Recep Tayyip Erdogan University Institute of Graduate Studies

Department : Field Crops

Thesis Type : Master Thesis

Supervisor : Doç. Dr. Yusuf ŞAVŞATLI

Author : Duygu METE

Year : 2024

Pages : 52

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE EFFECTS OF SHADING ON SOME AGRONOMICAL AND MORPHOLOGICAL TRAITS OF TEA PLANTS (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze)

This study was conducted in Rize province in 2024 according to a randomized block trial design with 3 replications. In the study, shading nets were used at different rates (Control, 35%, 55% and 75%) and some agronomical and morphological characteristics of tea (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) plants were examined in the first shoot period. Measurements made on harvested plants included shoot length (cm), number of leaves per shoot (unit), leaf length (cm), leaf width (cm), leaf color, fresh leaf yield (g/m²), dry matter content (%), total polyphenol (%) and caffeine content (%). As a result of the study, it was determined that tea shoot length and tea dry matter ratio were not affected by shading; however, all other examined traits were affected statistically significantly ($P<0.01$) depending on the shading rate. The highest values in terms of leaf length, leaf width and leaf color were obtained in the control and 35% shading ratios, while the highest number of leaves on the shoot was obtained in the 75% shading ratio. As the shading ratio increased, the number of leaves per shoot also increased, while the fresh leaf yield tended to decrease. At 75% shading rate, total polyphenol and caffeine levels obtained from tea leaves were at the highest level, and decreasing the shading rate led to a decrease in the values obtained from these two quality elements.

Keywords: *Camelia sinensis*, Shading, Quality

KISALTMALAR

EC	:	Epikateşin
ECG	:	Epikateşin-3- galat
EGC	:	Epigallokateşin
EGCG	:	Epigallokateşin-3- galat
C.	:	<i>Camellia</i>
C	:	Kateşin
Gr	:	Gram
GA	:	Gallik Asit
GC	:	Gallokateşin
G	:	Gram
Ha	:	Hektar
M.Ö.	:	Milattan Önce
ml	:	Mikro litre
UV	:	Ultraviyole
%	:	Yüzde

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Rize ili uzun yıllar ortalama iklim verileri.....	21
Tablo 2. Rize ili 2023 yılı çay gelişim dönemine ait iklim verileri.....	22
Tablo 3. Rize ili 2024 yılı çay gelişim dönemine ait iklim verileri.....	22
Tablo 4. Deneme alanı toprak analizi sonuçları.....	23
Tablo 5. Taze yaprak verimine ait varyans analizi tablosu.....	28
Tablo 6. Gölgeleme oranlarına göre metrekaresindeki taze yaprak verimi (gr/m ²)......	28
Tablo 7. Kuru madde oranına ait varyans analizi tablosu.....	29
Tablo 8. Gölgeleme oranlarına göre kuru madde oranı (%)	29
Tablo 9. Toplam polifenole ait varyans analizi tablosu.....	30
Tablo 10. Gölgeleme oranlarına göre toplam polifenol değerleri (%).....	30
Tablo 11. Kafein değerine ait varyans analizi tablosu.....	31
Tablo 12. Gölgeleme oranlarına göre toplam kafein değerleri (%).....	31
Tablo 13. Sürgün uzunluğuna ait varyans analizi tablosu.....	32
Tablo 14. Gölgeleme oranlarına göre sürgün uzunluğu (cm)	32
Tablo 15. Sürgündeki yaprak sayısına ait varyans analizi tablosu.....	33
Tablo 16. Gölgeleme oranlarına göre sürgündeki yaprak sayısı (adet).....	33
Tablo 17. Sürgündeki yaprak genişliğine ait varyans analizi tablosu.....	34
Tablo 18. Gölgeleme oranlarına göre sürgündeki yaprak genişliği (cm).....	34
Tablo 19. Sürgündeki yaprak uzunluğuna ait varyans analizi tablosu.....	35
Tablo 20. Gölgeleme oranlarına göre sürgündeki yaprak uzunluğu (cm).....	35
Tablo 21. Yaprak renk ölçümü değerleri.....	37

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Deneme parseli lokasyonu.....	19
Şekil 2. Toprak numunesi alımı.....	23
Şekil 3. Gölgeleme işlemi.....	24
Şekil 4. Deneme alanının kurulum şeması.....	25
Şekil 5. Deneme alanında ölçümlerin yapılması.....	26
Şekil 6. Laboratuar işlemlerinin yürütülmesi.....	27
Şekil 7. Gölgeleme oranlarına göre taze yaprak verimindeki değişim.....	29
Şekil 8. Gölgeleme oranlarına göre kuru madde oranındaki değişim.....	30
Şekil 9. Gölgeleme oranlarına göre polifenol değerindeki değişim.....	31
Şekil 10. Gölgeleme oranlarına göre kafein oranındaki değişim.....	32
Şekil 11. Gölgeleme oranlarına göre sürgün uzunluğundaki değişim.....	33
Şekil 12. Gölgeleme oranlarına göre sürgündeki yaprak sayılarındaki değişim.....	34
Şekil 13. Gölgeleme oranlarına göre sürgündeki yaprak genişliğindeki değişim.....	35
Şekil 14. Gölgeleme oranlarına göre sürgündeki yaprak uzunluğundaki değişim.....	36
Şekil 15. Yaprak renk ölçümlerine ait görseller.....	37

GİRİŞ

Çay bitkisi *Theaceae* familyasından *Camellia* cinsine ait her dem yeşil olan, çok yıllık bir bitkidir (Caffin vd., 2004). 1881 yılında Ogust Kunntz ismindeki botanikçi bitkiyi *Camellia sinensis* olarak isimlendirmiştir. Bakım, budama gibi kültürel tedbirlerin uygulanmaması halinde bir ağaç görünümünü alan bu bitkinin ekonomik verim yaşı 50 yıl olmakla birlikte bitki 100 yıl yaşayabilmektedir (Aytaç, 2019).

Türkiye’de yetiştirilen çay Çin çeşidi olmakla beraber hibritleri de yetiştirilmektedir. İki önemli varyetesinden biri yoğunlukla Çin, Japonya ve Tayvan’da yetiştiriciliği yapılan *Camellia sinensis* var. *sinensis* (Çin çayı) ile güney ve güneydoğu Asya’da çokça bulunan *Camellia sinensis* var. *assamica* (Assam çayı)’dır (Çelik, 2006; Türkmen, 2007).

Çin çayı kısa mat ve yaprakları serttir. İçeriğindeki kafein oranı ve tanenli maddeler Assam çayına ve diğerlerine nazaran azdır. Soğuğa karşı dirençli dem rengi hafif, yaprak verimi azdır. Assam çayı ise büyük yapraklı, parlak ve yumuşaktır. Muhteviyatı aromatik bileşikler ve kafein içeriği bakımından çin tipine göre daha zengindir. Yaprak verimi fazla olmasına rağmen soğuklara ve kötü şartlara karşı dayanıklı değildir (Aytaç, 2019). Çin çayında yaprakların altı pürüzsüzdür. Yapraklar ile tomurcuklarda bulunan ve çay çeşidi üzerinde çok önemli etkisi bulunan tüyler takriben 340 mikron uzunluğuna sahip olup; 25 mikron genişliğindedir (Koday, 2000). Doğal büyümeye bırakıldığı zaman bitki boyu 20-30 m’ye kadar çıkabilmektedir. Olağan vejetasyon süresince bitki boyunda 15-20 cm gelişim gözlenmektedir. Yüksek bitki boyu çay hasat kolaylığının önüne geçmesinden ötürü negatif sonuçlar doğurmaktadır. Bu gibi olumsuzlukların önüne geçmek için bitkidebelirli zaman aralıkları ile budama işlemi yapılması gerekmektedir (Ravichandran, 2004). Çay bitkisi yağışın bol, nem seviyesinin yüksek olduğu iklimlere ihtiyaç duymaktadır. Bitkinin optimum gelişim sağlaması ve veriminin en üst seviyelere çıkması için en uygun hava sıcaklığı 18-30 °C, toprak sıcaklığı ise 20-25 °C olmalıdır. En iyi gelişmeyi pH değeri 5.0-5.6 olan hafif asitli topraklarda göstermektedir (Mehra ve Baker, 2007).

Çay sıcak bölgelerde genellikle yüksek alanlarda yetiştirilmekte olup;

Hindistan, Sri Lanka ve Kenya’da 2000 m yüksekliklere kadar çay tarımı yapılmaktadır (Chan vd., 2007). ay etimi için, çay bitkisinin sürgün ucundan iki yaprak ve bir tomurcuğn (2,5 yaprak) kullanılması önerilmektedir. Bunun nedeni, kalite açısından önem taşıyan çeşitli maddelerin genç yapraklarda ve tomurcukta yoğn olarak toplanmış olmasıdır (Kacar, 1987). ay tomurcukları ve yaprakları, bitkinin gelişme düzeyine bağlı olarak tropik bölgelerde 1 veya 2 haftalık zaman aralıkları ile toplanmaktadır (Vyas ve Kumar, 2005). Ülkemizde ise bu süre 5-7 haftaya çıkmaktadır. Toplamanın elle yapılması kaliteli çay üretilmesine olanak sağlarken, işçilik maliyetlerinin fazla olması bazı ülkelerde mekanik yolla hasadı ekonomik bir zorunluluk haline getirmiştir (Türkmen, 2007).

Dünyada yılda her bir bireyin 0.12 lt tükettiği çay içecek olarak suyun ardından en ucuz ve kolay ulaşılabilen bir iecedir. ay dünya nüfusunun üçte ikisinde içecek kategorisinde en yoğn kullanılanların başında gelmektedir. retimi yaklaşık olarak 30 ülkede gerçekleşen çay bitkisinin başlıca en önemli yetiştiricileri Hindistan, Japonya, Çin, Tayvan ve Srilankadır. Dünya’da tüketilen toplam çay miktarı değerlendirildiğinde yeşil çay kullanımının Uzakdoğu ülkelerinden Çin ve Japonyada daha fazla, siyah çay kullanımının ise batı Hindistan’da daha yüksek olduğu görülmektedir (Fisunoğlu ve Besler, 2008). ay Doğu Karadeniz Bölgesi’nde, Gürcistan sınırından başlayarak ve batısından Fatsa hudutuna devam eden bölge içerisinde yetiştirilmektedir. Tropikal ve ekvatorial bölgelerde yılın 12 ayında çay tarımı yapılırken Türkiye gibi nispeten yüksek enlemlerde bulunan ülkelerde yılda sadece 6 ay çay etimi yapılabilir.

İlk olarak Çin’de ortaya çıkan çayın geçmişi M.Ö. III. yüzyıla dayanır. M.Ö. 2700’lerde İmparator Shenn Nung bir çay ağacının altında oturur. Bu sırada elindeki sıcak su dolu kseye bir avuç çay yaprağı düşer. Düşen yaprakların suya verdiği renk ve tat imparatorun çok hoşuna gider. Shenn Nung’un bunu içip şifa bulmasının ardından çay, şifa bulmak amacıyla ilaç olarak kullanılmaya başlanır. Başlangıçta tedavi amacıyla kullanılsa da, Çin’de ticaretin gelişmeye başlamasıyla ticari bir unsur haline gelir (Saber, 2010).

Türklerin ay ile buluşması ise XIX. yüzyılda gerçekleşmiştir. 1917 yılında Halkalı Yüksek Ziraat Mektebi Müdür Vekili Ali Rıza Erten ve beraberindeki heyet, çay yetiştirilen bölgeyi gözlemlemek üzere Batum’a gider. Doğu Karadeniz’de Rize ve çevresinin iklim ve toprak koşulları itibariyle Batum’la benzerlik bulunduğunu anlatan

bir rapor hazırlar ve dönemin Ekonomi Bakanlığı'na sunar. Rapor, I. Dünya Savaşı sebebi ile askıya alınsa da 1924 yılında Rize ve çevresindeki sosyo-ekonomik sıkıntıların tartışıldığı bu dönemde tekrar gündeme alınır. Böylece 1924 tarihli çay, mandalina ve portakal yetiştirilmesine ilişkin 407 Sayılı Kanun çıkartılır. Dönemin Ziraat Umum Müdürü Zihni Derin tarafından başlatılan ilk çalışmalar, Gürcistan'dan getirtilen ilk tohumlarla mümkün olur. Borçka'da ilk deneme üretimleri Rizeli üreticilere dağıtılan bu tohumlarla başlar. Deneme üretimlerinin başarılı sonuç vermesi ile, 1937'de Batum'dan 20 ton çay tohumu ithal edilir ve ilk mahsul 1938 yılında alınır (Anonim, 2023). 1971 yılında kurulan Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü (ÇAYKUR) 1984 yılına kadar tekel olarak faaliyet göstermiş, 1984 yılında çıkarılan 3092 sayılı Kanun ile çay üretimi özel sektöre açılmıştır (Çaykur, 2023). Rize, toplam çaylık alanları incelendiğinde %65'lik oranla ilk sırada yer almaktadır. %21 ile Trabzon ikinci sırada yer almakla beraber onu %11 ile Artvin ve %3 ile Giresun ve Ordu illeri takip etmektedir (Polat, 2013).

Dünyada çoğunlukla üç farklı şekilde işlenerek piyasaya arz edilen çay (*Camellia sinensis*); siyah çay, yeşil çay ve oolong çay olarak isimlendirilmektedir. Bunların yanında genç yapraklardan ve tomurcuklardan üretilen özel bir çay grubu olan beyaz çay, matcha çayı ve soğuk çay gibi bazı ürün grupları da bulunmaktadır. Çay dünyanın her yerinde sevilerek tüketilen geleneksel içeceklerin başında gelmektedir. Çayın kurutularak işlenmesi, istenilen her an tüketilebilmesini ve günlük bir içecek olmasını sağlamıştır. İlk defa Çin ve Hindistan'da üretilmeye başlanan çay, bitkinin özel iklim isteği sebebiyle oldukça sınırlı alanlarda yetişmekte olup, üretimin büyük bir kısmı aynı zamanda en büyük tüketici olan Asya Kıtası'nda yapılmaktadır (Kurt, 2018).

Dünyada 2021 yılında çay yetiştiriciliği yapılan toplam alan 5.2 milyon hektardır. Toplam alanın yaklaşık %64'ü Çin'de, %10'u Hindistan'da bulunmaktadır. 2017 yılında 4.7 milyon ha olan dünya çay alanı son 5 yılda yaklaşık %10,6 oranında artış göstermiş ve 2021 yılında 5,2 milyon hektara ulaşmıştır. Dünyada 2021 yılı itibarıyla yaklaşık 5.2 milyon ha alanda 28 milyon ton çay yaprağı üretimi gerçekleşmiştir. Çay alanlarında Çin, Hindistan, Sri Lanka ve Kenya ilk sıralarda yer almaktadır. Toplam alanın %64'ü, toplam üretimin ise %49'u Çin'e aittir (FAO, 2023).

Dünya çay veriminde 2021 yılında Türkiye 1.763 kg/da ile ilk sırada yer

alırken, Zimbabwe 1.426 kg/da ile ikinci Malavi 1.190 kg/da ile 3. sırada yer almaktadır. Türkiye’de 2023 yılında yaklaşık 79 bin ha alanda, 1.3 milyon ton yaş çay yaprağı üretilmiştir. Üretim sırasıyla Rize (%64.6), Trabzon (%22.6), Artvin (%10.5) ve Giresun (%1.6) illerinde gerçekleştirilmiştir (TÜİK, 2023).

Hastalıkların önlenmesi amacıyla tüketime sunulan çaylardan biri olan matcha çayı, yeşil çayın (*Camellia sinensis*) ince öğütülmüş veya ince toz haline getirilmiş halidir. Ancak, yeşilçaydan farklı olarak, matcha çayı gölgeleme altında yetiştirilen bitkilerden elde edilir. Güneş ışığı çay yapraklarındaki kateşinlerin bileşim ve miktarını etkilediği için bitkilerin doğrudan güneş ışığından kaçınılarak yetiştirilmesi daha kaliteli çayların üretilmesinde etkili olmaktadır (Weiss ve Anderton, 2003). Bu doğrultuda yapılacak çalışmalar çay tarımına yönelik bilimsel katkılar sağlayacaktır.

Gölgelemenin kalite üzerindeki olumlu etkileri bilinirken, bitkilerin büyüme ve gelişmesi üzerine etkilerinin ele alındığı çalışmalar ise sınırlıdır. Ülkemizde gölgeleme işlemlerinin çay bitkisinin agronomik ve morfolojik özellikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla bu çalışma yürütülmüştür.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Yeşil ve Siyah Çayın Kimyasal Özelliği ve İçeriği

Çay bitkisi 4000'den fazla kimyasal bileşik içeren, kuru ağırlığı dikkate alındığında diğer bitkiler arasında en fazla flavonoide sahip bitkilerin başında gelmektedir (Gübür, 2015). Yeşil çay infüzyonu yeşilimsi ya da limon sarısı rengindedir. Yeşil çayın kimyasal kompozisyonu oldukça gelişmiştir. Proteinler, glutamik asit, triptofan, glisin, aspartik asit, tirozin, valin, losin, arjinin gibi aminoasitler; selüloz, pektin, glikoz, fruktoz, sakkaroz gibi karbonhidratlar (kuru maddede %5-7); linoleik ve alfa-linolenik asit gibi yağ asitleri yeşil çayın yapısında yer almaktadır. Bunun yanı sıra B, C, E vitaminleri; kafein ve teofilin gibi ksantin bazları; aldehitler, alkoller, esterler, laktonlar, hidrokarbonlar gibi uçucu bileşikler; klorofil ve karotenoidler gibi pigmentler; Cu, Zn, Mo, Se, Na, P, Co, Ca, Mg, Cr, Mn, Fe, Al, K, F, Sr ve Ni gibi mineraller yeşil çayda bulunmaktadır (Binici vd., 2019).

