

KONYA GIDA VE TARIM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

FARKLI SÜRELERDE VERNALİZASYONA MARUZ  
BIRAKILAN KOLZA (*Brassica napus*) ÇEŞİTLERİNİN  
YAPRAK VE TOHUMLARINDAKİ YAĞ ASİDİ  
SENTEZİNDE GÖREV ALAN BAZI GENLERİN İFADE  
DÜZEYLERİNDEKİ DEĞİŞİKLİKLERİN  
İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İ\*\*M Ç\*\*\*İ

KONYA

AĞUSTOS, 2023



KONYA GIDA VE TARIM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI SÜRELERDE VERNALİZASYONA MARUZ BIRAKILAN KOLZA  
(*Brassica napus*) ÇEŞİTLERİNİN YAPRAK VE TOHURLARINDAKİ YAĞ  
ASİDİ SENTEZİNDE GÖREV ALAN BAZI GENLERİN İFADE  
DÜZEYLERİNDEKİ DEĞİŞİKLİKLERİN İNCELENMESİ

İ\*\*m Ç\*\*\*I

Danışman: Doç. Dr. Ç\*\*\*a S\*\*\*\*Z

Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Meram-KONYA

AĞUSTOS, 2023





İ\*\*m Ç\*\*\*I tarafından hazırlanan “Farklı Sürelerde Vernalizasyona Maruz Bırakılan Kolza (*Brassica napus*) Çeşitlerinin Yaprak ve Tohumlarındaki Yağ Asidi Sentezinde Görev Alan Bazı Genlerin İfade Düzeylerindeki Değişikliklerin İncelenmesi” adlı bu çalışma, 01.08.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Ç\*\*\*a S\*\*\*\*Z  
Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi

Başkan : Doç. Dr. S\*\*\*\*s E\*\*\*Ş Ç\*\*\*\*K  
Necmettin Erbakan Üniversitesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi B\*\*\*a A\*\*\*N  
Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Dr. Öğr. Üyesi D\*\*\*z S\*\*\*\*V B\*\*\*\*\*N  
Anabilim Dalı Başkanı

Fen Bilimleri Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. S\*\*\*\*r B\*\*\*\*L  
Müdür





## ÖZET

# FARKLI SÜRELERDE VERNALİZASYONA MARUZ BIRAKILAN KOLZA (*Brassica napus*) ÇEŞİTLERİNİN YAPRAK VE TOHUMLARINDAKİ YAĞ ASİDİ SENTEZİNDE GÖREV ALAN BAZI GENLERİN İFADE DÜZEYLERİNDEKİ DEĞİŞİKLİKLERİN İNCELENMESİ

Ç\*\*\*I, İ\*\*m

Yüksek Lisans Tezi, Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ç\*\*\*a S\*\*\*\*Z

AĞUSTOS 2023, 93 sayfa

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, farklı sürelerde kesintili ya da kesintisiz olarak vernalizasyon uygulanan kolza (*Brassica napus* L.) bitkisi kışlık Darmor, Bristol ve yazlık Helios çeşitlerinde çiçeklenme zamanı, tohumdaki yağ miktarı ve yağ kompozisyonu gibi önemli agronomik özelliklerde söz konusu değişime karşı gerçekleşen farklılıkların üç yıl boyunca tekrarlanan deneylerde moleküler, biyokimyasal ve fizyolojik düzeyde istatistiksel karşılaştırmalar eşliğinde açığa çıkarılması hedeflenmiştir. Vernalizasyona maruz kalan bitkilerin çiçeklenme zamanı ile yapraklarındaki çiçeklenme zamanıyla ilişkili genlerin (*FLCC02*, *FLCA10*, *FLCA02*) gen anlatım düzeyleri karşılaştırılmıştır. Yaprakta yağ asidi (*FATB*, *FAD5*, *MCOA*, *WD40*) genlerinin ekspresyon seviyeleri ile vernalizasyon süresince yağ asidi kompozisyonundaki değişikliklerin anlaşılması amaçlanmıştır. Bununla birlikte, *B. napus*'un gelişen tohumlarında yağ asidi sentezinde görevli genlerin (*FATB*, *FAD5*, *MCOA*, *WD40*, *FAD2*) gen anlatım düzeyleri, tohumdaki oleik asit miktarıyla karşılaştırılmıştır. Kesintisiz vernalizasyona maruz kalan kolza bitkisinin vernalizasyon süresinin artmasıyla çiçeklenme süresi ve *FLC* gen ekspresyon seviyelerinin azaldığı, doymamış yağ asidi olan oleik asit miktarının ise arttığı bulunmuştur. İklim değişikliği ile beraberinde gelen ani sıcaklık artışının kolza bitkisinde yağ verimini ve kompozisyonunu olumsuz yönde etkilemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kolza, vernalizasyon, çiçeklenme zamanı, tohum yağ asidi kompozisyonu, oleik asit miktarı, *FLC*



## ABSTRACT

# INVESTIGATION OF CHANGES IN EXPRESSION LEVELS OF SOME GENES INVOLVED IN FATTY ACID SYNTHESIS IN LEAVES AND SEEDS OF WINTER RAPESEED (*Brassica napus*) PLANT EXPOSED TO VERNALIZATION FOR DIFFERENT PERIODS

Ç\*\*\*I, İ\*\*m

Master Thesis, Department of Biotechnology

Supervisor: Asst. Prof. Doc. Dr. Ç\*\*\*a S\*\*\*\*Z

AUGUST 2023, 93 Pages

In this master's thesis study, the differences in agronomic characteristics such as flowering time, oil content in the seed and oil composition in winter Darmor, Bristol and summer Helios cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.) applied vernalization intermittently or uninterruptedly at different times were investigated. In the experiments repeated for three years, it was aimed to reveal it with statistical comparisons at the molecular, biochemical and physiological levels. The gene expression levels of the genes (*FLCC02*, *FLCA10*, *FLCA02*) associated with the flowering time in the leaves of the plants exposed to vernalization were compared. It was aimed to understand the expression levels of fatty acid (*FATB*, *FAD5*, *MCOA*, *WD40*) genes in the leaf and the changes in fatty acid composition during vernalization. However, gene expression levels of genes involved in fatty acid synthesis (*FATB*, *FAD5*, *MCOA*, *WD40*, *FAD2*) in developing seeds of *B. napus* were compared with the amount of oleic acid in the seed. It was found that the flowering period and *FLC* gene expression levels decreased, while the amount of oleic acid, which is an unsaturated fatty acid, increased with the increase in the vernalization time of the rapeseed plant exposed to continuous vernalization. The sudden increase in temperature that comes with climate change has adversely affected the oil yield and composition of rapeseed plant.