Çay bitkisinin içeriğinde bulunan flavonoidlerden ötürü güçlü bir antioksidan yapıda olduğu düşünülmektedir. Çay bitkisinin flavanollerinin antioksidan özelliği hidroksil gruplarının adedi, bağlandığı bölüm ve galloil varlığı ile ilişkili olarak değişim göstermektedir. Konu ile ilgili yapılan araştırmalar incelendiğinde çay kateşinlerinin antioksidan aktivitesinin vitaminlere oranla daha kuvvetli olduğu, kuru ağırlığı dikkate alındığında bitkiler içerisinde en yüksek polifenol içeren bitkilerden olduğu ve barındırdığı toplam kateşin miktarları sıralandığında yukardan aşağı doğru çay epigallokateşin gallat > epigallokateşin > epikateşin gallat > epikateşin olduğu belirlenmiştir (Benzie ve Szeto, 1999).

1.2. Taze Çay Yapracağının Fenolik Madde İçeriğini Etkileyen Faktörler

Taze çay yaprağındaki polifenol içeriğini etkileyen çay yaprağı çeşidi, hasat mevsimi, iklim, işleme yöntemi ve analitik yöntem gibi çok sayıda faktör vardır. Kaliteli çay üretiminde hasat edilen sürgünler ortalama olarak bir tomurcuk ve üç yapraktan oluşmaktadır. Bir sürgündeki kateşinlerin dağılımı ise yaprakların yaşına göre değişmektedir (Robertson, 1983). Farklı çay örnekleri incelendiğinde olgun çay yapraklarındaki EGCG, EGC ve EC seviyelerinin genç yapraklardakilerden daha yüksek olduğu, ayrıca toplam kateşin miktarının iki yaprak ve bir tomurcukta

maksimuma seviyeye ulaştığı gövdede dahada düştüğü belirtilmiştir (Tüfekçi ve Güner, 1997).

Taze çay yapraklarındaki kateşinlerin içeriği ve dağılımı hasat mevsimine göre değişiklik göstermektedir. Sıcak aylarda toplanan yapraklarda kateşin miktarının daha yüksek olduğu, buna karşılık, daha soğuk aylarda EGC miktarı daha yüksek seviyeye çıktığı gözlemlenmiştir. Daha sıcak aylarda toplanan taze yaprakların daha yüksek kateşin seviyeleri içerdiğini kaliteli yaprak elde etme potansiyelinin daha yüksek olduğu ifade edilmektedir. Taze çay yapraklarındaki toplam kateşin miktarının yaz aylarında (%5.25) ilkbahara göre (%3.77) daha yüksek olduğu bulunmuştur. Çünkü yaprakların büyüme hızı ve metabolik aktiviteleri yaz aylarında daha yüksektir. Ayrıca hasat mevsimi çayın sağlık üzerindeki etkisini artırmaktadır. Yaz aylarında toplanan çay yapraklarından yapılan çay ürünü, en yüksek kateşin içeriği nedeniyle en güçlü antimikrobiyal aktiviteyi sergilemektedir (Tomlins ve Mashingaidze, 1997).

Polifenollerin içeriği çay yapraklarında hasat yöntemine göre farklılık göstermektedir. Çay yaprakları elle, makasla veya makineyle toplanmaktadır. Genel olarak elle toplanmış taze çay yapraklarında daha yüksek oranda fenolik madde bulunur (Ravichandran ve Parthiban, 1998). Çay tarımı yapılan alanlarda, zaman ve kolaylık açısından daha çok tercih edilen makine ile hasat yapıldığı durumda, yaralanmış, kaba, daha fazla olgunlaşmış çay yaprakları elde edilir ve kateşin miktarları elle yapılan hasattakine göre daha düşüktür. Elle hasat edilen taze çay yapraklarında toplam fenolik bileşiklerin içeriği (258.23-304.75 mg/g), makine ile hasat edilenlere (206.98-273.11 mg/g) göre yüksektir (Kesler 2012, Türkmen, 2007'den). Taze çay yaprağında bireysel kateşinlerin içeriği çay klonlarına göre değişmektedir. Fakat aynı çay klonu içerisinde yapraklar incelendiğinde önemli derecede farklılığın olmadığı gözlemlenmiştir (Obanda ve Owuor, 1997).

1.3. Yeşil Çay Polifenollerinin Sağlık Üzerine Etkileri

Yeşil çayın antioksidan etkilerinin polifenoller tarafından sağlandığı bildirilmektedir (Vinson ve Dabbagh, 1998). Çay polifenoller arasında flavonoller (kuersetin, kaempferol, mirisetin), flavan-3-oller (kateşinler ve theaflavinler) ve az miktarda purin alkaloidleri (kafein ve teobromin), gallik asit türevleri (galik asit, 5-galloilkinik asit) ve hidroksisinamat kinik esterler (kafeoilkinikasitler) bulunmaktadır (Del Rio vd., 2004). Bunlar arasında kateşinler ve theaflavinler çayın antioksidan

yeteneğini belirlemek için kullanılan iki yaygın endekstir. Birçok çalışma, çay bitkisinin antioksidan bileşiklerinin in vitro olarak çeşitli kanser hücreleri üzerinde engelleyici bir etkiye sahip olduğunu ve aynı zamanda DNA'yı serbest radikallerin zararından koruduğuna işaret etmektedir (Friedman vd., 2007; Ježovičová vd., 2016).

Çayın içeriğinde bulunan kafein ve kateşinlerin vücut ağırlığı ve enerji kaybı üzerine etkileri olduğu bilinmektedir. Kafeinin insan metabolizmasında termogenezi uyardığı ve yağ oksidasyonuna neden olduğu görülmüştür. İn vitro çalışmalar kateşinlerin kahverengi yağ dokusundaki solunum hızını yükselttiğini, bunun da termogenezi uyardığını göstermektedir. Termogenezin ve yağ oksidasyonunun yükseltilmesinin, noradrenalinin düşürülüp kateşol o-metil transferaz enziminin engellenmesinin yeşil çayda bulunan kateşinlerin etkinliği olduğu ifade edilmektedir (Fisunoğlu, 2008; Kesler, 2012'den).

Çay tüketimi, oksidatif stresin kritik bir rol oynadığı kardiyovasküler hastalık ve kanser gibi kronik patolojilerin düşük insidansı ile ilişkilendirilmiştir. Çay kateşinleri ve theaflavinler sırasıyla yeşil çayın ve siyah çayın antioksidan aktivitesinden sorumlu olan biyoaktif fitokimyasallardır. İnsanlar üzerinde daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmasına rağmen, makul miktarlarda yeşil çayın düzenli tüketimi, özellikle oksidatif strese maruz kalan kişilerde antioksidan kapasitelerini etkili bir şekilde modüle edebileceği ve glikoz, lipit ve UA metabolizmasını iyileştirebileceği bildirilmektedir (Peluso ve Serafini, 2017). Kateşinler taze çay yapraklarında bulunan başlıca polifenollerdir ve çoğunlukla yeşil çayda muhafaza edilirler (Zhang vd., 2018).

Çay tüketim oranı ile birbirinden farklı kanser türleri arasındaki bağlantılar birçok bilim insanı tarafından araştırılmıştır. İn vitro araştırmalarda, çay bitkisinin muhteiyatında olan epigallokateşin-3-gallat ve theaflavin bileşiklerinin antioksidan aktiviteye sahip bir yapıda olduğu belirtilmiştir. Araştırmaların çoğunlukla çayın biyokimyasal yapısındaki EGCG ve theaflavin bileşiği üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bahsi geçen bu iki bileşiğin farklı kanser hücrelerinin gelişmesinin ve çoğalmasının önüne geçtiği ifade edilmektedir. Buna rağmen, insanlar üzerinde yapılan çalışmalarda çayın kansere karşı koruma faktörünün yüksek olduğu tam net açıklanamamıştır. Bazı epidemiyolojik araştırmalarla yeşil çay tüketimi ile birlikte hızla yükselen boğaz, prostat ve göğüs kanserlerine karşı önlem alıcı bir etkiye sahip

olduğu belirtilmiştir (Çelik, 2006).

Yeşil çay ekstraktlarının geleneksel Çin tıbbında kronik hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde yüz yıllardır kullanıldığı bilinmektedir. Yeşil çay ekstraktından elde edilmiş temel kateşinlerin, toplam polifenollerin %50-80'ini barındıran (-)-epigallokateşin-3-gallat (EGCG) olduğu belirtilmektedir. 200 mL suda kaynatılan 2 g çay yaprağı 200-300 mg EGCG içermektedir. EGCG'nin prostat ve meme tümörlerinin gelişmesine ek olarak mide, kolon, deri ve akciğer kanserlerini; teafavinlerin ise akciğer ve yemek borusu kanserinin oluşumunu engellediği bildirilmektedir. Özellikle Japonya'da yapılan araştırmalarda yeşil çay tüketiminin yoğunluğuna bağlı olarak I. ve II. fazda meme kanserlerinin tekrarlanma oranının azaldığı ortaya çıkmıştır (Tosun, 2005; Toprak ve Karaca, 2014).

EGCG'nin birçok kanser çeşidinde hücre çoğalmasını engellediği, hücre yaşam çemberinde gerilemeye sebebiyet vererek ve apoptozu tetiklediği belirtilmiştir (Koçtürk ve Altun, 2010).

Çay kateşinlerinin kanserin başlangıç seviyesi ile beraber, ilerleme ve gelişme dönemlerini de engellediği, koroner kalp hastalıklarına karşı koruma mekanizması geliştirdiği, çay tüketimi ile birlikte akciğer, meme, oniki parmak bağırsağı, pankreas, özefagus, karaciğer ve kolon kanseri oluşumuna sebep olan kimyasal karsinojenlere karşı koruma sağlandığı bildirilmektedir. Örnek olarak 200 g/ay'a kadar yeşil çay tüketimi olan erkeklerde pankreas kanseri riskinde %12, kadınlarda ise %53; 200 g/ay'dan fazla tüketimi olan erkeklerde %43, kadınlarda ise %47 azalma, günde 2 veya daha fazla bardak siyah çay içenlerde kolon kanser riskinde %4, rektum kanseri riskinde %44, kolorektum kanserlerinde %21 azalma, 2 fincan/gün'den çok yeşil ve siyah çay içenlerde prostat kanseri riskinde %30 azalma, 7 fincan/gün veya daha fazla siyah ve yeşil çay içenlerde mide kanseri riskinde %31 azalma olduğu belirlenmiştir. Bu araştırmalar çay bitkisinin önemli oranda antikanserojen etkiye sahip olduğuna işaret etmektedir (Yılmaz, 2010).

Asya'nın büyük bir kısmı olmak üzere Kuzey Avrupa ve Doğu Avrupa'da en fazla rastlanan kanser çeşidi, yüksek oranda tuz ve tuzlu besin kullanımıyla beraber ortaya çıkan mide kanseri olduğu bilinmektedir. Çay ve çay kateşinlerinin bakteri yok edici ve bakterinin gelişimini önleyici olması sebebiyle *Helicobakter pylori* üzerinde etkisinin olduğu ortaya konmuştur. İn vitro araştırmalar ile özellikle yeşil çay

tüketiminin insanda mide kanserine karşı koruyucu etkisi olduğu belirlenmiştir (Toprak ve Karaca, 2014).

Yeşil çay kateşinleri proteinlere eklenme özellikleriyle bazı enzim ve reseptörlerini etkileyebilmektedir. Yeşil çay kateşinlerinden (-)-EGCG, nitrik oksit sentaz ve siklooksigenaz² gibi prooksidan enzimleri inhibe ederek, iltihap ve tümör büyümesinde önemli araçlar olan nitrik oksit ve prostoglandinlerin salınımını kısıtlamaktadır. Yeşil çayın tümör metastasını (yayılımını) engelleyerek, kanserin ilerlemesini önleyebileceği bildirilmektedir. In vitro çalışmalarda, yeşil çayın, ağız içi yaralarda G1 hücre döngüsünün durmasını teşvik ederek, pulçuk yapılı kanser hücrelerinin apoptosisini hızlandırdığı görülmüştür.

Deney hayvanları üzerinde yürütülen çalışmalarda, yeşil çayın sindirim sistemi organlarında, meme bezlerinde, karaciğerde, akciğerde ve ciltte kanserojen nedenli tümör gelişimine ve metastasına karşı antikanserojen etki gösterdiği bildirilmiştir. Yeşil çay flavonollerinden kuersetin, kemferol ve mirisetinin de farelerde ve sıçanlarda karsinojen nedenli tümörlerin oluşumunu engelleyebildiği saptanmıştır (Şahin ve Özdemir, 2006).

Çay tüketiminin günde 3 fincan (1 fincan = 237 ml) artmasıyla miyokard enfarktüsü görülme oranının %11 oranında azalacağı belirlenmiştir (Arab, 2013).

Japonya’da 8522 kadın ve erkek üzerinde yapılan çalışmada günde 10 fincan (yaklaşık 900 ml) yeşil çay içen erkeklerin koroner kalp hastalığından ölüm riski günde 3 fincan yeşil çay (280 ml) içen erkeklerden %58 düşük bulunmuştur (Toprak ve Karaca, 2014).

Hipertansiyonun büyük risk kategorisinde olduğu inme ye karşı, sebze, meyve ve çay tüketiminin koruyucu etkisinin olduğu çokça çalışma ile ifade edilmektedir. Flavonoid alımı ile birlikte kronik kalp hastalığının, inmeyle negatif bir bağlantı içinde olduğu gösterilmektedir. Hipertansiyonlu hastaların daha az flavonoid tüketimi ile birlikte, flavonoidten zengin besinlerin tüketimi arttıkça, hipertansiyon riskinin azaldığı belirlenmiştir (Çelik, 2006).

Düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) oksidasyonu barındıran çeşitli faktörlerin kalp-damar hastalıklarının başlamasını ve ilerlemesini etkileyebileceği düşünülmektedir. Yeşil çay polifenollerinin antioksidan aktivitelerinden ötürü, oksidatif enzimlerin çalışmasını önleyerek veya hücrel antioksidanları yükselterek

arterlerde LDL oksidasyonu ve plaka oluşumunu engellediği bilinmektedir. Ayrıca plazmada yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) seviyesini yükseltmek suretiyle kalp-damar hastalıklarını azalttığı görülmektedir. Yapılan bir araştırmada yüksek seviyede yağ ve kolesterol barındıran rasyonları tüketen hayvanlarda, çay kateşinlerinin serum ve karaciğer lipidlerindeki artışı önlediği, serumtotal kolesterolünü düşürdüğü, total lipidler ile kolesterolün dışkıyla atılımını artırdığı belirlenmiştir (Vinson vd., 1998).

Yeşil çay, kateşinler olarak bilinen polifenolik bileşiklerin yüksek konsantrasyonlarının varlığı ile karakterize edilir; (-)-epigallocateşin-3-gallat (EGCG) en bol bulunan ve en iyi çalışılmış olanıdır. Metabolik sendrom (MetS), bel çevresinin yükselmesi, disglisemi, yüksek kan basıncı, serum yüksek yoğunluklu lipoprotein ile ilişkili kolesterolün azalması ve serum trigliseritlerinin artmasıyla tanımlanan karmaşık bir durumdur. Hem in vitro hem de laboratuvar hayvan modellerinde yapılan çalışmalarda yeşil çay ve EGCG'nin MetS semptomlarına karşı önleyici etkileri incelenmiştir. Genel olarak, bu çalışmaların sonuçları umut vericidir ve yeşil çay ve EGCG' nin obezite, insülin direnci, hipertansiyon ve hiperkolesteroleminin hem genetik hem de diyet modellerinde önleyici etkileri olduğu görülmüştür (Sae-Tan vd., 2011).

Yüksek oranda şişman fareler üzerinde yapılan bir çalışmada fareler 10 haftadan fazla yeşil çay ile beslenmeleri sağlanmış ve akabinde obezite ve karaciğer yağlanmasına negatif etki ettiği belirlenmiştir (Sarica vd., 2008).

Yeşil çaydan elde edilen EGCG'in endokrin sistem ve besin alımı üzerine etkileri araştırıldığında; Normal kiloda olan ve aşırı kilolu sıçanlara farklı dozlarda ve sürelerde EGCG verdikten sonra her iki cinsiyette de verilen doza ve uygulanma süresine bağlı olarak kilo kaybında düşüşün gerçekleştiği belirlenmiştir. Çalışmada EGCG verilen sıçanların kontrol grubundaki sıçanlara göre besin tüketimlerinin %50-60 oranında düştüğü, bunun da kilo kaybıyla sonuçlandığı görülmüştür. Bunlara ek olarak EGCG verilen sıçanların araştırma öncesine göre serum lipid, trigliserit, ve kolesterol seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma olduğu bildirilmiştir (Fisunoğlu, 2008).

Hayvan modellerini kullanan çalışmalar, yeşil çay kateşinlerinin dejeneratif hastalıklara karşı bir miktar koruma sağladığını göstermektedir. Bazı çalışmalar, yeşil çayın hepatoma hücreleri üzerinde antiproliferatif bir aktiviteye sahip olduğunu ve

hepatoma ile tedavi edilen sıçanlarda hipolipidemik aktivite etkisi ile hepatoksisiteyi önlediğini ve meme kanserinin başlamasından sonra önleyici bir madde olarak rol oynadığını göstermiştir. Yeşil çay kateşinleri aynı zamanda antitümörjenik ajanlar olarak ve nakledilen tümörlerin veya kanserojen tedavisinin neden olduğu immün fonksiyon bozukluklarında immün modölatörler olarak da görev yapabileceği bildirilmektedir (Chacko vd., 2010).