**Keywords:** Vernalization,, Rapeseed, flowering time, seed fatty acid composition, oleic acid content, *FLC*.



## TEŞEKKÜR

Danışmanlığı boyunca sabrı, rehberliği ve desteği için yüksek lisans tez danışmanım Doç. Dr. Ç\*\*\*a S\*\*\*\*Z'e teşekkür ve sevgilerimi sunarım.

Sevgileri ve yol göstericilikleriyle her zaman yanımda olan aileme teşekkür etmek istiyorum.

Laboratuvar çalışma arkadaşlarım B\*\*\*a E\*\*f K\*\*\*\*\*K, S\*\*a Y\*\*\*\*I, A\*\*\*\*\*r B\*\*\*a K\*\*\*\*K, D\*\*\*\*\*r Ç\*\*\*L ve B\*\*\*a K\*\*\*\*\*N'a güzel dostlukları için teşekkür ederim.

Bu süreçte yanımda olan tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İ\*\*m Ç\*\*\*I

Ağustos-2023



## YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum "Farklı Sürelerde Vernalizasyona Maruz Bırakılan Kolza (*Brassica napus*) Çeşitlerinin Yaprak ve Tohumlarındaki Yağ Asidi Sentezinde Görev Alan Bazı Genlerin İfade Düzeylerindeki Değişikliklerin İncelenmesi" adlı çalışmanın tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Ağustos, 2023

İ\*\*m Ç\*\*\*İ

İmza



# İÇİNDEKİLER

|                                                                                                               |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ÖZET.....                                                                                                     | iii  |
| ABSTRACT.....                                                                                                 | v    |
| TEŞEKKÜR.....                                                                                                 | vii  |
| YEMİN METNİ.....                                                                                              | ix   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                                                          | xiii |
| TABLolar DİZİNİ .....                                                                                         | xvii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                                                                                  | xix  |
| 1.GİRİŞ .....                                                                                                 | 1    |
| 2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....                                                                                 | 2    |
| 2.1.Küresel Isınma ve İklim Değişikliği .....                                                                 | 2    |
| 2.2.Yağlı tohumlu bitkilerin ekonomik önemi ve Kolza ( <i>Brassica napus</i> ) bitkisi... 4                   |      |
| 2.3.Yağ Asitleri .....                                                                                        | 8    |
| 2.4.Vernalizasyon .....                                                                                       | 13   |
| 2.5.Çalışmanın amacı ve özgün değeri .....                                                                    | 15   |
| 3.MATERYAL VE METOT .....                                                                                     | 16   |
| 3.1.Bitki materyali .....                                                                                     | 16   |
| 3.4.Bitkilerin toprağa aktarılması .....                                                                      | 17   |
| 3.6.Total RNA Ekstraksiyonu .....                                                                             | 19   |
| 3.6.1.Homojenizasyon.....                                                                                     | 19   |
| 3.6.2.RNA Ekstraksiyonu .....                                                                                 | 19   |
| 3.6.3.RNA Çöktürme .....                                                                                      | 19   |
| 3.6.4.RNA Çözme .....                                                                                         | 20   |
| 3.6.5.DNA Parçalanması.....                                                                                   | 20   |
| 3.6.6.Total RNA'nın Nitel ve Nicel Analizi .....                                                              | 20   |
| 3.6.7.cDNA Sentezi .....                                                                                      | 21   |
| 3.6.8.Geri transkriptaz kantitatif polimeraz zincir reaksiyonu (RT-qPCR) .....                                | 22   |
| 3.6.9.Primer Tasarımı.....                                                                                    | 23   |
| 3.6.10.Tohum Yağ İçeriği Tayini.....                                                                          | 24   |
| 4.BULGULAR VE SONUÇLAR .....                                                                                  | 25   |
| 4.1. <i>Bristol, Helios</i> Çiçeklenme Zamanı .....                                                           | 29   |
| 4.2. <i>Darmor FLC</i> Gen Ekspresyon Seviyeleri Karşılaştırılması.....                                       | 30   |
| 4.3. <i>Bristol, Helios</i> Çiçeklenme Zamanı ve <i>FLC</i> Gen Ekspresyon Seviyeleri Karşılaştırılması ..... | 31   |
| 4.3. <i>Darmor, Bristol, Helios</i> Vernalizasyon Sonrası Yaprak Yağ Genleri Ekspresyon Seviyesi .....        | 39   |
| 4.4. <i>Helios, Bristol</i> Oleik Asit ve Silik Yağ Genleri Ekspresyon Seviyesi.....                          | 40   |
| 4.5.Çiçeklenme Zamanı ve Bitkilerin Fizyolojik Parametrelerinin Karşılaştırılması .....                       | 48   |
| 4.6. Pearson Korelasyon Katsayısı.....                                                                        | 55   |
| 5.TARTIŞMA .....                                                                                              | 59   |
| KAYNAKÇA.....                                                                                                 | 61   |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                                                                | 67   |



## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1.1. Atmosferik CO <sub>2</sub> seviyesi. (Mauna Loa Gözlemevi) .....                                                                                                                            | 3  |
| Şekil 3.2. Bitkilerde de novo yağ asidi sentezinin düzenlenmesi 1 (Compartmentation of Triacylglycerol Accumulation in Plants uyarlanmıştır (Chapman & Ohlrogge, 2012) (BioRender)). .....             | 9  |
| Şekil 2.3. Bitkilerde de novo yağ asidi sentezinin düzenlenmesi 2 .....                                                                                                                                | 11 |
| Şekil 3.1. Bitkilerin bitki büyütme odasında büyütülmesi .....                                                                                                                                         | 16 |
| Şekil 3.2. Bitkilerin toprağa aktarılması. ....                                                                                                                                                        | 17 |
| Şekil 3.3. Dokuların havan yardımı ile parçalanması. ....                                                                                                                                              | 19 |
| Şekil 3.4. cDNA sentez adımı. ....                                                                                                                                                                     | 22 |
| Şekil 3.5. RT-qPCR sentez adımı. ....                                                                                                                                                                  | 22 |
| Şekil 4.1. <i>Darmor</i> 2021 çiçeklenme zamanı ve <i>FLCC02</i> , <i>FLCA10</i> ve <i>FCLA02</i> gen ekspresyon grafiği. ....                                                                         | 30 |
| Şekil 4.2. <i>Helios</i> 2021 çiçeklenme zamanı ve <i>FLCC02</i> , <i>FLCA10</i> ve <i>FCLA02</i> gen ekspresyon grafiği. ....                                                                         | 31 |
| Şekil 4.3. <i>Helios</i> 2022 çiçeklenme zamanı ve <i>FLCC02</i> , <i>FLCA10</i> ve <i>FCLA02</i> gen ekspresyon grafiği. ....                                                                         | 32 |
| Şekil 4.4. <i>Helios</i> 2023 çiçeklenme zamanı ve <i>FLCC02</i> , <i>FLCA10</i> ve <i>FCLA02</i> gen ekspresyon grafiği. ....                                                                         | 33 |
| Şekil 4.5. <i>Helios</i> 2021, 2022, 2023 çiçeklenme zamanı ve <i>FLCC02</i> , <i>FLCA10</i> ve <i>FCLA02</i> gen ekspresyonlarının karşılaştırılması. ....                                            | 34 |
| Şekil 4.6. <i>Bristol</i> 2021 çiçeklenme zamanı ve <i>FLCC02</i> , <i>FLCA10</i> ve <i>FCLA02</i> gen ekspresyon grafiği. ....                                                                        | 35 |
| Şekil 4.7. <i>Bristol</i> 2022 çiçeklenme zamanı ve <i>FLCC02</i> , <i>FLCA10</i> ve <i>FCLA02</i> gen ekspresyon grafiği. ....                                                                        | 36 |
| Şekil 4.8. <i>Bristol</i> 2023 çiçeklenme zamanı ve <i>FLCC02</i> , <i>FLCA10</i> ve <i>FCLA02</i> gen ekspresyon grafiği. ....                                                                        | 37 |
| Şekil 4.9. <i>Bristol</i> 2021, 2022, 2023 çiçeklenme zamanı ve <i>FLCC02</i> , <i>FLCA10</i> ve <i>FCLA02</i> gen ekspresyonlarının karşılaştırılması. ....                                           | 38 |
| Şekil 4.10. <i>Darmor</i> , <i>Bristol</i> ve <i>Helios</i> yaprak yağ asidi genleri ekspresyon seviyesi. ....                                                                                         | 39 |
| Şekil 4.11. <i>Helios</i> 2021 oleik asit miktarı ve silik yağ genleri ( <i>FATB</i> , <i>FAD5</i> , <i>MCOA</i> , <i>WD40</i> ) gen ekspresyon grafiği. ....                                          | 40 |
| Şekil 4.12. <i>Helios</i> 2022 oleik asit miktarı ve silik yağ genleri ( <i>FATB</i> , <i>FAD5</i> , <i>MCOA</i> , <i>WD40</i> ) gen ekspresyon grafiği. ....                                          | 41 |
| Şekil 4.13. <i>Helios</i> 2023 oleik asit miktarı ve silik yağ genleri ( <i>FATB</i> , <i>FAD5</i> , <i>MCOA</i> , <i>WD40</i> ) gen ekspresyon grafiği. ....                                          | 42 |
| Şekil 4.14. <i>Helios</i> 2021, 2022, 2023 oleik asit miktarı ve silikte ölçülen <i>FATB</i> , <i>FAD5</i> , <i>MCOA</i> , <i>WD40</i> , <i>FAD2</i> gen ekspresyon seviyeleri ile analiz sonucu. .... | 43 |
| Şekil 4.15. <i>Bristol</i> 2021 oleik asit miktarı ve silik yağ genleri ( <i>FATB</i> , <i>FAD5</i> , <i>MCOA</i> , <i>WD40</i> ) gen ekspresyon grafiği. ....                                         | 44 |
| Şekil 4.16. <i>Bristol</i> 2022 oleik asit miktarı ve silik yağ genleri ( <i>FATB</i> , <i>FAD5</i> , <i>MCOA</i> , <i>WD40</i> ) gen ekspresyon grafiği. ....                                         | 45 |
| Şekil 4.17. <i>Bristol</i> 2023 oleik asit miktarı ve silik yağ genleri ( <i>FATB</i> , <i>FAD5</i> , <i>MCOA</i> , <i>WD40</i> ) gen ekspresyon grafiği. ....                                         | 46 |



|                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 4.18.</b> <i>Bristol</i> 2021-2022-2023 oleik asit miktarı ve silikte ölçülen <i>FATB</i> , <i>FAD5</i> , <i>MCOA</i> , <i>WD40</i> , <i>FAD2</i> gen ekspresyon seviyeleri ile analiz sonucu.....                                       | 47 |
| <b>Şekil 4.19.</b> <i>Helios</i> 2021, 2022, 2023 çiçeklenme zamanı ve %yağ, oleik asit (O.A.), linoleik asit (L.A.), bitki boyu (BB), yandal sayısı (Y.S.), anadaldaki kapsül sayısı (A.K.S.), bin dane ağırlığı (B.D.A.) ile analiz sonucu..... | 53 |
| <b>Şekil 4.20.</b> <i>Bristol</i> 2021-2022-2023 çiçeklenme zamanı ve %yağ, oleik asit (O.A.), linoleik asit (L.A.), bitki boyu (BB), yandal sayısı (Y.S.), anadaldaki kapsül sayısı (A.K.S.), bin dane ağırlığı (B.D.A.) ile analiz sonucu.....  | 54 |