Demir yetersizliğine bağlı olarak gelişen aneminin oluşumundaki sebepler çok değişkenli olabilmektedir. Bu sebepler içerisinde demir tüketim oranının düşük olması, vücuda alınan demirin fayda sağlayacak seviyede ve formda olmaması en önemli faktörlerin başında gelmektedir. Demir emilimini yükselten ve düşüren beslenme çeşitleri tam olarak bilinmemekle birlikte hayvansal besinlerden alınan hem demirin emilimi, bitkisel kaynaklardan alınan hem olmayan demirle karşılaştırıldığında beslenme şekilleri ve kullanılan besin içeriğinden etkilenmediği görülmüştür. Hem olmayan demirin kateşinler, proteinler olmak üzere aminoasitler gibi çeşitli bileşiklerle etkileşime girdiği ve sonucunda emiliminin düştüğü görülmektedir (Fisunoğlu, 2008).

Demir seviyesi düşük olan bireyler ve özellikle gebe, ergenler ve çocuklar besinlerle birlikte çay tüketmemelidir. Yemekler ile çay tüketimi arasında en az 1 saat zaman olması, çayın demir emilimi üzerindeki negatif etkilerini en aza indirebileceği ve hatta ortadan kaldıracabileceği belirtilmektedir (Fisunoğlu, 2008).

Polifenollerin insanlarda hastalık etmeni olan patojen mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etkisi olduğu bilinmektedir. Bu etkinlikleri mikroorganizma ve polifenollerin çeşidine göre farklılık göstermektedir. Polifenollerin genel olarak Gram (+) bakterilere, Gram (-) bakterilerden (*E.coli* ve *S. enteridis* gibi) daha etkili olduğundan çay fenollerini bir termofilik sporlu bakteri skalasında olan *Bacillus stearothermophilus*'a antimikrobiyal etki gösterdiği görülmüştür. Polifenol muhteviyatının *Clostridium botulinum*'un da büyümesini azalttığı bildirilmektedir (Türkmen, 2007; Coşkun, 2006).

Yeşil çay antibakteriyal etkisiyle, dişlerde tartar ve çürük gelişimine sebep olan *Streptococcus mutans* ve *Streptococcus sobrinus* gibi bakterilerin biyolojik süreçlerini indirmek, bunların diş minesine etki etmesini önlemekte ve ağız kokusunun önlenmesine yardımcı olmaktadır. Yeşil çay ekstraktları metisiline dirençli

Staphylococcus aureus'un metisilin direncini azaltmakta, ayrıca gastrik, mide ve on iki parmak bağırsağı ülseri gibi hastalıklara sebebiyet veren *Helicobacter pylori*'nin gelişimini de engellemektedir (Şahin ve Özdemir, 2006).

Alzheimer hastalığı üzerine yeşil çay kateşinlerinin etkinliğini inceleyen bir araştırmada EGCG, bu hastalıkta ilaç olarak kullanılan galantamiden sonra tek başına en fazla inhibisyon gösteren yapı olmuştur. Yeşil çay desteğinin Alzheimer hastalığında etkinliğini inceleyen bir fare çalışmasında ise yeşil çayın hafıza eksikliklerini engelleme, hipokampusta oksidatif stresi ve hasarı azaltma etkinlikleri göstererek nöroprotektif bir rol oynadığı görülmüştür (Kadıglu ve Ertaş Öztürk, 2021).

Yeşil çayın ideal bir gargara olabileceği yapılan çalışmalarla desteklenmektedir. Dört ila altı yaş arası çocuklara 2 hafta zamanla her gün 1 dk boyunca 5 ml yeşil çay gargarası kullandırılan çalışmada *S. mutans* ve *Lactobasillus* seviyeleri ile beraber *C. albicans* oranında azalma olduğu bildirilmiştir (Vural ve Duman, 2022).

Yeşil çayın en önemli yan etkilerinin özellikle aç karnına tüketimi ile meydana gelen genellikle mide bulantısı, karın ağrısı, diyare ve hazımsızlık gibi dispeptik sorunlar ve hepatotoksisite olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, kafein içeriğine atfedilen anksiyete, sinirlilik ve uykusuzluk gibi yan etkileri de bulunmaktadır. Yeşil çay tüketiminin meydana getirdiği hepatotoksisitenin karaciğer enzimlerinin değişmesinden karaciğer nakli gerektiren akut karaciğer yetmezliğine kadar gidebildiği bildirilmiştir (Mancak Karakuş ve Küçükboyacı, 2020).

Siyah çay başta olmak üzere yapraklarında elde edilen yeşil çay, oolong çay ve diğer çay çeşitleri dünyada çok geniş bir tüketim alanı bulmakta ve katma değer oluşturacak ürünler içerisinde en üst sıralarda yer almaktadır. Çaylar arasındaki değişiklikler işleme tekniğinden kaynaklanmaktadır. Örneğin, yeşil çayın siyah çaydan farkı daha az işlem görmesi, taze ve yeşil rengini çoğunlukla korumasındandır. Böylece yeşil çay daha yüksek oranlarda antioksidan maddeler bulundurur. Yeşil çayın rengi polifenollerin oksidasyona uğramamasından ötürü oolong ve siyah çay ile karşılaştırıldığında onlardan farklı olarak tamamen yeşil olduğu görülmektedir (Ofloğlu, 2019).

Gölgeleme, dünyada birçok yetiştirici tarafından uygulanan ve birçok avantaja sahip önemli yöntemlerden bir tanesidir. Gölgeleme, bitkileri farklı çevresel faktörlerin

(örneğin soğuk, üşüme, don, sıcak, yağış) yanısıra haşere saldırıları, patojenlere sebep olabilen hastalıklar vb. gibi diğer zararlı tehditlerden korumak için etkili önemli bir yöntemdir. Gölgenin etkisi ile büyüyen bitkilerin morfolojileri, fizyolojileri, biyokimyaları ve moleküler özelliklerinde farklılıklar görülmektedir (Zaman vd., 2022).

Gölgelemenin, yapraklardaki yeşil pigmentlerin genişlemesi, klorofil sentezi, fotosentetik kapasite, karbon, nitrojen içeriği, antioksidan aktiviteler, metabolik düzenlemeler ve ikincil metabolitler dahil olmak üzere çayın fizyolojik özellikleri üzerine önemli bir rolü vardır (Xu vd., 2020). Hasat öncesi yapılan gölgeleme işlemi kloroplast gelişimini teşvik etmesi ve klorofil içeriğini arttırması açısından çay kalitesini yükseltmek amacıyla uygulanan yaygın bir işlemdir (Zhang vd., 2014). Gölgeleme koşulları altında, endojen fitohormonlardaki (oksin, sitokinin ve gibberellinler) birtakım değişiklikler, çay yapraklarında gerçekleşen klorofil biyosentezinin modüle edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Liu vd., 2020).

Gölgeleme yolu ile yetiştirilen bitkilerden üretilen Matcha çayı popülaritesi tüm dünyada giderek yükselen ve özellikle antioksidan bileşikler açısından zengin bir içecektir. Özel yetiştirme yöntemi ile ilgili olarak büyüme periyodunun bir kısmında uygulanan gölgeleme işlemi neticesinde bitkiler, klorofilde dahil olmak üzere daha yüksek miktarlarda aminoasitler ve biyoaktif bileşikler ve teanin üretir ve buna bağlı olarak acı olmayan tat ve kendine has bir karakteristiğe sahip olmaktadır.

Gölgeleme işlemi büyüme döneminde bitkilerin sentez ve birikim süreçlerini geliştirmektedir. Yeşil çayın dört ana kateşini olan epikateşin (EC), epikateşin-3-gallat (EKG), epigallocatechin (EGC) ve epigallocatechin-3- gallate (EGCG) bileşenleri gölgeleme işlemleri ile birlikte daha da artmaktadır. Aynı zamanda kafein ve polifenolik bir bileşik olan rutin miktarında artışlar olmaktadır (Jakubczyk vd., 2020).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çay bitkisi keşfinin ilk yıllarında tropik ormanlarda yetiştirilmektedir. Bu durum buradaki ağaçların çay bitkisini aşırı ışıktan korunmasına olanak sağlamaktadır. Çay bahçelerinde yetiştirilen çay bitkileri, ormanlarda yetiştirilen çay bitkilerine göre daha fazla güneş ışığına maruz kalmaktadır. Bu durum fotosistem II ve I arasındaki dengede bozulmalara neden olabilmekte; fotosentezin gerilemesine bağlı olarak bitkide geçici enerji birikimi olarak adlandırılan fotoinhibasyona sebebiyet vermektedir. Yoğun güneş radyasyonunun çay yapraklarındaki fotosentetik aktiviteleri azalttığı bildirilmektedir (Carr ve Stephens, 1992).

Güneşe karşı bu koruma yöntemi, bitkinin klorofil ve l-theanine dahil olmak üzere yüksek miktarda biyoaktif bileşik oluşturmaya olanak tanır. Teanin ve kafeinin yüksek içeriği gölgeleme yapılmadan yetiştirilen çay ile karşılaştırıldığında hoş kokuya sahip bileşenlerin daha yüksek miktarlarda olmasına neden olduğu belirtilmektedir (Sano vd., 2018).

Siyah sentetik elyaf, düşük UV geçirgenliği olan malzemelerle kaplı honzu (ortodoks gölgeleme), yoshizu (kamyıldardan yapılmış perdeler) ve pirinç samanı kullanılarak UV ışınımının ve korumanın yeni çay filizlerinin kalitesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. UV korumasının çay yapraklarının incelenmesine neden olduğu, serbest amino asitlerin, metil metiyonin sülfonyum klorürün ve kafeinin içeriğinin ise arttığı gözlemlenmiştir. Elyaf kaplama ile elde edilen çay yaprakları gölgesiz ortamda yetiştirilen çay yaprakları ile karşılaştırılmış ve aroma bileşenleri olan serbest amino asitlerin ve metil sülfürün öncüsü olan metilmetiyonin sülfonyum klorürün varlığı tespit edilmiştir. Aromanın ana bileşeni olan kateşinlerin içeriğinin ise yüksek, acı ve buruk bir tada sahip olduğu rapor edilmiştir. Çayın kalitesinin, UV ışınımının miktarına bağlı olduğu bu nedenle, geleneksel kaplamanın (örtme kültürü) çayın daha kaliteli olmasına katkıda bulunabildiği belirtilmektedir (Kimura ve Kanda, 2013).

Işık, bitkilerin gelişimi ve büyümesi için en önemli çevresel faktörlerden biridir. UV B ise çay bitkisinde flavonoid biyosentezini düzenleyen güneş ışığının en önemli ana unsurudur (Jin vd., 2021). Gölgeleme işlemi, çay bitkisinin üç ışık sinyali olan UV-B, UV-A/mavi ve kırmızı/uzak kırmızı ışık iletim yolunu etkilemektedir (Liu vd., 2018). Bu durumdan ötürü mavi ışık (470 nm) ve kırmızı ışık (660 nm),

VFAD'leri (uçucu yağ asidi türevleri) VPB'leri (uçucu fenilpropanoidler/benzenoidler) ve VT'leri (uçucu terpenler) önemli ölçüde arttırması ile çay yapraklarının lezzetine farklı bir tat kazandırmaktadır (fu vd., 2015). Yeşil ışık ise çayın aromasını ve lezzetini ekarte etmekte, böylece keskin bir koku ve buruk bir tada neden olmaktadır (Ai vd., 2017).

Çay bitkisinin siyah ağ ile gölgelenmesi, ağın altındaki ışık yoğunluğunu ve UV yoğunluğunu önemli ölçüde azaltmaktadır. Bitkiler ışığı fitokromlar, kriptokromlar ve fototropinler dahil fotoreseptörler ve UV-B ışık fotoreseptör UVR-8 aracılığıyla algılamaktadır. Aktive edilen fotoreseptörler neticede uzun hipokotil 5 (HY5) ve fitokrom etkileşim faktörü 3 (PIF3) gibi transkripsiyon faktörlerinin (TF) stabilitesinde değiştirmektedir (Zhao vd., 2021).

Lignin, bitki büyümesinde ve gelişmesinde hayati fonksiyonlara sahip en önemli ikincil metabolitlerin başında gelir. Çay yetiştiriciliğinde uygulanan gölgeleme, fotoinhibisyonu etkili bir şekilde azaltmakta ve çayın kalitesini artırmaktadır. Gölgeleme ile birlikte lignin oluşum seviyesini belirlemek gölgeleme işlemi neticesinde lignin içeriğinin azaltılması ve çay kalitesinin iyileştirilmesi amacı ile yapılan çalışmada; çay bitkilerinde gölgelemenin lignin birikimi üzerindeki etkilerini araştırmak için, 'Longjing 43' adlı çay çeşidi sırasıyla gölgeleme olmadan (S0), %40 (S1) ve %80 (S2) gölgeleme işlemlerine tabi tutulmuştur. Çay bitkisi yapraklarının yaprak genişliği ve lignin içeriği gölgeleme uygulaması ile (özellikle S2) azalma göstermiştir (Teng vd., 2021).

Radyasyonun sürgün büyümesi ve kuru madde verimi yönünden etkisinin belirlemek amacı ile Sri Lanka'nın yüksek rakımlı bölgelerinde yetiştirilen çay bahçelerinde fotosentetik olarak aktif radyasyonun, fotosentez ve klorofil floresans oranı üzerindeki etkisi kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Çay fidanlarına iki yıllık süre boyunca üç farklı gölgeleme (yapay gölgeleme %30 gölge, siyah naylon ağ şeklinde, gölgesiz ve gölge ağacı (*Gravillea sağlama L.*) ile gölgeleme uygulanmıştır.

Ölçümler açık günlerde ve bulutlu günlerde iki farklı bulut örtüsü altında yapılmıştır. Açık günlerde, fotosentez hızı en yüksek seviyede olması ile birlikte, gün ortasında fotosentez oranında düşüş gözlenmiştir. Gölgesiz bitkilerde fotosentez hızı gölgeli bitkilere göre önemli ölçüde daha düşük seyir etmiştir. Bu bulgular, gölgeleme işleminin ışık sinyalinin değiştirilerek çay kalitesini arttırmasında etkili bir strateji

olabileceğini göstermektedir (Karunaratne vd., 2003).

Gölgelemenin çay verimi üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla yapılan bir diğer çalışmada çay üretimi sırasında bitkiler 2 hafta boyunca %90 gölgede yetiştirilmiştir. 14 gün sonra yapılan çay filizi verimi (bir tomurcuk ve üç yaprak) analizlerinde sürgün taze ağırlığı ve kuru ağırlığı gölgelemeden sonra önemli ölçüde azaldığı aynı zamanda kuru madde yüzdesinin de gölgelemeden sonra azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, kontrol bitkileriyle karşılaştırıldığında, gölgeleme uygulanan bitkiler daha ince yapraklı ve sürgün aralarının ise kontrol bitkilerine göre daha kısa olduğu elde edildiğinde sonuçlar, çay bahçelerinde %90' lık gölgelemenin sürgünlerin kuru madde yüzdesinin azalmasına ve çay veriminin düşmesine yol açabileceğini göstermektedir (Ye vd., 2023).

Ge vd. (2024) tarafından yürütülen bir çalışmada, çay bitkilerinin üzerleri sırasıyla bir gölgelik, çift gölgelik, çay bitkilerinin 50 cm yukarısında bir gölgeleme, çay bitkilerinin 50 cm yukarısında çift gölgeleme ağı ile örtülmüştür ve kontrolde gölgeleme işlemi uygulanmamıştır. Çay bitkilerinin farklı gölgelendirme uygulamalarına tepkisini takip etmek için 14. günün sonunda çay bitkilerinin fotosentetik özellikleri incelenmiş ve akabinde çay verimi ölçülmüştür. Çift gölgeleme işlemi uygulanmış ve çay bitkisinin 50 cm üzerinden çift gölgeleme yapılmış çay bitkilerinin net fotosentetik oranının, kontrol çay bitkilerinininkinden daha düşük ve çift gölgeleme uygulanan alanda yetişen bitkilerin fotosentetik oranının, kontrolünün yalnızca yarısı olduğu aynı zamanda çay bitkilerinin terleme hızı ve stoma iletkenliği, gölgeleme oranları arasında en düşük çıkmıştır. Dört gölgeleme işlemi arasında çay bitkisi üzerinde tek gölgelik uygulanan çay bitkilerinin fotosentetik oranı, terleme hızı ve stoma iletkenliği açısından en yüksek artışı göstermiştir. Kontrol grubundaki taze çay yapraklarının verimi 5944 kg/ha iken gölgeleme uygulamalarında verim önemli ölçüde azalma göstermiştir. Gölgeleme uygulamalarının, özellikle çift gölgelik ve bitkinin 50 cm üzerinden çift gölgelik uygulamasının, çay bitkilerinin fotosentezini azaltarak çay gelişimini engellediği görülmüştür. Yükselen gölgeleme seviyesinin klorofil birikimi açısından yararlı olduğunu ve bunun da daha yüksek SPAD değerlerine yol açtığı tespit edilmiştir. Gölgeleme süresinin uzatılmasının klorofil biyosentezi tarafından olumludur nitekim gölgeleme CsHY5 ekspresyonunu inhibe ederek CsPORA-2 ekspresyonunu desteklemekle birlikte bu durum çay yapraklarında

yüksek miktarda klorofil birikmesine neden olmaktadır.

Bitkilerdeki flavonoidlerin biyosentezi, endojen hormonları ile şekerlerin yanı sıra ışık, patojen saldırısı, bitki büyüme düzenleyicileri ve çeşitli stresler gibi çevresel uyaranlar ile etkileşim halindedir. Siyah ağ kullanılarak gölgeleme işlemi gerçekleştirilmiş bir çay bahçesindeki ışık yoğunluğundaki azalma ile, epikateşinlerin oranı kademeli olarak azalmış, epigallokateşinlerin oranı ve pirogallol kateşinler ise yükselmiştir. Bu durum düşük ışık etkisinin gallenmiş kateşinlerin oranını yükselttiğini göstermektedir (Ye vd., 2021).

Yapılan bir diğer gölgeleme çalışmasında EGC içerikleri anlamlı farklılıklar göstermiştir. Gallat tipi kateşinler (ECG ve EGCG) ve kafein içeriği gölgesiz alana göre önemli ölçüde daha yüksek çıkmıştır (Sano vd., 2018).

Gölgenin etkisi altında büyüyen bitkilerin morfolojileri, fizyolojileri, biyokimyaları ve moleküler özelliklerinde değişiklikler görülmektedir. Gölgeleme ağlarının kullanımı, bitkileri hem fizyolojik hem de metabolik düzeylerde korumak için farklı iklim koşulları altında yaygın bir olgudur. Birçok yetiştirici tarafından, domates, biber, marul, incir ve çay gibi farklı bitkiler için koruma olarak gölgeleme kullanılmıştır (Zaman vd., 2022).

Işığın yoğunluğu, fotoperiyod, ışığın kalitesi şeklinde bitki kontrolünde hayati bir rol oynamasının yanı sıra bitki gelişimi, fizyolojik metabolizma, morfogenez, hücre bileşeni biyosentezi ve epigenetik için düzenleyici olmasıyla da hayati bir rol oynamaktadır (Bach vd., 2001).

Gölgeleme işleminin yeni tomurcukların büyümesi ve taç yüzeyindeki büyüme farklılıklarının iyileştirilmesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Işık perdeleme uygulamasıyla yeni çıkan tomurcuk sayısı azalmış ve verim düşmüştür. Yeni tomurcukların su içeriği, klorofil içeriği ve nitrojen içeriği yüksek; yapraklardaki toplam nitrojen içeriği arttıkça üretilen etilen miktarında iser azalma eğilimi olduğu ve bu da çay yapraklarının yaşlanmasının baskılanmasıyla bağlantılı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yamaçlardaki çay plantasyonlarının gölgeli alanlarında gözlenen yeni sürgün büyümelerindeki farklılıkların düzeltilmesinde gölgeleme uygulamasının etkili olduğu görülmüştür (Hirose vd., 2002).

Serada yetiştirilen taze çay yapraklarındaki klorofil a ve klorofil b miktarları tarladaki taze çay yapraklarındakilerden önemli ölçüde daha yüksektir. Sera yeşil

çayının rengi tarla yeşil çayına göre daha koyu yeşildir. Sera çay yapraklarının klorofil içeriği, hücre içi karbondioksit varlığı, stoma iletkenliği, terleme hızı ve net fotosentetik oranı, tarla çay yapraklarından önemli ölçüde daha fazladır. Sera çay numunelerindeki yüksek klorofil içeriği, öncelikle sera tarafından kaplanan çay yapraklarındaki genlerin daha yüksek ekspresyonuna ve klorofil metabolizması ile ilgili enzimlerin aktivitesinden kaynaklanmaktadır. Gölgelemenin çay yapraklarında klorofil birikimini teşvik etmek için etkili bir yol olduğu kanıtlanmıştır (Ma vd., 2024).

Zaman vd. (2022) tarafından çay bitkileri gölgesiz, %30 gölgeli, %60 gölgeli ve %75 gölgeli olarak deneme alanlarına ayrılmıştır. Gölgelemenin, fotokimyasal kapasiteyi ve verimliliği etkilediği; klorofil a ve b, klorofil ve karotenoid içeriklerini optimize ettiği antioksidan aktiviteyi ve fizyokimyasal özellikleri arttırdığı %60 gölgelemede süperoksit dismutaz, peroksidaz, katalaz ve ω -3alfa-linolenik asit'in gölgelenmeyen alan ile karşılaştırıldığında yükselme gösterdiği gözlenmiştir.

Koláčková vd. (2020), alkollü ekstraktlardaki toplam fenolik içeriğinin 273 mg GAE/g'ye kadar ulaştığını gözlemlemişlerdir. Matcha çayı örneklerinde yapılan detaylı analizlerde maksimum fenolik asit seviyeleri takip edilmiş ve gallik asit, 423 g; p-hidroksibenzoik asit, 243 g; klorojenik asit, 4800 g; kafeik asit, 223 g; ferulik asit, 289 g ve ellagik asit, 371 g olarak tespit edilmiştir.

Çay filizlerinde theaninin artırılmasında gölgelemenin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, gölgeleme koşulları altında teaninin gövdede arttığı, yaprakta azaldığı ve köklerde ise stabil kaldığı gözlemlenmiştir. Çay köklerinde organik bir bileşik olan etilamin gazının ise önemli ölçüde artırdığı ve teanin biyosentez yolunu ve teanin taşıyıcı genlerini aktive ettiği belirlenmiştir. Bu bulgular, çay bitkilerinin gölgelenmesinin, teanin biyosentezini ve farklı dokulardaki tahsisini desteklediğini göstermektedir (Yang vd., 2021).

3. MATERİYAL VE METOT

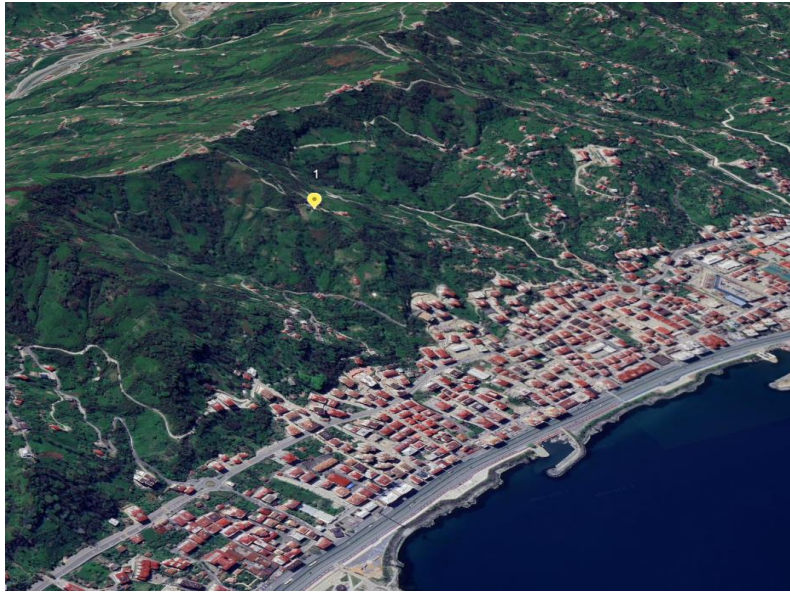
Bu çalışma, 2024 yılında Rize ili Merkez Gülbahar Mahallesi'nde bulunan bir üreticinin çaylık arazisinde tek faktörlü ve 3 tekerrürlü olarak tesadüf blokları deneme desenine göre yürütülmüştür. Çalışmada farklı oranlarda (kontrol, %35, %55 ve %75) gölgeleme uygulanmıştır.

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Alanının Yeri ve Özellikleri

Araştırma yapacağımız deneme parselinin çalışmanın daha sağlıklı yürütülebilmesi açısından kültürel işlemleri (gübreleme, yabancı ot temizliği) yapılmıştır. Denemenin kurulduğu ocakların belirlenmesinde daha önce yapılan gözlemler dikkate alınmıştır. Ocak yüksekliği, ocak çapı ve ocaktaki sürgün potansiyeli göz önünde bulundurularak deneme alanında kullanılan ocaklara karar verilmiş, birbirine yakın benzerlik gösteren çay ocakları denemede kullanılmıştır.

Deneme alanı 41°01'30"N kuzey enlemleri 40°32'48"E doğu boylamları arasında yer almaktadır. Rakımı 216 m ve denize olan mesafesi 1 km'dir. Söz konusu çay bahçesinin tesisi 60-70 yıl öncesine dayanmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Deneme parselinin lokasyonu

3.1.2. Çalışmanın Yapıldığı Yerin İklim Özellikleri

Araştırmamızın yapıldığı Rize iline ait uzun yıllar iklim verilerini içeren bilgiler Tablo 1.'de gösterilmektedir. 95 yıllık ortalamalar dikkate alındığında çay bitkisinin hasat dönemi bitiminde dinlenme dönemi diye adlandırdığımız ocak, şubat, mart ve aralık aylarında sıcaklık 10°C'nin altında olduğu görülürken sürgün dönemi başlangıcı olarak anılan nisan ayından itibaren eylül ayına kadar sıcaklıkların artış gösterdiği gözlemlenmiştir.

Güneşlenme süresi 6.6 saat ile en uzun haziran ayı içerisinde gerçekleşmiştir. Ortalama en yüksek sıcaklık, 26.6°C ile ağustos ayında olurken; ortalama en düşük sıcaklık, 3.7°C ile şubat ayında olmuştur. Aylık toplam yağış ortalaması miktarı en fazla 294.3 mm/m²'lik değerle ekim ayı olduğu; yağışlı gün sayısı açısından mart ayı yağışlı günlerin en yoğun olduğu ay olarak izlenmiştir. En yüksek sıcaklık bu yılların ortalaması neticesinde 38.2°C; en düşük sıcaklık bu yılların ortalaması dikkate alındığında 7°C olarak gerçekleşmiştir.

2023 yılına ait çay sürgün gelişimi iklim verileri incelendiğinde ise; aylık ortalama sıcaklık 26.5 °C ile ağustos ayında, aylık ortalama nispi nem en yüksek %82.5 ile mayıs ayında gözlenmiştir. Aylık toplam güneşlenme süresi 254.2 saat ile temmuz ayında, aylık yağışlı gün sayısı 23 gün ile haziran ayında gerçekleşmiştir. Açık günler sayısı ise 15 gün ile en yüksek temmuz ayında, bulutlu günler sayısı 20 gün ile eylül ayında görülmüştür (Tablo 2). 2024 yılı birinci dönem çay gelişim ve hasat dönemi iklim verileri imncelendiğinde; en yüksek aylık ortalama sıcaklık 23.4°C ile haziran ayında, en yüksek sıcaklık 31.1 °C ile haziran ayında ve en düşük sıcaklık 4.4 °C ile mart ayında gerçekleşmiştir. Aylık toplam güneşlenme süresi 224.2 saat ile haziran ayında, aylık yağışlı gün sayısı 21 gün ile mayıs ayında gözlemlenmiştir. Açık günler sayısı ise 6 gün ile en yüksek nisan ayında, bulutlu günler sayısı 18 gün ile mayıs ayında görülmüştür (Tablo 3).

Tablo 1. Rize ili Uzun yıllar ortalama iklim verileri (1928-2023)*

Meteorolojik Veriler/Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort.
Ortalama Sıcaklık (°C)	6.8	6.8	8.1	11.7	16.0	20.3	22.9	23.3	20.3	16.4	12.3	8.8	14.5
Günlük Maks. Sıcaklıkların Aylık Ortalaması (°C)	10.7	10.8	11.9	15.4	19.4	23.6	26.0	26.6	24.0	20.4	16.5	12.9	18.2
Günlük Minimum Sıcaklıkların Aylık Ort. (°C)	3.8	3.7	4.9	8.4	12.7	16.8	19.6	20.1	17.0	13.1	9.1	5.8	11.3
Aylık Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.3	3.1	3.6	4.6	5.7	6.6	5.4	5.2	5.0	4.2	3.0	2.2	4.2
Aylık Yağışlı Gün Sayısı Ortalaması	4.8	14.4	15.9	14.7	14.4	14.3	13.8	14.4	14.8	14.9	13.7	14.3	174.5
Aylık Toplam Yağış Ortalaması (mm)	30.8	185.9	161.4	96.0	96.2	134.9	151.2	194.9	257.6	294.3	254.5	242.3	2300.0
En Yüksek Sıcaklık (°C)	26.6	28.1	32.6	35.8	38.2	36.1	35.4	35.6	35.0	33.8	30.4	26.7	38.2
En Düşük Sıcaklık (°C)	-6.5	-6.6	-7.0	-2.8	4.0	7.8	12.0	13.4	4.6	2.5	-2.6	-4.0	-7.0

*Kaynak: Anonim 2024

Tablo 2. Rize ili 2023 yılı çay gelişim dönemine ait iklim verileri*

Meteorolojik Veriler/Aylar	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ort.
Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	12.8	15.6	21.4	24.0	26.5	22.7	28.7
En Yüksek Sıcaklık (C°)	25.3	24.6	28.7	30.8	33.1	30.5	28.8
En Düşük Sıcaklık (°C)	1.1	8.3	16.1	16.5	20.7	16.1	13.1
Aylık Ortalama Nispi Nem (%)	79.3	82.5	81.7	72.7	76.8	78.0	78.5
Aylık Toplam Güneşlenme Süresi (Saat)	115.3	146.0	152.5	245.2	210.1	124.5	165.6
Aylık Yağışlı Gün Sayısı	17	18	23	11	11	16	22
Açık Günler Sayısı	4	5	4	15	12	9	6
Bulutlu Günler Sayısı	15	14	17	9	13	20	14

*Kaynak: Anonim 2024

Tablo 3. Rize ili 2024 yılı çay gelişim dönemine ait iklim verileri*

Meteorolojik Veriler/Aylar	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Ort.
Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	10.1	15.7	16.2	23.4	18.4
En Yüksek Sıcaklık (C°)	21.5	31.8	24.3	31.1	29.06
En Düşük Sıcaklık (°C)	4.4	8.9	9.1	14.6	10.8
Aylık Ortalama Nispi Nem (%)	78.1	74.6	82.2	74.2	77
Aylık Toplam Güneşlenme Süresi (Saat)	133.2	170.2	154.1	224.2	182.8
Aylık Yağışlı Gün Sayısı	16	11	21	12	14
Açık Günler Sayısı	4	6	3	1	3
Bulutlu Günler Sayısı	14	15	18	12	15

*Kaynak: Anonim 2024

3.1.3. Deneme Alanının Toprak Özellikleri

Deneme alanından alınmış olan toprak örneklerinde yapılan analiz sonucunda elde edilen pH, organik madde azot ve fosfor değerleri Tablo 4’de gösterilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde deneme alanı toprağının çok kuvvetli asitli (pH=5.15), azot içeriğinin (%0.29) çok fazla, fosfor oranının (100>22 P ppm) yüksek olduğu ve organik madde düzeyinin (%5.87) fazla miktarda olduğu belirlenmiştir (Şekil 2).

Tablo 4. Deneme bahçesi toprak analiz sonuçları

Analiz Adı	Sonuç	Derecesi
pH (%)	5.15	Kuvvetli asit karakterli
Organik Madde (%)	5.87	Fazla
Fosfor (%)	100	Fosfor içeriği çok fazla
Azot (%)	0.29	Azot içeriği çok fazla



Şekil 2. Toprak numunesi alımı

3.2. Metot

3.2.1. Gölgeleme

Sürgün dönemi başlamadan nisan ayı içerisinde Şekil 4’de gösterildiği gibi deneme alanındaki aynı büyüklükte ve özellikte olan ocaklar seçildikten sonra 3 blok oluşturulmuş ve parseller bloklara dağıtılmıştır. Parsellerin üzerleri %35, %55 ve %75’lik oranda güneş ışığının geçirgenliğini engelleme özelliğine sahip gölgeleme ağı ile örtülmüş olup; kontrol parsellerinin üzeri açık bırakılmış ve direk güneş ışığına maruz kalarak gelişim göstermeleri sağlanmıştır. 25 gün süre ile gölgeleme altında gelişim gösteren çay bitkisinin üzerleri açılarak agronomik ölçümler ve kimyasal analizler için numuneler toplanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Gölgeleme işlemi

I. Blok	II. Blok	III. Blok
Kontrol	%35	%55
%55	Kontrol	%75
%35	%75	Kontrol
%75	%55	%35

Şekil 4. Deneme alanının kurulum şeması

3.2.2. Agronomik, Morfolojik ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

3.2.2.1. Verim Tespiti

Çalışmanın yürütüldüğü deneme alanındaki 12 parselde bulunan toplam 60 ocak 31.05.2024 tarihinde her sürgünde 3.5 yaprak (Horuz ve Korkmaz, 2006; Savsatli vd., 2021; Salman vd., 2022) olarak hasat edilip tartım işlemleri gerçekleştirilmiştir. Hasat edilen parsellerin metrekare değerleri dikkate alınarak her parselin metrekare başına ortalama taze yaprak verimi gr/m^2 olarak hesaplanmıştır.

3.2.2.2. Gözlem ve Ölçümler

Araştırmada çay bitkilerinin üzerlerindeki gölgeleme örtüleri kaldırılmış ve hasat anından hemen önce her bloktaki tekerrürler için sürgün uzunluğu (cm), sürgündeki yaprak sayısı (adet), yaprak uzunluğu (cm), yaprak genişliği (cm) ve yaprak rengi ölçümleri yapılmıştır. Bütün ölçümler her tekerrür için ayrı ayrı olmak üzere rastgele seçilen 10 örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 5).

Sürgün uzunluğu (cm): Her parselde rastgele seçilen ve olgunlaşmasını tamamlamış 10 bitkideki sürgünlerin uzunluklarının ölçülmesi ile elde edilen değerlerin ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Sürgünde yaprak sayısı (adet): Her parselde rastgele seçilen ve olgunlaşmasını tamamlamış 10 sürgünde bulunan yapraklar sayılarak ortalaması alınmıştır.