## TABLÖLAR DİZİNİ

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 2.1.</b> Bitki türüne ve yıllara göre dünya yağlı tohum üretimi. ....                                      | 5  |
| <b>Tablo 3.1.</b> Çalışmada uygulanan vernalizasyon modelleri. ....                                                 | 17 |
| <b>Tablo 3.2.</b> 2021 ve 2022 yılına ait en yüksek sıcaklık (E.Y.S.) ve en düşük sıcaklık (E.D.S.) değerleri. .... | 18 |
| <b>Tablo 3.3.</b> cDNA bileşenleri ve hacimleri ....                                                                | 21 |
| <b>Tablo 3.4.</b> Çalışmada kullanılan primerler.....                                                               | 23 |
| <b>Tablo 4.1.</b> <i>Bristol</i> ve <i>Helios</i> 2021, 2022 ve 2023 çiçeklenme zamanları (günler). ...             | 29 |
| <b>Tablo 4.3.</b> <i>Bristol</i> ve <i>Helios</i> 2021, 2022, 2023 %yağ miktarları. ....                            | 49 |
| <b>Tablo 4.4.</b> <i>Bristol</i> ve <i>Helios</i> 2021, 2022, 2023 %linoleik asit miktarları. ....                  | 50 |
| <b>Tablo 4.5.</b> <i>Bristol</i> 2021, 2022, 2023 fizyolojik parametreler.....                                      | 51 |
| <b>Tablo 4.6.</b> <i>Helios</i> 2021, 2022, 2023 fizyolojik parametreler. ....                                      | 52 |
| <b>Tablo 4.7.</b> 2021 <i>Helios</i> korelasyon katsayıları. ....                                                   | 55 |
| <b>Tablo 4.8.</b> 2022 <i>Helios</i> korelasyon katsayıları. ....                                                   | 56 |
| <b>Tablo 4.9.</b> 2023 <i>Helios</i> korelasyon katsayıları. ....                                                   | 56 |
| <b>Tablo 4.10.</b> 2021 <i>Bristol</i> korelasyon katsayıları.....                                                  | 57 |
| <b>Tablo 4.11.</b> 2022 <i>Bristol</i> korelasyon katsayıları. ....                                                 | 57 |
| <b>Tablo 4.12.</b> 2023 <i>Bristol</i> korelasyon katsayıları. ....                                                 | 58 |



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

|     |                    |
|-----|--------------------|
| µl  | Mikrolitre         |
| µm  | Mikrometre         |
| mm  | Milimetre          |
| nm  | Nanometre          |
| ppm | Milyonda bir birim |

### Kısaltmalar

|                  |                                           |
|------------------|-------------------------------------------|
| ABA              | Absisik Asit                              |
| ACP              | Asil Taşıyıcı Protein                     |
| ATP              | Adenozin Trifosfat                        |
| CO <sub>2</sub>  | Karbondioksit                             |
| DEPC             | Dietil Pirokarbonat                       |
| EDTA             | Etilendiamin Tetraasetik Asit             |
| ER               | Endoplazmik Retikulum                     |
| FAD <sub>2</sub> | Yağ Asidi Desaturaz 2                     |
| FAEI             | Yağ Asidi Uzaması I                       |
| FAS              | Yağ Asidi Sentaz                          |
| FD               | Çiçeklenme Lokus D                        |
| FLC              | Çiçeklenme Lokus                          |
| FT               | Çiçeklenme Lokus T                        |
| GC               | Gaz Kromatografisi                        |
| GWAS             | Genom Tabanlı İlişki Analizi              |
| IPCC             | Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli |
| INV              | İnvertaz                                  |
| KASI             | 3-keto asil ACP sentaz I                  |
| KASII            | 3-keto asil ACP sentaz II                 |
| NADH             | Nikotinamid Adenin Dinükleotit            |
| NADPH Fosfat     | Nikotinamid Adenin Dinükleotit Fosfat     |
| UFA              | Doymamış Yağ Asidi                        |
| PEP              | Fosfoenol Pirüvat                         |
| PRC2             | Polycimb Baskılayıcı Kompleks 2           |
| QTL              | Niceliksel özellik lokusu                 |
| ROS              | Reaktif Oksijen Türleri                   |
| SDS              | Sodyum Dodesil Sülfat                     |
| SUS              | Sükroz Sentaz                             |
| TAE              | Tris Asetat                               |
| TAG              | Triaçilgliserol                           |
| UNEP             | Birleşmiş Milletler Çevre Programı        |
| VRN              | Vernalizasyon                             |
| WD40             | Tekrar Benzeri Süper Aile Proteini        |
| WMO              | Dünya Meteoroloji Örgütü                  |



## 1.GİRİŞ

Bitkiler hareket edemedikleri için bulunduğu ortamın mevsimsel değişikliklerine uyum sağlamak zorundadır. Bu uyumu sağlayabilmek için bazı fizyolojik ve morfolojik değişiklikler meydana getirirler. Söz konusu değişimler günümüzde deneyimlediğimiz iklim değişikliğine bağlı küresel ısınma ve ekstrem hava şartlarında daha da önemli hale gelmektedir. Küresel ısınma ile kış aylarındaki düşük sıcaklıkların kısılması, aniden gelen ılık sıcaklıklar ile bitkilerin çiçeklenme zamanı, tohum yağ miktarı ve yağ kompozisyonlarını değiştirmektedir. Tohumdan elde edilen yağlar gıda alanında yemeklik yağ, yakıt ve hayvan yemi gibi canlılara fayda sağladığından yüksek verim elde edilebilmesi için çalışmalar hız kazanmıştır (Topps, 1992). Bitkiler vejetatif fazdan generatif faza geçmek için düşük sıcaklıklara ihtiyaç duyarlar. Vernalizasyon adı verilen bu durum, *Brassica napus* bitkisinde kışlık ve yazlık çeşitleri birbirinden ayırmaktadır. Vernalizasyon süresi uzadıkça çiçeklenme zamanı azalmakta ve çiçeklenme zamanı açısından önemli bir genetik markör olan *FLC* gen seviyelerinde de düşüş meydana gelmektedir (Johanson vd., 2000). *B. napus*'ta oleik asit ve linoleik asit miktarlarını etkileyen genlerin belirlenmesi amacıyla yapılan bir Genom Boyu İlişkilendirme Analizi (GWAS) ile *FAD5*, *FATB*, *MCOA*, *WD40* gibi genler öne çıkmıştır (Gacek, Bayer, ve Bartkowiak-Broda, 2017). Bu çalışmada bu genlerin gen ekspresyon seviyesi ile oleik asit miktarı karşılaştırılması gösterilmiştir. Bitkiler değişen çevre koşullarına karşı fizyolojik olarak uyum sağladığı kadar morfolojik olarak uyum da sağlar. Bitkilerin vernalizasyona uğramasıyla bitki boyu, yan dal sayısı, anadaldaki kapsül sayısı, kapsüldeki tane sayısı, bin dane ağırlığı gibi parametrelerde değişiklik olur. Bu çalışmada vernalizasyona yanıt olarak çiçeklenme zamanı, tohum yağ miktarı, tohum yağ kompozisyonu ve fizyolojik parametrelerdeki değişiklikler gösterilmektedir.