Yaprak uzunluğu (cm): Her parselde rastgele seçilen ve olgunlaşmasını tamamlamış

10 yaprakta uzunlukların ölçülmesi ile elde edilen değerlerin ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Yaprak genişliği (cm): Her parselde rastgele seçilen ve olgunlaşmasını tamamlamış 10 yaprakta yaprakların en geniş kısmının ölçülmesi ile elde edilen değerlerin ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Yaprak rengi: Her parselden rastgele seçilen ve liyofilizatörde kurutulan yaprak örnekleri toz haline getirildikten sonra Chorma Meter CR-400 cihazı ile ölçümler yapılmış ve yaprak rengi L^* , a^* ve b^* cinsinden belirlenmiştir.



Şekil 5. Deneme alanında ölçümlerin yapılması

3.2.2.3. Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

2024 yılı içinde Mayıs ayında alınan toplam 12 numune yaprak örnekleri homojen hale getirilip bekletilmeden analizleri yapılmak üzere 40°C’de etüvde kurutulmuştur. Kurutulan örnekler toz haline gelinceye kadar öğütülmüş ve kilitli poşetlere konularak diğer kimyasal analizler için Atatürk Çay ve Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü laboratuvarına götürölmüştür. Örnekler toplam polifenol ve kafein analizleri yapılmaya kadar +4°C’ de buzdolabında saklanmıştır.

Çay örneklerinde toplam polifenol analizi ISO 14502-2/2005'e 2-25'e göre yapılmıştır. Kafein analizi, International Trade Centre-United Nations Conference on Trade and Development, UNCTAD'da belirtilen 'Kafein Tayini' yöntemine göre yapılmıştır. Kuru madde analizi ve öğütülmüş numunenin hazırlanması Anonim (1990)'a göre uygulanmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Labortuvar işlemlerinin yürütülmesi

3.2.3. Deneme Deseni ve İstatistiksel Analizler

Deneme tesadüf bloklarında deneme desenine göre 3 tekerrürlü tek faktörlü olarak yürütülmüştür. İstatistik analizi incelenen özelliklerin farklı gölgeleme oranlarına (kontrol, %35, %55 ve %75) göre değişimini belirlemek için yapılmıştır:

Tüm istatistiksel analizler JMP yazılım programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yürütülen bu çalışmada, çay bitkisinde incelenen agronomik, morfolojik ve kalite özelliklerine ait elde edilen verilerin ortalamaları arasında istatistiksel olarak farklılık olup olmadığını ortaya koymak amacıyla varyans analizi uygulanmıştır. İncelenen özelliklerde anlamlı farklılıkların saptanması durumunda, söz konusu farklılığın hangi seviyede kaynaklandığının ortaya konulması amacıyla TUKEY Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada, ele alınan agronomik ve morfolojik özelliklere ait elde edilen bulgular ve bu bulgulara ait elde edilen istatistik analiz sonuçları aşağıda sunulmuştur.

4.1. Taze Yaprak Verimi (gr/m²)

Gölgelemenin metrekaresindeki taze yaprak verimine etkisinin çok önemli olduğu (p<0.01) belirlenmiştir (Tablo 5). Metrekaredeki taze yaprak verimi 69.0 g/m² ile 170.0 g/m² arasında değişim göstermiştir (Şekil 7). Taze yaprak verimine ait en yüksek değerler, aynı istatistiksel grup içinde yer almış olan, 170.0 g/m² ile Kontrolde, 116.3 g/m² ile %35 gölgeleme oranında ve 86.0 g/m² ile %55 gölgeleme oranında elde edilmiştir (Tablo 6).

Tablo 5. Metrekaredeki taze yaprak verimine ait varyans analizi tablosu

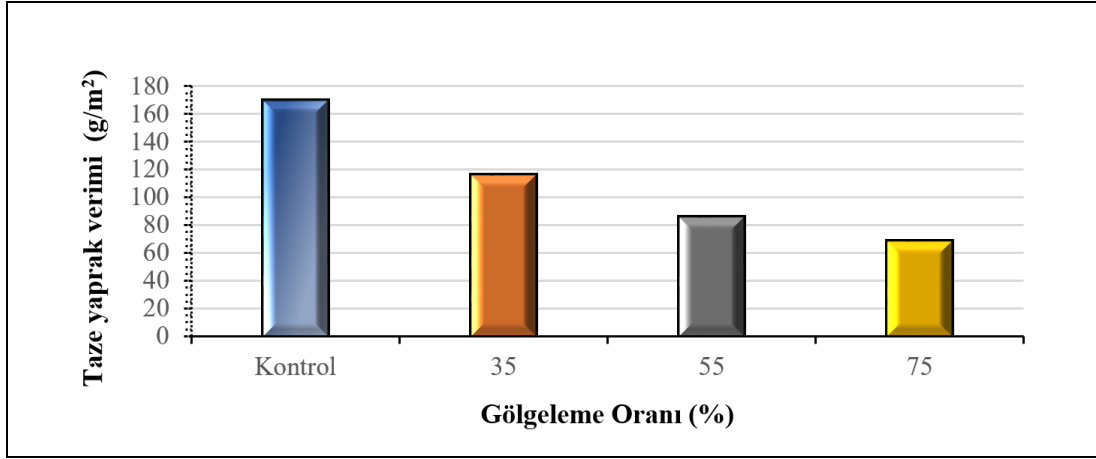
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Oranı
Blok	2	3326.17	1663.08	
Gölgeleme	3	17690.00	5896.66	4.82**
Hata	6	733.50	1221.75	
Genel	11	28346.66		

**p<0,01 hata sınırları içerisinde istatistiki olarak önemli

Tablo 6. Gölgeleme oranlarına göre taze yaprak verimi (g/m²)

Tekerrür	Gölgeleme Oranı			
	Kontrol	35%	55%	75%
1	183	75	90	55
2	104	140	70	72
3	223	134	98	80
Ortalama**	170 ^a	116.3 ^{ab}	86 ^{ab}	69 ^b
Sd	60	35	14	12

**p<0,01, aynı harfle ifade edilen değerler arasında istatistiki olarak bir farklılık yoktur.



Şekil 7. Gölgeleme oranlarına göre metrekaresindeki taze yaprak verimindeki değişim

4.2. Kuru Madde Oranı (%)

Uygulanan gölgeleme oranlarına bağlı olarak taze çay yapraklarının kuru madde oranları bakımından ilk sırada %32.67 ile kontrol yer almış; onu sırasıyla %31.56 ile %35 gölgeleme oranı, %30.66 ile %55 gölgeleme oranı ve %29.81 ile %75 gölgeleme oranı izlemiştir (Şekil 8).

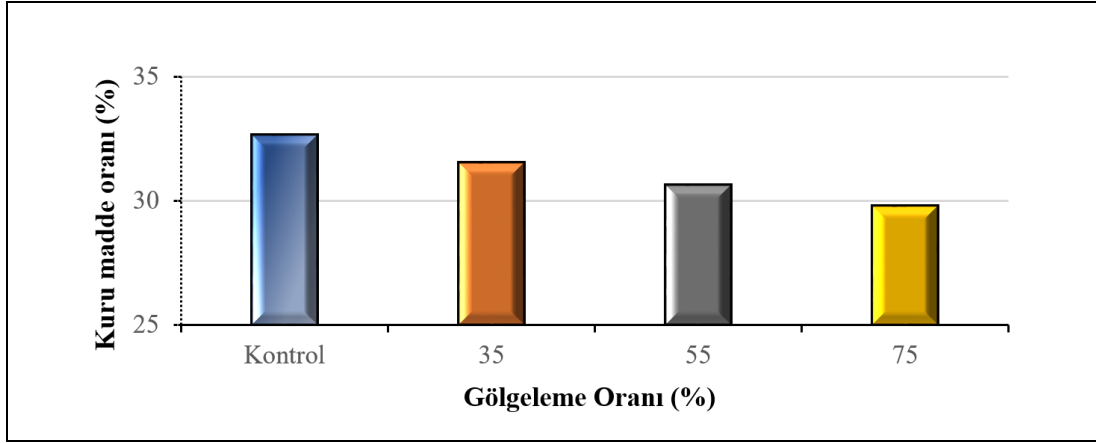
Gölgeleme oranı arttıkça kuru madde oranında azalmalar meydana gelmekle birlikte, gölgelemenin taze çay yapraklarının kuru madde oranına etkisinin istatistiki anlamda önemsiz olduğu belirlenmiştir (Tablo 7, 8).

Tablo 7. Kuru madde oranına ait varyans analizi tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Oranı
Blok	2	1.1123	0.5562	
Gölgeleme	3	13.5699	4.5233	3.94
Hata	6	6.8772	1.1462	
Genel	11	21.5595		

Tablo 8. Gölgeleme oranlarına göre kuru madde oranı (%)

Tekerrür	Gölgeleme Oranı			
	Kontrol	%35	%55	%75
1	32.83	31.93	29.95	28.63
2	33.65	31.09	30.29	31.26
3	31.53	31.65	31.72	29.52
Ortalama	32.67	31.56	30.66	29.81
Sd	1.07	0.43	0.94	1.34



Şekil 8. Gölgeleme oranlarına göre kuru madde oranı

4.3. Toplam Polifenol (%)

Çay yaprağında bulunan fenolik bileşikler önemli olmakla beraber, çay bitkisinin gölgelenme oranlarına göre değişiklik göstermektedir. Gölgeleme oranına bağlı olarak taze çay yaprağındaki polifenol değerleri arasındaki farklılıkların göre çok önemli ($p < 0.01$) olduğu belirlenmiştir (Tablo 9). En yüksek toplam polifenol değeri, %75 gölgeleme seviyesinde %13.80 olarak belirlenmiş, gölgeleme oranı azaldıkça düşüş göstermiş %55’gölgeleme seviyesinde %12.83, %35 gölgeleme altında %11.88 ve kontrolde %11.63 olarak tespit edilmiştir (Tablo 10, Şekil 9).

Tablo 9. Toplam polifenole ait varyans analizi tablosu

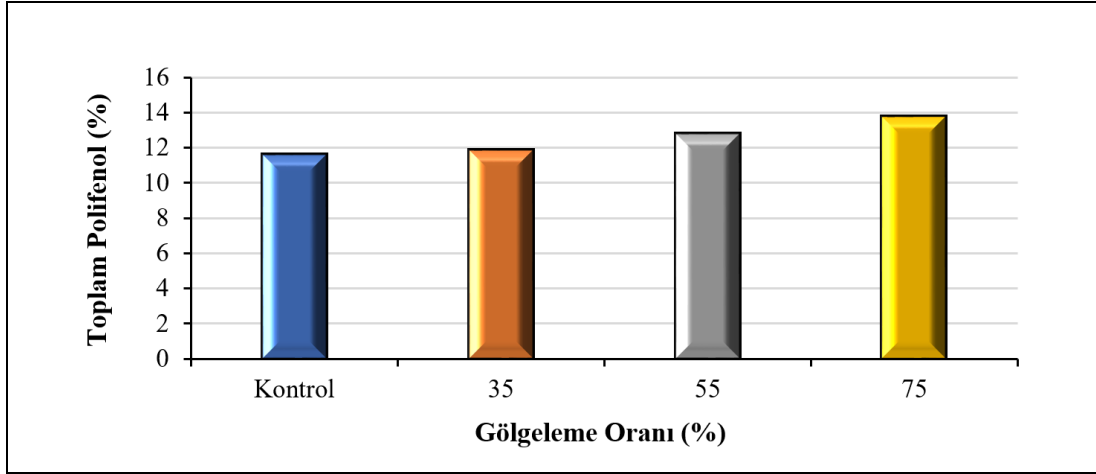
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Oranı
Blok	2	2.2195500	1.109775	
Gölgeleme	3	8.8009667	2.93365	53.3**
Hata	6	0.329783	0.05496	
Genel	11	11.350300		

** $p < 0,01$ hata sınırları içerisinde istatistiki olarak önemli

Tablo 10. Gölgeleme oranlarına göre toplam polifenol değerleri (%)

Gölgeleme Oranı				
Tekerrür	Kontrol	%35	%55	%75
1	11.5	11.98	12.51	13.8
2	11.04	11.27	12.39	13.53
3	12.36	12.38	13.59	14.07
Ortalama	11.63 ^c	11.88 ^c	12.83 ^b	13.80 ^a
Sd	0.67	0.56	0.66	0.27

** $p < 0,01$, aynı harfle ifade edilen değerler arasında istatistiki olarak bir farklılık yoktur.



Şekil 9. Gölgeleme oranlarına göre toplam polifenol değerindeki değişim

4.4. Kafein Oranı (%)

Çay yaprağında incelenen kafein değerleri için yapılan varyans analizi sonucu gölgelemenin önemli ($p < 0.01$) düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir (Tablo 11). En yüksek kafein oranı %75’lik gölgeleme seviyesinde elde edilmiştir (Tablo 12). Diğer gölgeleme seviyeleri ise aynı istatistiki grup içinde yer almıştır. %4.24 kafein oranı ile %75’lik gölgeleme seviyesini %3.88 ile %55 gölgeleme oranı ve %3.82 ile %55 gölgeleme oranı ve %3,72 ile kontrol izlemiştir (Şekil 10).

Tablo 11. Kafein değerine ait varyans analizi tablosu

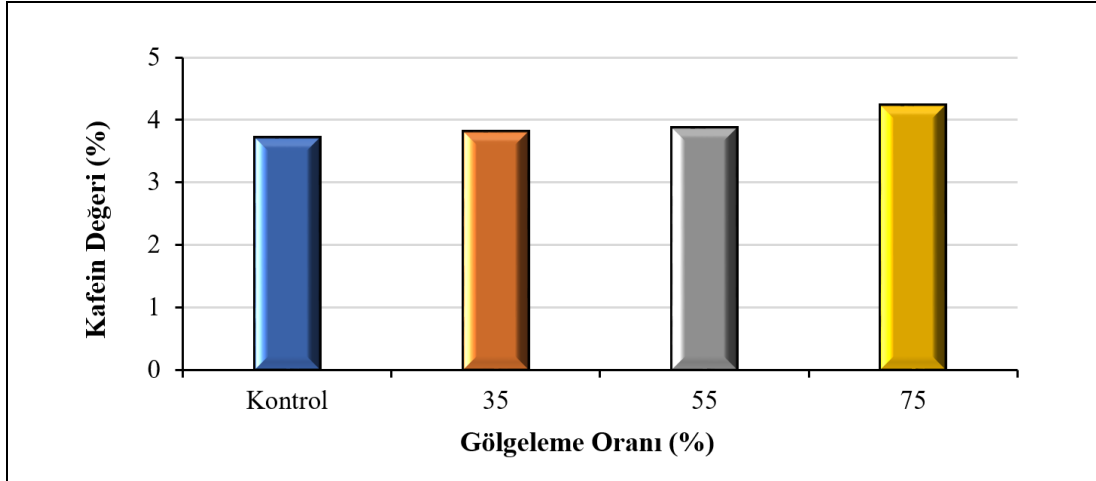
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Oranı
Blok	2	0.03166667	0.015833	
Gölgeleme	3	0.46689167	0.155630	10.76**
Hata	6	0.08673333	0.014455	
Genel	11	0.58529167		

** $p < 0,01$ hata sınırları içerisinde istatistiki olarak önemli

Tablo 12. Gölgeleme oranlarına göre toplam kafein değerleri (%)

Tekerrür	Gölgeleme Oranı			
	Kontrol	% 35	% 55	% 75
1	3.69	3.77	3.89	4.34
2	3.59	3.77	3.75	4.28
3	3.87	3.91	4.01	4.10
Ortalama	3.72 ^b	3.82 ^b	3.88 ^b	4.24 ^a
Sd	0.14	0.08	0.13	0.12

** $p < 0,01$, aynı harfle ifade edilen değerler arasında istatistiki olarak bir farklılık yoktur.



Şekil 10. Gölgeleme oranlarına göre kafein değerlerindeki değişim

4.5. Sürgün Uzunluğu (cm)

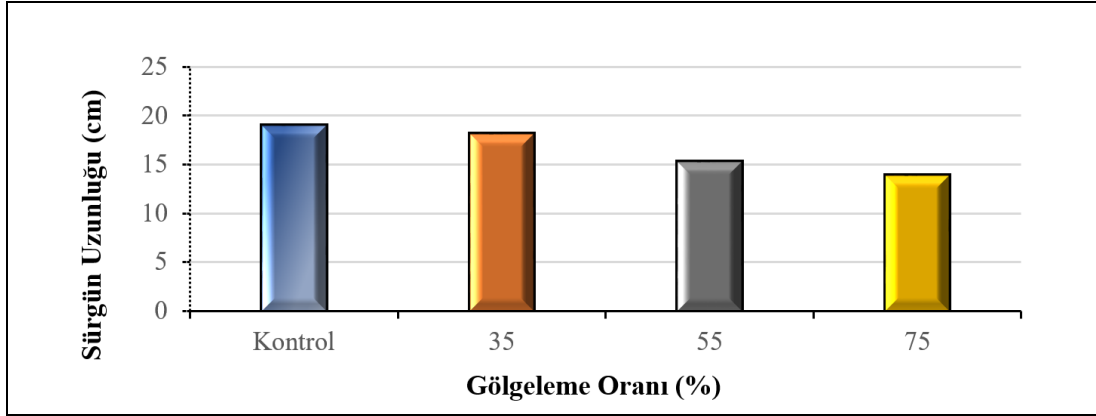
Sürgün uzunluğu için yapılan varyans analizi neticesinde, farklı gölgeleme oranlarında yetiştirilen bitkilerin sahip olduğu sürgün uzunluklarının gölgeleme seviyesine göre önemsiz olduğu belirlenmiştir (Tablo 13). Sürgün uzunluğu ilk sırada 19.06 cm ile kontrol yer almış ve onu sırasıyla 18.18 cm ile %35 gölgeleme, 15.36 cm ile %55 gölgeleme ve 13.92 cm ile %75 gölgeleme oranı takip etmiştir (Şekil 11, Tablo 14).

Tablo 13. Sürgün uzunluğuna ait varyans analizi tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Oranı
Blok	2	8.571267	4.2856	
Gölgeleme	3	51.744625	17.24820	1.75
Hata	6	58.91060	9.81843	
Genel	11	119.22649		

Tablo 14. Gölgeleme oranlarına göre sürgün uzunluğu (cm)

Tekerrür	Gölgeleme Oranı			
	Kontrol	% 35	% 55	% 75
1	14.04	18.63	16.6	13.72
2	19.46	19.45	15.73	16.45
3	23.69	16.48	13.77	11.61
Ortalama	19.06	18.18	15.36	13.92
Sd	4.83	1.53	1.45	2.43



Şekil 11. Gölgeleme oranlarına göre sürgün uzunluğundaki değişim

4.6. Sürgündeki Yaprak Sayısı (adet)

Tablo 15’de, gölge ağı altında yetiştirilen ve gölgeleme olmadan direk ışık etkisi ile gelişen deneme alanından alınan numunelere ait sürgünlere ait yaprak sayısının çok önemli ($p<0.01$) düzeyde birbirinden farklı olduğu görülmektedir. Sürgündeki yaprak sayısı gölgeleme oranı ile orantılı olarak artış göstermiştir. %75’ lik gölgeleme altında yetiştirilen materyalde sürgündeki yaprak sayısı ortalaması 7.9 adet ile en yüksektir (Şekil 12). Gölgeleme oranı (%75, %55, %35 ve kontrol) azaldıkça yaprak sayısı azalmış en az yaprak sayısı ortalaması kontrol gurubunda 4.9 adet olarak belirlenmiştir (Tablo 16).

Tablo 15. Sürgündeki yaprak sayısına ait varyans analizi tablosu

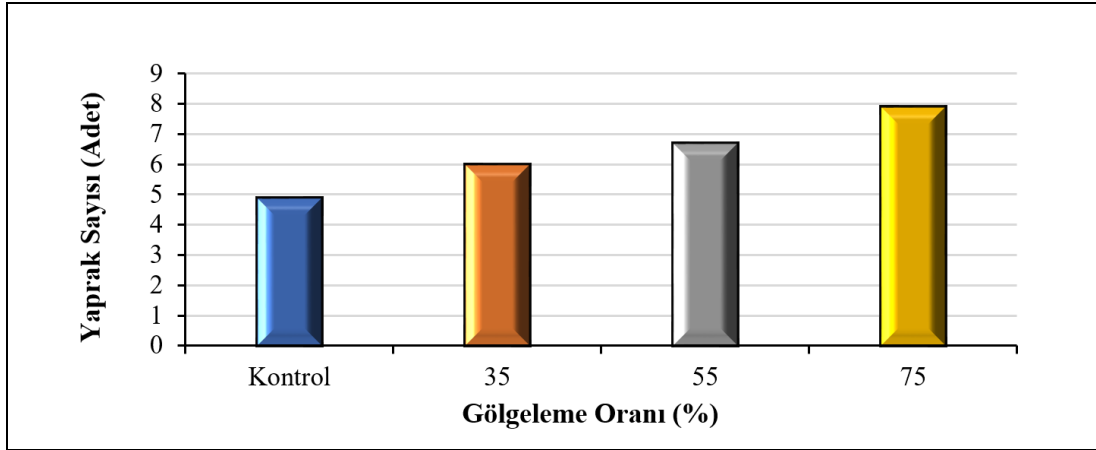
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Oranı
Blok	2	0.026667	0.0133	
Gölgeleme	3	15.969167	5.3230	137.19**
Hata	6	0.233333	0.0388	
Genel	11	16.229167		

** $p<0,01$ hata sınırları içerisinde istatistiki olarak önemli

Tablo 16. Gölgeleme oranlarına göre sürgündeki yaprak sayısı (adet)

Tekerrür	Gölgeleme Oranı			
	Kontrol	% 35	% 55	% 75
1	4.8	5.4	6.9	8.0
2	5.1	5.8	6.5	8.1
3	4.9	5.6	6.8	7.8
Ortalama	4.9 ^d	6.0 ^c	6.7 ^b	7.9 ^a
Sd	0.15	0.20	2.77	0.15

** $p<0,01$, aynı harfle ifade edilen değerler arasında istatistiki olarak bir farklılık yoktur.



Şekil 12. Gölgeleme oranlarına göre sürgündeki yaprak sayısındaki değişim

4.7. Sürgündeki Yaprak Genişliği (cm)

Sürgündeki yaprak genişliği için yapılan varyans analizi sonucunda, yaprak genişliklerinin gölgeleme oranına bağlı olarak çok önemli ($p < 0.01$) olduğu belirlenmiştir (Tablo 17). Yaprak genişliği bakımından en yüksek değerler, kontrol grubunda (3.87 cm) yani gölgeleme etkisi olmadan yetiştirilen bitkilerde ve %35 gölgeleme (3.20 cm) altındaki bitkilerde ölçülmüştür (Tablo 18). Gölgeleme oranı arttıkça yaprak genişliğinin azalma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 13).

Tablo 17. Sürgündeki yaprak genişliğine ait varyans analizi tablosu

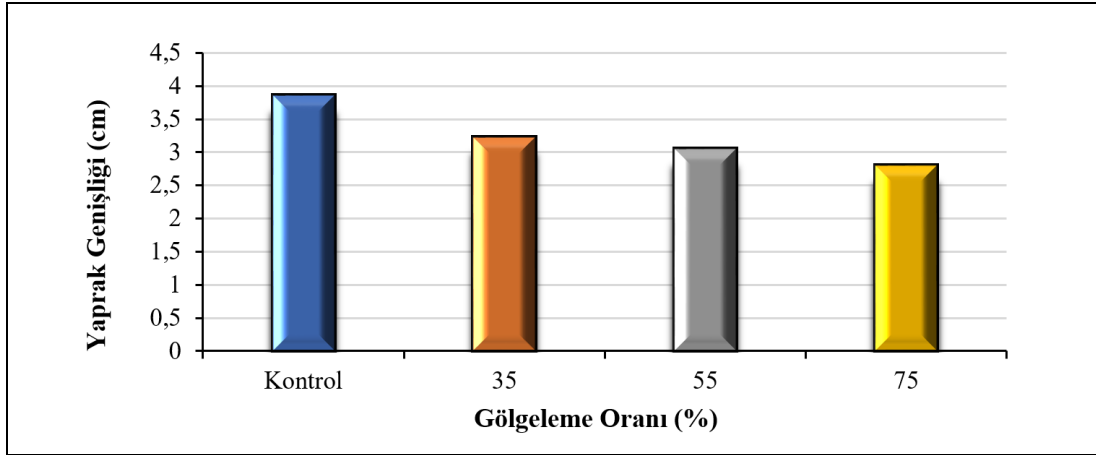
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Oranı
Blok	2	0.2472167	0.12360	
Gölgeleme	3	1.8387667	0.612922	9.73**
Hata	6	0.3775833	0.062930	
Genel	11	2.4635667		

** $p < 0,01$ hata sınırları içerisinde istatistiki olarak önemli

Tablo 18. Gölgeleme oranlarına göre sürgündeki yaprak genişliği (cm)

Tekerrür	Gölgeleme Oranı			
	Kontrol	% 35	% 55	% 75
1	3.57	3,12	3.32	2.86
2	4.32	3.57	2.92	2.94
3	3.73	3.03	2.96	2.64
Ortalama	3.87 ^a	3.24 ^{ab}	3.06 ^b	2.81 ^b
Sd	0.40	0.29	0.22	0.16

** $p < 0,01$, aynı harfle ifade edilen değerler arasında istatistiki olarak bir farklılık yoktur.



Şekil 13. Gölgeleme oranlarına göre sürgündeki yaprak genişliğindeki değişim

4.8. Sürgündeki Yaprak Uzunluğu (cm)

Sürgündeki yaprak uzunluğu için yapılan varyans analizi sonucunda, yaprak uzunluklarına ait değerlerin gölgeleme oranına bağlı olarak farklılık gösterdiği ve bu farklılığın çok önemli ($p < 0.01$) olduğu belirlenmiştir (Tablo 19). Sürgündeki en düşük yaprak uzunluğu %75'lik gölgeleme seviyesinde 7.06 cm olarak ölçülmüştür (Tablo 20). Gölgeleme oranı azaldıkça sürgündeki yaprak uzunluğunda giderek artış göstermiştir (Şekil 14).

Tablo 19. Sürgündeki yaprak uzunluğuna ait varyans analizi tablosu

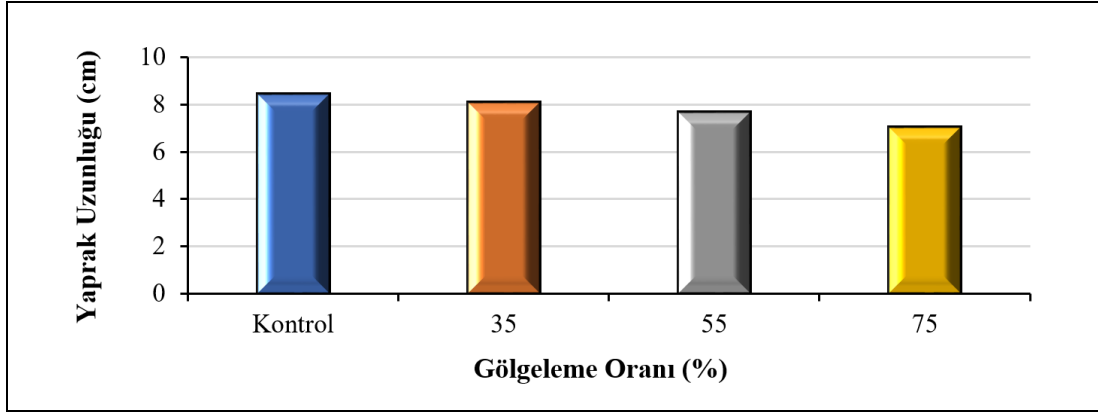
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Oranı
Blok	2	0.2120167	0.10600835	
Gölgeleme	3	3.2258250	1.075275	42.54**
Hata	6	0.1516500	0.025275	
Genel	11	3.5894917		

** $p < 0,01$ hata sınırları içerisinde istatistiki olarak önemli

Tablo 20. Gölgeleme oranlarına göre sürgündeki yaprak uzunluğu (cm)

Tekerrür	Gölgeleme Oranı			
	Kontrol	% 35	% 55	% 75
1	8.25	8.18	7.78	7.01
2	8.79	8.35	7.69	7.19
3	8.32	7.81	7.61	6.99
Ortalama	8.45 ^a	8.11 ^{ab}	7.69 ^b	7.06 ^c
Sd	0.40	0.29	0.22	0.16

** $p < 0,01$, aynı harfle ifade edilen değerler arasında istatistiki olarak bir farklılık yoktur.



Şekil 14. Gölgeleme oranlarına göre sürgündeki yaprak uzunluğundaki değişim

4.9. Yaprak Rengi

Yaprak renk ölçümü koordinatları incelendiğinde, L^* açıklık koordinatı ($L^*=0$ siyah renk, $L^*=100$ beyaz renk) kontrol parselinde 54.05, %35'lik gölgeleme oranında 54.99, %55'lik gölgeleme seviyesinde 53.19 ve %75'lik gölgeleme altında 52.42 olarak ölçülmüştür. a^* koordinatı (+a kırmızı, -a yeşil renk) değerleri kontrol parselinde -10.42, %35'lik gölgeleme oranında -11.02, %55'lik gölgeleme seviyesinde -10.57 ve %75'lik gölgeleme altında -10.62; b^* koordinatı (+b sarı, -b mavi renk) değerlerinde kontrol parselinde 27.34, %35'lik gölge oranında 27.29, %55'lik gölgeleme seviyesinde 25.08 ve %75'lik gölgeleme etkisinde 24.79 olarak tespit edilmiştir (Tablo 21). Gölgeleme yüzdesi arttıkça (kontrol, %35, %55, %75) L^* ve b^* değerlerinde azalma gözlenmiştir. L^* , a^* ve b^* değerlerindeki azalma yaprak renginde mavi yeşil koyu renge eğilim olduğunu göstermektedir. Yaprak renk ölçümlerine ait görseller Şekil 15'te verilmiştir.

Tablo 21. Yaprak renk ölçümü (L^* a^* b^*) değerleri

Tekerrür	Renk Değeri	Gölgeleme Oranı			
		Kontrol	%35	%55	%75
1	L^*	53.81	54.22	52.47	50.86
	a^*	-10.28	-10.96	-10.52	-10.54
	b^*	27.44	27.05	25.12	24.85
2	L^*	54.52	55.67	53.44	53.04
	a^*	-10.45	-11.11	-10.6	-10.67
	b^*	27.31	27.83	25.29	24.73
3	L^*	53.83	55.07	53.67	53.35
	a^*	-10.52	-11.00	10.53	-10.66
	b^*	27.28	26.98	24.84	24.78
Ortalama L^* Değeri		54.05	54.99	53.19	52.42
Ortalama a^* Değeri		-10.42	-11.02	-10.57	-10.62
Ortalama b^* Değeri		27.34	27.29	25.08	24.79



Şekil 15. Yaprak renk ölçümlerine ait görseller

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, çay bitkisinde gölgelemenin agronomik ve morfolojik özelliklerden taze yaprak verimi, sürgün uzunluğu, sürgündeki yaprak sayısı, yaprak uzunluğu, yaprak genişliği ve yaprak rengi ile kalite özelliklerinden olan kuru madde oranı, toplam polifenol değeri ve kafein oranına etkileri incelenmiştir.

Gölgelemeye bağlı olarak çayda taze yaprak verimi (g/m^2) değerleri arasında görülen farklılıkların çok önemli olduğu belirlenmiştir. Yüksek gölgelenme oranında yaprak verimi belirgin şekilde düşmüştür. Gölgeleme, çay bitkisinde ince yaprakların oluşmasına ve boğum aralarının kısalmasına ve aynı zamanda fotosentez oranının azalmasına ve beraberinde yaprak veriminin düşmesine neden olmaktadır (Ye vd., 2023; Ma vd., 2024). Nam ve Lee, (2024) tarafından Koreye endemik olan *Asteraceae* familyasına ait Karahindiba bitkisine (*Taraxacum coreanum*) uygulanan gölgeleme seviyelerinin bitkilerin büyümesi ve fotosentetik tepkileri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kök uzunluğu ve kök ağırlığı gölgeleme seviyesi azaldıkça artma eğilimi göstermiştir. Kök gelişimindeki olumsuzluklar verimi düşürmektedir. Dolayısıyla deneme sonucunda elde ettiğimiz veriler bu bakımdan literatüre uygunluk göstermektedir. Deneme alanımızda gölgeleme seviyesi arttıkça çay verimi azalmıştır.

Gölgelemenin kalite üzerindeki olumlu etkisinden yararlanırken; verim düşüşünün de en az seviyede olmasının sağlanması bu noktada önem taşımaktadır. Gölgeleme işlemi yapılan alanlarda verim kaybının telafisi için yeni bir fitohormon olan (BL) *brassinolidin* eksojen uygulamasının yaprak genişliğini ve fotosentezi artırarak gölgelemenin neden olduğu verim kaybının bir kısmını geri kazandırdığı bildirilmiştir (Chen vd., 2023).

Farklı gölgeleme seviyelerinde gölgeleme ağı kullanılmasının çay bitkisindeki sürgün gelişimi üzerinde etkileri incelendiğinde; gölgelemenin yeni çıkan sürgün uzunlukları üzerindeki etkisinin önemsiz olduğu; buna karşılık, yaprak sayısı, yaprak genişliği ve yaprak uzunluğu üzerindeki etkisinin ise önemli ($p < 0.01$) düzeyde olduğu belirlenmiştir. Gölgeleme oranı arttıkça boğum araları kısalmış yaprak sayısı artmıştır. En fazla yaprak sayısı %75'lik gölgeleme seviyesinde gerçekleşmiştir. Gölgeleme oranı azaldıkça yaprak sayısı da azalmış ve en düşük veriler kontrol seviyesinde elde edilmiştir. Açık alanda yoğun ışık altında yetiştirilen kontrol bitkilerinde yaprak

genişliği ve yaprak uzunluğu en yüksek seviyede iken gölgeleme oranı arttıķķa yaprak uzunluğu ve yaprak genişliğide azalmıştır.