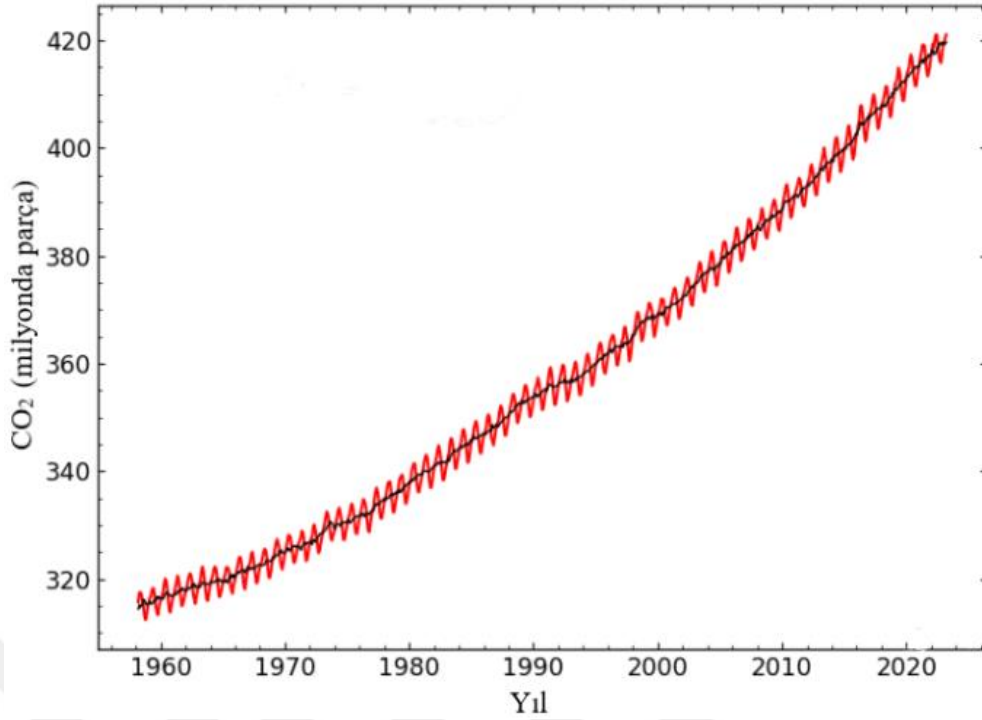
## 2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

### 2.1.Küresel Isınma ve İklim Değişikliği

Küresel ısınma, Dünyamızın atmosfer tabakasındaki ısı tutucu sera gazı seviyelerini artıran, başta fosil yakıt kullanımı olmak üzere, çeşitli insan faaliyetleri nedeniyle yerkürenin yüzey sıcaklığında sanayi öncesi dönemden (1850-1900) günümüze dek meydana gelen artıştır. İklim değişikliği ise doğal iç gelişim süreçlerinden veya güneş döngülerinin modülasyonları, volkanik patlamalar ve insan kaynaklı etkiler gibi dış zorlamalardan kaynaklanmaktadır

Güneş, Dünya'ya farklı dalga boylarında yer alan insan gözüyle görünen ve görünmeyen (kızılötesi, ultraviyole gibi) ışık türlerini göndermektedir. Güneş ışıkları Dünya'ya ulaştığında, radyasyonun yaklaşık %30'u bulutlar ve buz gibi parlak yüzeyler tarafından uzaya geri yansıtılmakta ve kalan %70'in çoğu kara ve okyanus tarafından ve geri kalanı atmosfer tarafından emilmektedir (Anonim, Global Warming, 2010). Bu aşamada sera etkisi devreye girerek, radyasyonu emebilen atmosferik gaz halinde olan karbondioksit ( $CO_2$ ) gibi sera gazlarının molekülleri, ısıyı emmekte ve yüzeye yansıtmaktadır. Bu gazlar atmosferde doğal olarak bulunmasına rağmen, son yıllarda insan faaliyetleri nedeniyle atmosfere salınan gaz miktarında ciddi düzeyde bir artış olmuştur. Bu artış günümüzde gözlemlenen küresel ısınmanın ve buna bağlı iklim değişikliğinin en önemli sebebidir.

Karbondioksit, birçok mikroorganizma, bitki ve hayvan tarafından hem üretildiği hem de emildiği için atmosfer, okyanus ve kara yüzeyi arasında sürekli olarak değiş tokuş edilmektedir. Bununla birlikte, bu doğal süreçlerle  $CO_2$  emisyonları ve uzaklaştırılması, antropojenik etkiler olmadığında dengelenme eğilimindedir. Sanayi Devrimi 1750 civarında başladığından beri, insan faaliyetleri atmosfere  $CO_2$  ve diğer ısı tutucu gazları ekleyerek iklim değişikliğine önemli ölçüde sebebiyet vermiştir. Şekil 1.1'de 1960-2023 yılları arasında Hawaii'deki Mauna Loa Gözlemevi'nde ölçülen atmosferik  $CO_2$  seviyeleri görülmektedir. 2022 Mayıs ayında 420,99 ppm olarak ölçülen  $CO_2$  seviyesi, 2023 Mayıs ayında 424,00 ppm olarak ölçülerek  $CO_2$  seviyesinde bir artış olduğu bulunmuştur (Anonim, 2023)