Araştırma sonuçlarımıza benzer olarak, gölgeleme seviyelerine göre bitkilerde fiziksel değişimler meydana gelmektedir. Gölgeleme yoğunluğunun *Artemisia stolonifera*'nın büyümesi, verimi ve kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmak için yapılan çalışmada. *A. stolonifera* fideleri, farklı siyah gölgeleme ağları ile dört gölgeleme yoğunluğu seviyesinde (gölgesiz, %55, %85 ve %95) gölgeleme işlemine tabi tutulmuştur. Gölgeleme koşulları *A. stolonifera*'nın gövde çapı, yaprak genişliği, 5 yaprak aralığı, dal sayısı ve veriminin önemli ölçüde azaldığını, yaprak sayısı, klorofil içeriği ise arttığını göstermiştir (Li vd., 2022). şenger (2008), bitki gelişimi sırasında ışık yoğunluğunun azaltılmasıyla, bitkilerin boyu, gövde çapı, yaprağın yapısı, yaprak rengi ve yaprakların alanı, fotosentetik içeriğinin önemli ölçüde değiştiğini bildirmektedir. Aynı şekilde, Rashid vd. (2022) yumuşak ve ince geniş yapraklara, uzun boğum aralarına sahip çay bitkilerinin gölge altında fiziksel özelliklerinin değiştiğini; yoğun gölgeleme altında olan yaprakların kalın, kırılğan, küçük ve sert yapraklara sahip olduğu ve boğum aralarının kısaldığını tespi etmişlerdir. Fan Xuan vd. (2016) tarafından *Epilobium fangii* bitki türünün bazı morfolojik, büyüme ve fizyolojik özelliklerinin incelendiği bir çalışmada hafif, orta ve şiddetli gölgeleme koşullarında bitkilerin yaprak uzunluğu, korolla genişliği, yaprak kuru ağırlığının dağılımı ve klorofil içeriği üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu göstermişlerdir. Kontrol ile karşılaştırıldığında, bitki başına kök sayısı, bitki boyu, ana gövde uzunluğu ve taban çapı, yaprak genişliği hafif ve orta gölgeleme koşullarında azalma göstermiştir. Teng vd. (2021)'nin yaptığı bir çalışmada da benzer olarak çay bitkisi yapraklarının yaprak genişliğinin gölgeleme uygulaması ile azalma gösterdiği gözlenmiştir. Çalışmada elde ettiğimiz sonuçların literatür kaynakları ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Çalışmamızda yaprak rengi ölçümlerinde L* değerinde gölgelenme yüzdesi arttıķķa azalma olduğu gözlenmiş olup, bu veriler gölgeli alanlarda yeşile doğru bir eğilimi göstermektedir. Aynı durum b* değerinde de gzenmiş, gölgelenme yüzdesi arttıķķa değer azalmıştır. Bu durum gölgeli parsellerde mavimsi renge eğilim olduğu anlamına gelmektedir. Kontrol grubunda yaprak rengi açık renktedir, gölgeleme oranı arttıķķa en koyu renk % 75'lik gölgeleme seviyesinde elde edilmiştir. Bu koyu renk

durumu ise Ma vd. (2024) tarafından bildirildiği üzere daha yüksek klorofil pigmenti içeriğinden kaynaklanmış olabilir. Benzer şekilde, Kika vd. 2024'ne göre gölgeleme işlemi uygulanarak yetiştirilen Matcha çayı'nın yüksek gölgeli alanlardaki açıklık değeri, gölgesiz veya daha düşük gölgeli matcha çayı ile karşılaştırıldığında azalma eğilimindedir.

Ye vd. (2023) çay yapraklarının klorofil içeriğinin gölgeleme altında büyük oranda arttığını, yaprağın renklenmesine önemli ölçüde katkıda bulunduğunu bildirmektedir. Morfolojiye bağlı olarak gölgeleme, kloroplast yoğunluğunu ve çay yapraklarında plastidlerin gelişimini desteklemektedir. Liu vd., (2023) tarafından *Aralia elata* türü üzerine yapılan bir çalışmada; bitkiler, üç farklı vejetasyon süresi (30, 40 ve 50 gün) boyunca dört gölgeleme yoğunluğuna (%20, %35, %50, %60 ve gölgelemesiz yetiştirilen bir kontrol) maruz bırakılmıştır. Çin'e özgü geleneksel tıbbi değeri olan ve genç yaprak tomurcukları yenilebilen özelliğe sahip bu bitkinin gölgelemeye bağlı olarak yaprak özelliği, morfolojisi ve fizyolojisi üzerindeki etkilerini belirlemek için üç farklı gölge konumundaki (üst, orta ve alt) yapraklardan alınan örnekler karşılaştırılmış ve klorofil içeriğinin %50 gölgeleme işleminde en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir (Liu vd., 2023). Dolayısıyla klorofil yoğunluğu yaprak rengini etkileyen önemli unsurlar arasında yer almaktadır.

Topuz vd. (2014)'ne göre yüksek oranda gölgeleme, yeşil çay tozlarında daha düşük L*, a* ve b* değerlerine sebebiyet verdiği bildirilmektedir. Gölgeleme yüksek kaliteli yeşil çay tozlarının ibaresi olan kendine özgü canlı yeşil rengi oluşturmaktadır.

Çay yetiştiriciliğinde gölgeleme çay kalitesinin yükselmesinde etkili olmaktadır (Ye vd., 2023). Araştırmada elde edilen taze çay yapraklarındaki kuru madde değeri için yapılan varyans analizi sonucunda, gölgeleme oranlarına ait kuru madde oranları arasındaki farklılıkların istatistiki olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Dale vd. (1972) tarafından arpa bitkisinde ilk yaprağın gölgelenmesinin bitkilerinin büyümesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Arpa bitkileri kontrollü koşullar altında yetiştirilmiş ve birinci veya ikinci yapraklar tüp şeklinde gölgelerle kaplanmıştır. İlk yaprağın gölgelenmesi bitkilerin kuru madde artış hızında geçici bir azalmaya neden olmasına rağmen, 14 gün sonra kontrol bitkilerinininkine benzer bir değere ulaşmış ve bitkilerin farklı gelişme dönemlerinde de benzer etkiler ortaya çıkmıştır.

Bir diğerk çalışmada, LG11 cinsi yemlik mısıır çeşidine başlama tarihi ve süresi bakımından farklı olan gölgeleme uygulaması yapılmıştır. Vejetatif gelişim sırasında kısa gölgelendirme, yaprak alanını, bitki uzunluğunu, gövde kalınlığını ve generatif gelişimini etkilemiş; ancak kuru madde verimi ve kalitesi üzerindeki nihai etkileri düşük olmuştur. Başak verimi üzerindeki zararlı etki, daha yüksek sap verimi ile kısmen telafi edilmiştir (Struik, 1983).

Schulz vd. (2019) patates bitkisinde gölgelemenin büyüme, verim ve kalite üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak için; farklı yapay gölgeleme seviyeleri (%12, %26 ve %50) ile üç yıllık bir saha araştırması yapmışlardır. Büyümede önemli değişiklikler %50 gölgelemede meydana gelmiştir. Bitki çıkışı gölgeden etkilenmezken, çiçeklenme yaklaşık üç gün gecikmiştir. Bitki başına yumru sayısı ve bitki başına yumru kütlesi %50 gölge altında yaklaşık %53 ve %69 oranında azalmıştır. Yıla bağlı olarak, yumru kuru madde verimi %50 gölgede %19-44 oranında bir azalma gösterirken, nişasta içeriğı gölgede, gölgesiz işleme kıyasla önemli bir farklılık göstermemiştir. Genel olarak, patates bitkisinin gölgelenmeye dayanıklı olduğu görülmüş ve bu nedenle %26'ya kadar azaltılmış toplam ışınlımla yetiştirilebileceğı belirlenmiştir.

Araştırmamızda elde ettiğimiz veriler neticesinde çay bitkisinde farklı gölgeleme koşulları altında kuru madde oranının istatistiksel olarak önemsiz sonuçlanması nı nedeni olarak, yukarıda verilen literatürler ışığında, bitkilerin bazı stres koşulları altında kuru madde üretimi açısından dayanıklılık göstererek gölgeleme işlemine karşı kuru madde üretimini olağan durumda da devam ettirmiş olabilir.

Gölgelenme oranına bağlı olarak çay yapraklarına ait toplam polifenol değerleri arasındaki farklılıklar çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Çay yaprağının içediğı fenolik bileşikler çay bitkisinin gölgelenme oranlarına ve hasat mevsimlerine göre değişiklik gösterebilmektedir. İlkbaharda, siyah ve mavi gölge altında yetiştirilen bitkiler sırasıyla %17.27 ve %16.41 ile en yüksek toplam polifenol içeriğine sahip olmuş, bunu gölge kontrolü olmayan (%14.92) ve kırmızı gölge (%13.32) takip etmiştir. Yaz aylarında ise tüm gölgelemelerin, kontrole kıyasla daha yüksek toplam polifenol ihtiva ettiğı belirlenmiştir (Zhang vd., 2022). Kateşinler kanıtlanmış antioksidanlardır ve bitkilerde stres direncini geliştirebilir (Chobot vd., 2009).

Sano vd. (2018)'nin inceledikleri bir gölgeleme çalışmasında EGC içerikleri

anlamlı farklılıklar göstermiştir. Gallat tipi kateşinler (ECG ve EGCG) ve kafein içeriği gölgesiz alana göre önemli ölçüde daha yüksek değerlere sahip olmuştur.

Fernie vd. (2004) tarafından çay bitkisinde 12 günlük gölgeleme uygulaması yapılmış ve akabinde (+)-Kateşin, (-)- Epikateşin, Epigallokateşin gallat, kaempferol, rutin ve bazı flavonollerin gölgeleme altında yükseliş eğilimi gösterdiği ve daha yüksek seviyelerde olduğu görülmüştür.

Bitkilerdeki flavonoidlerin biyosentezi, endojen hormonlara ve şekerlerin yanı sıra ışık, patojen saldırısı, bitki büyüme düzenleyicileri ve çeşitli stresler gibi çevresel uyaranlar ile etkileşim halindedir. Işık yoğunluğundaki azalma ile birlikte, siyah ağ gölgesi ile muamele edilmiş numunelerdeki gallenmemiş kateşinlerin oranı kademeli olarak düşer, gallenmiş kateşinlerin oranı ve pirogallol kateşinler yükselir; bu durum düşük ışık etkisinin gallenmiş kateşinlerin oranını yükselttiğini göstermektedir (Ye vd., 2021). Araştırmamızda literatüre uyumlu olarak en yüksek polifenol değeri %14.07 ile %75 gölgeleme seviyesinde elde edilmiştir.

Çay yaprağında incelenen kafein değeri için varyans analiz sonucu gölgelenme oranına göre çok önemli olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda literatür verilerine uygun olarak en yüksek kafein değeri %75'lik gölgeleme seviyesinde %4.24 olmakla beraber, gölgeleme oranı düştükçe kafein değeri azalmıştır. %55'lik gölgelemede %3.88, %35'lik gölgeleme yoğunluğunda %3.82 ve açık alanda yetiştirilen kontrol gurubunda ise %3.72 olarak belirlenmiştir. Zhang vd. (2022) tarafından Amerika Birleşik Devletleri Mississippi'de gölgeleme altında yetiştirilen çayın bitki büyümesini ve mevsimsel yaprak kalitesini incelemek amacı ile yapılan çalışmada, kafein içeriği ilkbahar, yaz ve sonbaharda sırasıyla %2.26-%2.82, %2.40-%2.92 ve %2.03-%2.42 arasında değişmiştir. Aynı çalışmada, ilkbahar ve yaz aylarında gölgede, kontrole (gölgesiz) oranla çay yapraklarındaki kafein içeriği artmıştır. Kimura ve Kanda (2013), UV korumasının çay yapraklarının incelmeye neden olduğunu ve diğer taraftan serbest amino asitlerin, metil metiyonin sülfonyum klorürün ve kafein içeriğinin arttığını tespit etmişlerdir. Güneşe karşı koruma yöntemi, bitkinin klorofil ve *l-theanine* dahil olmak üzere yüksek miktarda biyoaktif bileşik oluşturmaya olanak tanımaktadır. Teanin ve kafeinin yüksek içeriği gölgeleme yapılmadan yetiştirilen çay bitkisi ile karşılaştırıldığında daha yüksek miktarlarda olduğu saptanmıştır (Sano vd., 2018). Çay yapraklarının alan başına yaprak kütlesi, örtü kültürü altında açık alan

kültürüne göre daha küçük olmuş; klorofil içerikleri örtü kültürü altında açık kültüre göre daha fazla gerçekleşmiştir. Örtü kültürü teanin ve kafein içeriğini arttırmıştır (Jakubczyk vd., 2020).

Aminoasitler ve kafein başlıca nitrojen bazlı bileşiklerdir; aminoasitler glikoliz, TCA döngüsü ve oksidatif pentoz fosfat yolu yoluyla sentezlenerek kafein, purin ve pentoz fosfat yolu ile üretilir. Aynı zamanda çay aromasıyla ilişkili lipit metabolizması glikoliz ve amino asit üretim basamakları yoluyla sentezlenir. Böylece karbon ve nitrojen metabolizmaları yakından entegre olur. Gölgeleme altında artış gösteren aminoasit içeriği ile kafein miktarı birbiri ile bağlantılıdır. Rashid vd. (2022) azot içeren bileşiklerin yani aminoasitler ve kafeinin, gölgeli alan altında yetişen çay bitkisinde yükselme eğiliminde olduğunu ifade etmektedirler.

Gölgesiz ve gölgeli yaprakların biyokimyasal bileşenlerindeki farklılıkların araştırıldığı çalışmada, analiz edilen çay yaprağı örneklerinde kafein, teanin ve kateşin (C, EC, ECG, GCG, EGC ve EGCG) içerikleri incelenmiş; teanin, kafein konsantrasyonunun 4 ve 12 günlük gölgelemeden sonra önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir (Shao vd., 2022). Tüm bu literatürler, çalışmada elde edilen sonuçları destekler niteliktedir.

Sonuç olarak;

Agronomik ve morfolojik özelliklerden yaprak uzunluğu ve yaprak genişliği bakımından en düşük değerlerin %55 ve %75 gölgeleme oranlarında gerçekleştiği, gölgeleme oranı azaldıkça kontrole doğru bu özelliklere ait değerlerin de artma eğilimi gösterdiği;

Sürgündeki en fazla yaprak sayısının %75 gölgeleme oranında elde edildiği ve gölgeleme oranı azaldıkça yaprak sayısının giderek azaldığı, buna karşılık sürgün uzunluğunun ve kuru madde oranının gölgelemeden etkilenmediği;

Gölgeleme seviyesi arttıkça taze yaprak veriminin azalma eğiliminde olduğu;

Yaprak renk değerlerinin (L^* a^* b^*) genel olarak kontrol ile %35 gölgeleme oranı arasında ve %55 gölgeleme ile %75 gölgeleme oranları arasında birbirine yakın değerlerde olduğu;

Kalite parametrelerinden en yüksek toplam polifenol ve kafein oranlarının, %75 gölgeleme oranında gerçekleştiği ve bu önemli kalite kriterlerinin kontrole doğru giderek azalma eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir.

Elde edilen tüm bu veriler dikkate alındığında, özellikle çay kalitesinde belirleyici önemli özelliklerden biri olan toplam polifenol değerleri göz önünde bulundurularak çay tarımında gölgeleme yönteminin kullanılması önerilebilir.



KAYNAKÇA

- Ai, Z., Zhang, B., Chen, Y., Yu, Z., Chen, H., Ni, D. (2017). Impact of light irradiation on black tea quality during withering. *J. Food Sci. Technol.* 54, 1212–1227.
- Anonim, (2023). [https://www.rtb.org.tr/tr/cayintarihcesi#:~:text=Deneme%20%C3%BCretimlerinin%20ba%C5%9Far%C4%B1%C4%B1%20sonu%C3%A7lamas%C4%B1yla%2C%201937,b%C3%B6lgede%20sayg%C4%B1yla%20an%C4%B1lan%20unutulmaz%20isimlerdir.\(10.06.2024\).](https://www.rtb.org.tr/tr/cayintarihcesi#:~:text=Deneme%20%C3%BCretimlerinin%20ba%C5%9Far%C4%B1%C4%B1%20sonu%C3%A7lamas%C4%B1yla%2C%201937,b%C3%B6lgede%20sayg%C4%B1yla%20an%C4%B1lan%20unutulmaz%20isimlerdir.(10.06.2024).)
- Anonim, (2024). Rize Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü iklim verileri.
- Arab, L., Khan, F., Lam, H. (2013). Tea consumption and cardiovascular disease risk. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 98(6), 1651S-1659S.
- Araújo, W. L., Martins, A. O., Fernie, A. R., Tohge, T. (2014). 2-Oxoglutarate: linking TCA cycle function with amino acid, glucosinolate, flavonoid, alkaloid, and gibberellin biosynthesis. *Frontiers in Plant Science*, 5, 552.
- Aytaç, S. (2019). Çay Ders Notları. https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/selim/66452/cay_ders_notlari.pdf
- Bach, A., Krol, A. (2001). Effect of light quality on somatic embryogenesis in *Hyacinthus orientalis* L. Delft's Blue. *Biological Bulletin of Poznań*, 38(1).
- Benzie, I. F., Szeto, Y. T. (1999). Total antioxidant capacity of teas by the ferric reducing/antioxidant power assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(2), 633-636.
- Binici, H. İ., Şat, İ. G., Aoudeh, E. (2021). Nutritional composition and health benefits of walnut and its products. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52(2), 224-230.
- Caffin, N., D'Arcy, B., Yao, L. Rintoul, G. (2004). Developing an index of quality for Australian tea. RIRDC Publication No. 04/033, Project No. UQ- 88A, Publication of Rural Industries Research and Development Corporation, 192 pp., Australia.
- Carr, M. K. V., Stephens, W. (1992). Climate, weather and the yield of tea. In *Tea: Cultivation to consumption* (pp. 87-135). Dordrecht: Springer Netherlands.
- ÇAYKUR, (2023). 2022 yılı çay sektörü raporu. Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü.
- Chan, E.W.C., Lim, Y.Y. and Chew, Y.L. (2007). Antioxidant activity of *Camellia sinensis* leaves and tea from a lowland plantation in Malaysia. *Food Chemistry*, 102, 1214-1222.