**Şekil 1.1.** Atmosferik CO2 seviyesi. (Mauna Loa Gözlemevi)

1988 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından kurulan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC), aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 195 üyesi vardır. IPCC'nin amacı, iklim değişikliği, etkileri ve gelecekteki riskleri konusunda bilimsel, sosyo-ekonomik ve teknik bilginin durumu ve iklim değişikliğinin meydana gelme oranını azaltma seçenekleri hakkında kanıtlara dayanan güncellemeler yapmaktır. Bu güncellemeler iklim değişikliği bilimi, sebepleri ve sonuçlarına dair uluslararası bir fikir birliği kurulmasını sağlamıştır. En son yayınlanan IPCC 6. Değerlendirme Raporu'nda, fosil yakıtların kullanımının acilen terk edilmesi gerektiği, hayvancılık endüstrisinin en kirlетici endüstri olup ormansızlaşmaya yol açtığı ve mümkün olan en kısa sürede daha çevre dostu kentsel planlama yapılması gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca bu raporda dünyanın önümüzdeki yirmi yıl içinde küresel ısınma değerinin 1.5 °C seviyesine ulaşacağı konusunda uyarıda bulunup bundan sonra karbon emisyonlarında yalnızca en şiddetli kesintilerin bir çevre felaketini önlemeye yardımcı olacağı belirtilmiştir. Dünya Doğayı Koruma Vakfı-Türkiye'ye göre Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası'nın iklim değişikliğinden en fazla etkilenen bölgelerden birisidir. 2020'de yayınlanan İklim Değişikliği Ulusal İletişim Stratejisi ve Eylem Planı'nda Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklığın önümüzdeki yıllarda 2,5 °C – 4 °C artacağı,

ülkenin kuzey bölgesinin sel, güney bölgesinin ise kuraklık riskiyle karşı karşıya kalabileceği belirtilmiştir (Anonim, İklim Değişikliği Ulusal İletişim Stratejisi ve Eylem Planı, 2020). Bu da kuraklık, çölleşme, ekolojik bozulmalar ve biyoçeşitliliğin azalması gibi olumsuzlukları tetiklemektedir. İklim değişikliği biyoçeşitliliğin yanı sıra, tarımsal üretimi de doğrudan etkilemektedir. Bu etkilerden bir kısmı erozyona bağlı toprak kaybı olarak ortaya çıkar. IPCC 6. Değerlendirme Raporu, 4. bölümünde Türkiye'nin yağış rejiminde beklenen değişikliklerin ve artan sıcaklıkların toprak erozyonunu artıracaklarını öngörülmektedir (Anonim, Special report on climate change and land, 2017). Bu durum özellikle Akdeniz'deki tarım arazilerinin yaklaşık %30'unu tehdit etmektedir. Küresel ısınmanın bir diğer etkisi de küresel ısınmaya bağlı ekstrem ve ani hava değişiklikleri ve mevsimlerin yer değiştirmesi olarak adlandırılan durumdur. Özellikle vernalizasyon (soğuklama) ihtiyacı duyan kışlık bitkilerin ekim zamanları da bu değişikliklerden etkilenmekte ve dikkatli bir planlamaya ihtiyaç duyulmaktadır.

## **2.2.Yağlı tohumlu bitkilerin ekonomik önemi ve Kolza (*Brassica napus*) bitkisi**

Bitkiler küresel ısınma ve iklim değişikliğinden doğrudan etkilenen canlılardır. Tarımı yapılan yağlı tohumlu bitkiler gıda olarak tüketilmelerinin yanı sıra küresel ısınma ile mücadelede fosil yakıtların kullanımına alternatif olarak sunulan sürdürülebilir enerji kaynakları (biyoyakıtlar) olarak da değerlendirilmektedir. Soya fasulyesi, pamuk tohumu, ayçiçeği, kolza tohumu, yer fıstığı ve palmye yağı gibi yağlı tohum bitkileri, tohumlarının geniş uygulama alanları olması sebebiyle endüstriyel ölçeklerde yetiştirilmektedir. Yağlı tohum ekinlerinin hasat edilmesi ve işlenmesinden büyük miktarda kalıntı üretilir, bu nedenle biyoyakıt üretimi için sürdürülebilir bir lignoselülozik kaynak olarak sunulur. Yağlı tohum mahsul artıkları, termokimyasal veya biyolojik yöntemlerle biyoyakıtlara dönüştürülebilir (Yong ve Wu, 2022).Kolza yağ veriminin yüksek olması nedeniyle biyodizel üretiminde %84'lük bir katkı payı vardır (Baran vd., 2016)

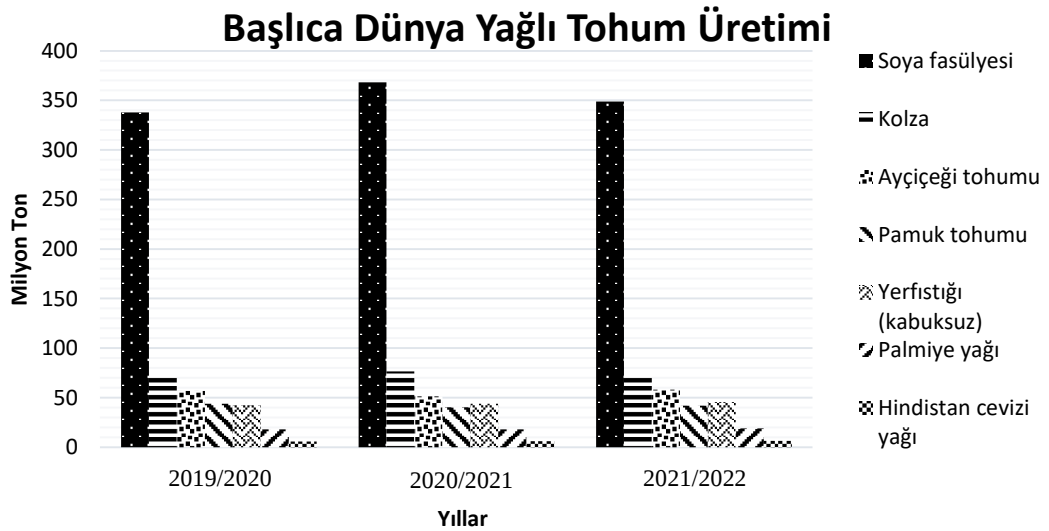
Bir yağlı tohum bitkisi olan kolzanın (*Brassica napus* L.) 3000 yıl önce Hindistan'da yetiştirildiğine dair kayıtlar mevcut olup, Asya ve Akdeniz boyunca kolza yağı aydınlatma ve daha sonra ise yemeklik yağ şeklinde kullanılmıştır (Topps, 1992). *Brassica napus*, model organizma *Arabidopsis thaliana* gibi *Brassicaceae* ailesine

mensup bir bitkidir. *Brassica napus* ( $2n = 38$ , AACC), *B. rapa* ( $2n = 20$ , AA) ve *B. oleracea'nın* ( $2n = 18$ , CC) iki diploid tür arası hibritlenmesi ile oluşan bir allotetraploittir (An vd., 2019). Kolza tohumundaki yağ miktarı (%33-%48) ve protein miktarı (%30-%58) üretim koşullarına ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Marjanović-Jeromela vd., 2019).

Tek yıllık bir bitki olan kolza 2020-2021 verilerine göre soya fasulyesinden sonra dünyada en çok üretimi yapılan ikinci yağlı tohumlu bitkidir (Tablo 2.1.) (Anonim, 2022).

Trakyada bulunan ayçiçeği fabrikaları hammadde yetersizliğinden dolayı kapasitelerinin %30-40'ını kullanmaktadırlar (Kumbar ve Unakıtan, 2011). Kolzanın hasat zamanının diğer yağlı tohumlulardan 1-2 ay erken olması sebebiyle yağ fabrikalarına hammadde olabilir ve bu fabrikalarda işlenebilmektedir. Ayrıca kolzanın buğday, ayçiçeği ve şekerpancarı ile ekim nöbetine girdiği bilinmektedir (Dilek, 2004) Kolza'nın buğday ile ekim nöbetine girmesiyle buğdayın veriminde %86'lık bir artış olduğu gösterilmiştir (KARA vd., 2011).

**Tablo 2.1.** Bitki türüne ve yıllara göre dünya yağlı tohum üretimi.



Kolza tohumu üretimi 2020-2021 yılları arasında 76.3 milyon ton iken, 2021-2022 yıllarında 73 milyon tona düşmüştür. Bunun arkasındaki sebep başlıca üretici ülkelerdeki şiddetli kurak ve kuru hava koşullarıdır (Food and Agriculture Organization of the United Nations , 2022). Kolza üretiminin %67'si Kanada, %18.2'si Çin, %9.6'sı Hindistan, %7.9'u Almanya ve %6.6'sı Fransa'da gerçekleşmektedir.

Son yıllarda dünya yağlı tohum ekim alanında %91 artış sağlanırken üretiminde ise %281'lik bir artış sağlanmıştır. Yağlı tohum ekim alanında Kolza %215, Soya %144 ve Ayçiçeği %114'lük bir artışa sahip iken üretimdeki en büyük artış ise sırasıyla Kolza %612, Soya %335, Ayçiçeği %252, Susam %223 ve Yerfıstığı %178 tohumlarında olmuştur. Ülkemizde Kolza ekim alanı olarak Marmara ve İç Anadolu bölgesinde hakimiyetini kurmuştur (Kılılı ve Beycioğlu, 2019).

Stres, bitkilerin gelişmesini, üremesini ve hayatta kalma şansını olumsuz etkileyen bir faktördür. İklim değişikliği bu stres faktörlerinin şiddetini ve sıklığını artırabilir, bu da bitkilerin büyümesini ve verimliliğini etkiler. Stres faktörlerine maruz kalan bitkiler gen ekspresyonu düzeyinde değişiklikler yaparak strese yanıt oluştururlar, bu değişiklikler bitkilerin adaptasyon ve savunma mekanizmalarını etkinleştirerek bu faktörlere karşı korunmalarını sağlar. Bu transkripsiyonel mekanizmalar, DNA'da bulunan genlerin çevresel sinyaller tarafından etkinleştirilmesi veya inhibe edilmesi yoluyla gerçekleşir. Bitkilerin adaptasyonu ve savunma mekanizmalarının yanı sıra iklim değişikliği için etkili stratejiler geliştirilmesi gerekmektedir.

*Brassica napus* algıladığı stresin süresine, yoğunluğuna ve sıklığına göre farklı gelişimsel dönemlerde farklı dokuya özel olarak yanıt verir. Bitkiler çeşitli streslere maruz kaldığında üremesini en uygun koşullarda devam ettirebilmek için çiçeklenme zamanında (FTi) değişikliğe giderek adaptasyona yönelik bir strateji uygular (Kazan ve Lyons, 2016). Örneğin; *Brassica rapa* kuraklık stresi altında çiçeklenme sürecini hızlandırarak kuraklıktan kurtulur, bu tepki 'kuraklıktan kaçış' olarak bilinmektedir (Franks, 2011). *Arabidopsis thaliana* kuraklık stresine maruz kaldığı uzun günlerde sirkadyen saatle çiçeklenme zamanını düzenleyip destekleyen çiçeklenme süresi geni GIGANTEA (GI) ve bitki hormonu olan absisik asit (ABA)'ya bağımlı şekilde FLOWERING TIME (FT) ve TWIN SISTERS OF FT (TSF) transkripsiyonel olarak uyarılmasını sağlar ve çiçeklenmeyi hızlandırır (Riboni vd., 2013). *Brassica napus*'un

çiçeklenme sırasında yetiştirme kabiniinde 27 °C'den yüksek sıcaklıklar çiçek kısırlılığına sebep olurken, çiçeklenme sırasında 29.5 °C'den yüksek sıcaklıklar ise verimini azaltmıştır (Morrison ve Stewart, 2002). Sıcaklık arttıkça tohum gelişimi süresi kısalmış ve tohumlara daha az asimilat taşınır ve tohum kütleinde azalma meydana gelir (Rashid vd., 2018). 10 günlük *B. napus* fideleri 38 °C'ye maruz bırakılmış ve fotosistemlerin biyokimyasal sentezi ile klorofil biyosentezi bozulmuştur (Hasanuzzaman vd., 2014) *B. napus* tohum gelişimi esnasında fotosentez yollarının ve yağ asidi biyosentezinin *BnWRI1* transkripsiyon faktörü ile düzenlendiği ve ısı stresıyla tohumda yağ birikiminin düşmesi ile birlikte karbonhidratların triaçilgliserollerle birleşmesinin bozulduğu gösterilmiştir (Huang vd., 2019). Yüksek düzeyde ifade edilen *WRINKLED 1 (WRI1)* geni *Arabidopsis* tohum ve yapraklarında TAG seviyesinin artmasına neden olmuştur (Cernac ve Benning, 2004).