- Chacko, S. M., Thambi, P. T., Kuttan, R., Nishigaki, I. (2010). Beneficial effects of green tea: a literature review. *Chinese Medicine*, 5, 1-9.
- Chen, J., Wu, S., Mao, K., Li, J., Dong, F., Tang, J., Gu, D. (2023). Adverse effects of shading on the tea yield and the restorative effects of exogenously applied brassinolide. *Industrial Crops and Products*, 197, 116546.
- Chobot, V., Huber, C., Trettenhahn, G., Hadacek, F. (2009). (±)-Catechin: chemical weapon, antioxidant, or stress regulator. *Journal of Chemical Ecology*, 35, 98.
- Coşkun, F., (2006). Gıdalarda bulunan doğal koruyucular. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 27-33 sy.
- Çelik, F., (2006). Çay (*Camellia sinensis*); içeriği, sağlık üzerindeki koruyucu etkisi ve önerilen tüketimi. *Türkiye Klinikleri J*, 642-647 sy.
- Dale, J. E., Felipe, G. M., Fletcher, G. M. (1972). Effects of Shading the First Leaf on Growth of Barley Plants: I. Long-term Experiments. *Annals of Botany*, 36(2), 385-395.
- Del Rio, D., Stewart, A. J., Mullen, W., Burns, J., Lean, M. E., Brighenti, F. (2004). HPLC-MSn analysis of phenolic compounds and purine alkaloids in green and black tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(10), 2807-2815.
- Fan Xuan, F. X., Wang SiSi, W. S., Liu JinPing, L. J., You Ming Hong, Y. M. (2016). Effects of different shading treatments on some morphological, growth and physiological indexes of *Epilobium fangii*, *Journal of Plant Resources and Environment*, 25(4), 53-61
- FAO, (2023). Food and agriculture organization (<https://www.fao.org/faostat/en/#da>) Erişim tarihi: 24.08.2023.
- Fernie, A. R., Carrari, F., Sweetlove, L. J. (2004). Respiratory metabolism: glycolysis, the TCA cycle and mitochondrial electron transport. *Current Opinion in Plant Biology*, 7(3), 254-261.
- Fisunoğlu, M., Besler T. (2008). Çay ve sağlık ilişkisi. *Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü*, 1-11 sy.
- Friedman, M., Mackey, B. E., Kim, H. J., Lee, I. S., Lee, K. R., Lee, S. U. (2007). Structure-activity relationships of tea compounds against human cancer cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(2), 243–253.
- Fu, X., Chen, Y., Mei, X., Katsuno, T., Kobayashi, E., Dong, F., Watanabe, N., Yang, Z. (2015). Regulation of formation of volatile compounds of tea (*Camellia sinensis*) leaves by single light wavelength. *Sci. Rep.* 5, 16858.
- Ge, S., Wang, Y., Shen, K., Wang, Q., Ahammed, G. J., Han, W., Shi, Y. (2024). Effects of differential shading on summer tea quality and tea garden microenvironment. *Plants*, 13(2), 202.

- Gübür, S. (2015). Basit karbonhidrat içeriği yüksek diyetle beslenen sıçanlarda yeşil çayın antioksidan etkisinin incelenmesi. Başkent Üniversitesi, Doktora tezi.
- Hirose, Y., Takahashi, H., Tanabe, T. (2002). Effect of shading on the growth of tea buds. Tokyo Uni of Agrig 47 (3), 175.
- Horuz, A., Korkmaz, A. (2006). Farklı sürgün dönemlerinde hasat edilen çayın verimi, azot içeriği ve mineral madde kompozisyonu. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 21(1), 49-54.
- Jakubczyk, K., Kochman, J., Kwiatkowska, A., Kałduńska, J., Dec, K., Kawczuga, D., Janda, K. (2020). Antioxidant properties and nutritional composition of matcha green tea. Foods, 9(4), 483.
- Ježovičová, M., Koňariková, K., Ďuračková, Z., Keresteš, J., Králik, G., Žitňanová, I. (2016). Protective effects of black tea extract against oxidative DNA damage in human lymphocytes. Molecular Medicine Reports, 13(2), 1839–1844.
- Jin, J., Y. Q. Lv, W. Z. He, D. Li, Y. Ye, Z. F. Shu, J. N. Shao, J. H. Zhou, D. M. Chen, Q. S. Li. (2021). Screening the key region of sunlight regulating the flavonoid profiles of young shoots in tea plants (*Camellia sinensis* L.) based on a field experiment. Molecules 26 (23):7158.
- Kacar, B., (1987). Çayın biyokimyası ve işleme teknolojisi. Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Çaykur Yayını. 6, 329 sy.
- Kadıoğlu, S., Ertuş Öztürk, Y. (2021). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sağlık bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü. Yeşil Çay ve Sağlık, 4(3).
- Karunaratne, P. M. A. S., Mohotti, A. J., Nissanka, S. P., Gunasinghe, W. A. D. S. K. (2003). Effect of shade in minimizing photoinhibition of photosynthesis of high grown tea (*Camellia sinensis* L.O. Kuntze) in Sri Lanka.
- Kesler, H., Çimen, B., Ödevi, B. (2012). Yeşil çay ve etkileri. Erciyes Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Bitirme Ödevi.
- Kika, J., Jakubczyk, K., Ligenza, A., Maciejewska-Markiewicz, D., Szymczykowski, K., Janda-Milczarek, K. (2024). Matcha green tea: chemical composition, phenolic acids, caffeine and fatty acid profile. Foods, 13(8), 1167.
- Kimura, Y., Kanda, M. (2013). Spectral characteristics of the inside of the cover and the effect of ultraviolet irradiation and removal on the quality of tea shoots. Report of Tea Research, (116), 116_1-116_13.
- Koday, S. (2000). Türkiye çay tarım alanlarının dağılışı ve çay üretimimizdeki gelişmeler. Türk Coğrafya Dergisi, 35, 321-346 sy.
- Koçtürk S., Altun Z. (2010). HCT-116 Kolon kanser hücre hattında yeşil çay etken maddesi olan epigallocatekin-3 gallat'ın apoptoz etki mekanizmasının

incelenmesi proje no: 108S088 ,1-89 sy

- Koláčková, T., Kolofíková, K., Sytařová, I., Snopek, L., Sumczynski, D., Orsavová, J. (2020). Matcha tea: analysis of nutritional composition, phenolics and antioxidant activity. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75, 48-53.
- Kurt, G. (2018). Türkiye ve seçilmiş üretici ülkelerin çay sektöründe rekabet gücü. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(7) 153-186.
- Lee, J. H., Nam, S. Y. (2024). Growth and photosynthetic responses of *Taraxacum coreanum* Nakai Seedlings according to the shading levels. *Horticultural Science and Technology*, 42(2), 214-224.
- Li, S. G., Zhao, Y. C., Li, H., Huang, X. Z., Wu, T., Lei, M., Liu, D. H. (2022). Effects of shading intensity on growth and quality of *Artemisia stolonifera*. *Zhongguo Zhong yao za zhi= Zhongguo Zhongyao Zazhi= China Journal of Chinese Materia Medica*, 48(14), 3715-3721.
- Liu, L., Li, Y., She, G., Zhang, X., Jordan, B., Chen, Q., Zhao, J., Wan, X. (2018). Metabolite profiling and transcriptomic analyses reveal an essential role of UVR8- mediated signal transduction pathway in regulating flavonoid biosynthesis in tea plants (*Camellia sinensis*) in response to shading. *BMC Plant Biol.* 18, 233.
- Liu, L., Lin, N., Liu, X., Yang, S., Wang, W., Wan, X. (2020). From chloroplast biogenesis to chlorophyll accumulation: the interplay of light and hormones on gene expression in *Camellia sinensis*. *Shuchazao leaves. Front. Plant Sci.* 11, 256.
- Liu, B., Zhang, J., Zhang, Z., Sui, Y., Zhu, H., Shi, Y., Jiang, X. (2023). Insights into the changes in leaf functional traits of *Aralia elata* grown under different shading treatments. *Plant Growth Regulation*, 101(3), 679-691.
- Ma, X., Liu, J., Li, H., Wang, W., Liu, L., Wang, P., Qu, F. (2024). Greenhouse covering cultivation promotes chlorophyll accumulation of tea plant (*Camellia sinensis*) by activating relevant gene expression and enzyme activity. *BMC Plant Biology*, 24(1), 455.
- Mancak Karakuş, M., Küçükboyacı, N. (2020). Gazi Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, Yeşil çayın hepatotoksisite riskinin değerlendirilmesi. *FABAD J. Pharm.* 245-257 sy.
- Mehra, A., Baker, C.L. (2007). Leaching and bioavailability of aluminium, copper and manganese from tea (*Camellia sinensis*). *Food Chemistry*, 100, 1456-1463.
- Obanda M., Owuor P.O. (1997). Flavanol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of Kenyan black teas. *J. Sci. Food Agric.* 74: 209-215.
- Ofluğlu, P. (2019). Türkiyede farklı yörelerde yetiştirilen yaş çay yapraklarından yeşil

ay üretimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 141 sy.

- Owuor, P.O., Obanda, M. (2001). Comparative responses in plain black tea quality parameters of different tea clones to fermentation temperature and duration. Food Chemistry 72 (2001a), 319-327 sy.
- Polat, A. (2013). Derepazari-7, Fener-3 ve Tuğlali-10 Klonlarından üretilen siyah çayların kalite parametrelerinin karşılaştırılması. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Peluso, I., Serafini, M. (2017). Antioxidants from black and green tea: From dietary modulation of oxidative stress to pharmacological mechanisms. British Journal of Pharmacology, 174(11), 1195-1208.
- Rashid, M. A. H., Ali, S., Hameed, M., Shoukat, M. U. (2022). The effects of light on photosynthetic machinery and the development of *Camellia sinensis* (Tea Plant). Vol. 20, No. 2, p. 234-246.
- Ravichandran, R. (2004). The impact of pruning and time from pruning on quality and aroma constituents of black tea. Food Chemistry, 84, 7-11.
- Ravichandran, R., Parthiban, R. (1998). The impact of mechanization of tea harvesting on the quality of south Indian CTC teas. Food Chem. 63: 61-64
- Robertson, A., 1983. Effects of catechin concentration on the formation of black tea polyphenols during in vitro oxidation. Phytochem. 22: 897-903.
- Saberi, H. (2010). Tea: a global history. London: Reaktion Books.
- Sae-Tan, S., Grove, K. A., Lambert, J. D. (2011). Weight control and prevention of metabolic syndrome by green tea. Pharmacological Research, 64(2), 146-154.
- Sahin, H., zdemir, F. (2006). Yesil ayın sağlık üzerine etkisi. Türkiye 9. Gıda Kongresi; 219-221 sy.
- Salman, S., z, G., Felek, R., Haznedar, A., Turna, T., zdemir, F. (2022). Effects of fermentation time on phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of green, oolong, and black teas. Food Bioscience, 49, 101884.
- Sano, T., Horie, H., Matsunaga, A., Hirono, Y. (2018). Effect of shading intensity on morphological and color traits and on chemical components of new tea (*Camellia sinensis* L.) shoots under direct covering cultivation. Journal of the Science of Food and Agriculture, 98(15), 5666-5676.
- Sarıca, S., Karatas ., Diktas M. (2008). ay (*Camellia sinensis*); Metabolizma ve sağlık üzerine etkileri, antioksidan aktivitesi ve etlik pili karma yemlerinde kullanımı. GO. Ziraat Fakültesi Dergisi, 25(2), 79-85

- Senger, H. (2008). The effect of blue light on plants and microorganisms. *Photochemistry and Photobiology* 35(6), 10.
- Schulz, VS, Munz, S., Stolzenburg, K., Hartung, J., Weisenburger, S., Graeff-Hönniger, S. (2019). Farklı gölgeleme seviyelerinin patatesin (*Solanum tuberosum* L.) büyümesi, verimi ve kalitesi üzerine etkisi. *Tarım Bilimi*, 9 (6), 330.
- Shao, C., Jiao, H., Chen, J., Zhang, C., Liu, J., Chen, J., Shen, C. (2022). Carbon and nitrogen metabolism are jointly regulated during shading in roots and leaves of *Camellia Sinensis*. *Frontiers in Plant Science*, 13,894840.
- Sonobe, R., Sano, T., Horie, H. (2018). Using spectral reflectance to estimate leaf chlorophyll content of tea with shading treatments. *Biosyst. Eng.* 175, 168–182.
- Struik, PC. (1983). Büyüme sürecinin farklı evrelerinde uygulanan kısa ve uzun gölgelendirmenin yemlik mısırın (*Zea mays* L.) gelişimi, verimliliği ve kalitesi üzerindeki etkileri. *Hollanda Tarım Bilimi Dergisi*, 31 (2), 101-124.
- Savsatli, Y., Özcan, A., Civelekoğlu, O. (2021). Variation of antioxidant activity and total phenolic content of tea (*Camellia sinensis* L.O. Kuntze) genotypes. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(1), 40-48.
- Teng, R. M., Wang, Y. X., Li, H., Lin, S. J., Liu, H., Zhuang, J. (2021). Effects of shading on lignin biosynthesis in the leaf of tea plant (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze). *Molecular Genetics and Genomics*, 296, 165-177.
- Tüfekci, M., Güner, S. (1997). The determination of optimum fermentation time in Turkish black tea manufacture. *Food Chem.* 60: 53-56.
- TÜİK, (2023). Türkiye İstatistik Kurumu (<https://www.tuik.gov.tr>).18.10.2024.
- Türkmen, N. (2007). Farklı sınıf çaylarda kıvrırma proseslerinin ve değişik hasat dönemlerinin çayın fenolik madde ve alkaloid bileşimine etkisi, Ankara Üniversitesi, Doktora tezi.
- Tomlins, K. I., Mashingaidze, A. (1997). Influence of withering, including leaf handling, on the manufacturing and quality of black teas-a review. *Food Chem.* 60: 573-580.
- Toprak, D., Karaca. (2022). Yeşil çay [Internet]SonErişim:10.04.2013.Erişim:<http://www.ulusalçaykonseyi.org.tr/dosyalar/Ye%C5%9Fil%20%C3%87ay.pdf>.
- Topuz, A., Dinçer, C., Torun, M., Tontul, I., Nadeem, H. Ş., Haznedar, A., Özdemir, F. (2014). Physicochemical properties of Turkish green tea powder:effects of shooting period, shading, and clone. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(2), 233-241.
- Tosun, İ., Karadeniz, B. (2005). Çay ve çay fenoliklerinin antioksidan aktivitesi.

- Vural, H., Duman, S. (2022). Çocuklarda yeşil çay kullanımının dental ve periodontal sağlığa etkileri. Osmangazi Tıp Dergisi, 44(5):738-46.
- Vinson, J. A., Dabbagh, Y. A. (1998). Tea phenols: antioxidant effectiveness of teas, tea components, tea fractions and their binding with lipoproteins. Nutrition Research, 18(6), 1067-1075.
- Vyas, D., Kumar, S. (2005). Tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) clone with lower period of winter dormancy exhibits lesser cellular damage in response to low temperature. Plant Physiology and Biochemistry, 43, 383-388.
- Weiss, D. J., Anderton, C. R. (2003). Determination of catechins in matcha green tea by micellar electrokinetic chromatography. Journal of Chromatography A, 1011(1-2), 173-180.
- Xu, P., Su, H., Jin, R., Mao, Y., Xu, A., Cheng, H., Meng, Q. (2020). Shading effects on leaf color conversion and biosynthesis of the major secondary metabolites in the albino tea cultivar “Yujinxiang”. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 68(8), 2528-2538.
- Yang, C., Du, W., Yang, D. (2016). Inhibition of green tea polyphenol EGCG((-)-epigallocatechin-3-gallate) on the proliferation of gastric cancer cells by suppressing canonical wnt/ β -catenin signalling pathway. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 67(7), 818–827.
- Yang, T., Xie, Y., Lu, X., Yan, X., Wang, Y., Ma, J., Zhang, Z. (2021). Shading promoted theanine biosynthesis in the roots and allocation in the shoots of the tea plant (*Camellia sinensis* L.) cultivar Shuchazao. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 69(16), 4795-4803.
- Ye, J. H., Fang, Q. T., Zeng, L., Liu, R. Y., Lu, L., Dong, J. J., Liu, Z. H. (2023). A comprehensive review of matcha: production, food application, potential health benefits, and gastrointestinal fate of main phenolics. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1-22.
- Ye, J. H., Lv, Y. Q., Liu, S. R., Jin, J., Wang, Y. F., Wei, C. L., Zhao, S. Q. (2021). Effects of light intensity and spectral composition on the transcriptome profiles of leaves in shade grown tea plants (*Camellia sinensis* L.) and regulatory network of flavonoid biosynthesis. Molecules, 26(19), 5836.
- Yılmaz, İ. (2010). Antioksidan içeren bazı gıdalar ve oksidatif stres. İnönü üniversitesi tıp fakültesi dergisi, 17(2)- 143-153 sy.
- Zaman, S., Shen, J., Wang, S., Wang, Y., Ding, Z., Song, D., Wang, M. (2022). Effects of shading nets on reactive oxygen species accumulation, photosynthetic changes, and associated physiochemical attributes in promoting cold-Induced damage in *Camellia sinensis* (L.) Kuntze. Horticulturae, 8(7), 637.

- Zhang, Q., Shi, Y., Ma, L., Yi, X., Ruan, J. (2014). Metabolomic analysis using ultra-performance liquid chromatography-quadrupole-time of flight mass spectrometry (UPLC-Q-TOF MS) uncovers the effects of light intensity and temperature under shading treatments on the metabolites in tea. PLoS One 9, e112572.
- Zhang, C., Suen, C. L. C., Yang, C., Quek, S. Y. (2018). Antioxidant capacity and major polyphenol composition of teas as affected by geographical location, plantation elevation and leaf grade. Food Chemistry, 244, 109-119.
- Zhang, Q., Bi, G., Li, T., Wang, Q., Xing, Z., LeCompte, J., Harkess, R. L. (2022). Color shade nets affect plant growth and seasonal leaf quality of *Camellia sinensis* grown in Mississippi, the United States. Front. Nutr. 9:786421.doi: 10.3389/fnut.2022.786421)
- Zhao, X., Zeng, X., Lin, N., Yu, S., Fernie, A. R., Zhao, J. (2021). CsZIP1-CsMYB12 mediates the production of bitter-tasting flavonols in tea plants (*Camellia sinensis*) through a coordinated activator-repressor network. Horticulture Research, 8.