Çoğunlukla metabolik işlev bozukluğu ve çoğu hücrel oluşumun zarar görmesi göz önünde bulundurulduğunda abiyotik stresin büyümeyi ve üremeyi sınırlandırması kaçınılmazdır.

*Brassica napus* çiçeklenme zamanı, sıcaklığın termal etkisi ve vernalizasyon etkisine ek olarak gün uzunluğunun fotoperiyot etkisinden sinerjistik olarak etkilenir bu yüzden ekim tarihinin bitkinin agronomik özellikleri üzerinde büyük bir katkısı vardır (Luo vd., 2018). İngiltere'de yapılan bir çalışmada, küresel ısınmayı yapay bir simülasyonla taklit ederek Ekim ayında deneme parsellerine ekilen *Brassica napus* çeşitleri sıcaklığın 5 °C artırılması çiçeklenmeyi baskıladığı bilinen *FLOWERING LOCUS C (FLC)* gen seviyesinin yüksek seyretmesi ile çiçek geçişinin 3 hafta, ilkbaharda çiçeklenme tarihi üzerinde ise 5-7 günlük gecikmeye sebep olmuştur (O'Neill vd., 2019). Bitkiler üreme derecesini en üst seviyeye çıkarmak için çiçeklenme zamanlarını küresel ısınma gibi çeşitli çevresel faktörlere göre ayarlar. Yine İngiltere'de gerçekleştirilen ve uzun yıllara dayalı istatistiksel bir çalışmada, küresel ısınma hızının artması ile birlikte bitki türlerinin ortalama çiçeklenme tarihlerinin ortalama bir ay önce gerçekleştiği tespit edilmiştir (Büntgen vd., 2022). Tüm bu bilgilere rağmen, literatürde vernalizasyon sırasında gerçekleşebilecek ani bir sıcaklık artışının bitkilerin agronomik özelliklerini nasıl etkilediğine dair bir çalışmaya rastlanmamıştır.

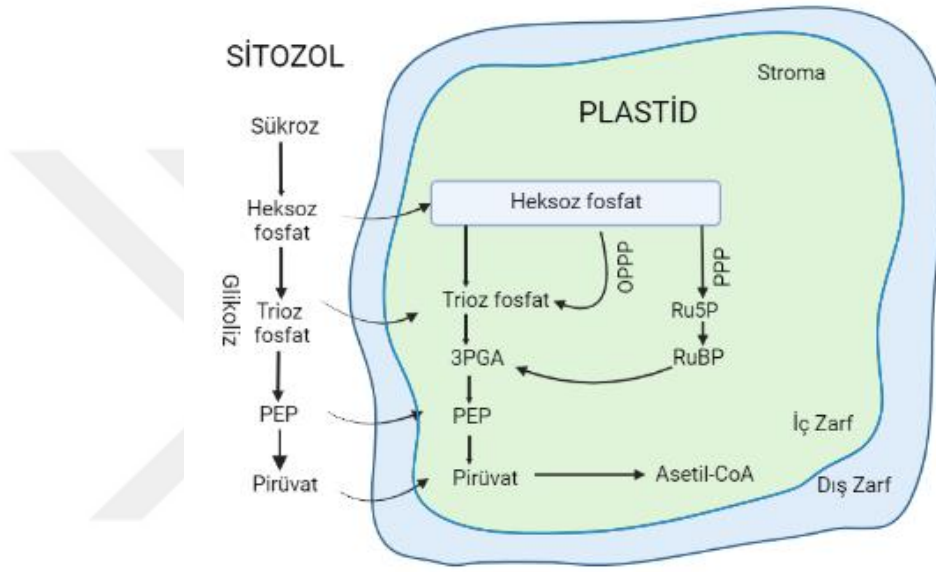
### 2.3.Yağ Asitleri

Yağ asitleri, yapısında bir metil ve karboksil grubu bulunduran, yapısal ve enerji depolayıcı görevlerinin yanı sıra gen düzenleyicisi ve sinyal molekülü olarak işlev görmektedirler (Lund ve Rustan, 2020). Doymuş, doymamış ve çoklu doymamış olarak ayrılan yağ asitleri hidrokarbon zincirinden oluşmakta ve bu zincirde bulunan karbon sayısı ve karbonlar arası çift bağın olup olmamasına göre isimlendirilmeleri yapılmaktadır. Doymamış yağ asitleri (UFA), bir veya birden fazla çift bağa ve genellikle *cis* konfigürasyona sahip alifatik karboksilik asitlerdir ve çoğu bitkilerde baskın olarak 18:1 (oleat), 18:2 (linoleat), 18:3 ( $\alpha$ -linolenat) olarak 18 karbonlu doymamış yağ asidi var olduğu bilinmektedir (He vd., 2020). *Brassica napus* tohumlarında, %5-8 palmitik ve stearik asit gibi doymuş yağlar, %60-65 başlıca oleik asit gibi tekli doymamış yağlar ve %30-35 linoleik ve linolenik asit gibi çoklu doymamış yağ üretir (Chen vd., 2018). Tohumdaki yağ asidi bileşenleri çoklu genler ile kontrol edilen ve çevresel faktörlerden etkilenen nicel özelliklerdir ve QTL haritalaması bu nicel özelliklerin genetik mekanizmalarını incelemeye yöneliktir. Bu bileşikler biyotik ve abiyotik stresle ilişkili olmalarına ek olarak tek başlarına bitki savunmasında da düzenleyici rollere sahiptir (Lim vd., 2017). Örneğin; bitkiler strese maruz kalınca lipazlar aktifleşip 18:3'ü hücre zarı lipidlerinden salarak yara ve patojen savunmasına yardımcı olmaktadır (Upchurch, 2008).

Tohumlarda TAG (triasilgliserol) formu olarak depolanan yağ asiti biyosentez mekanizmasının üç aşamada gerçekleştiği öngörülmektedir; ilk aşama plastidde yağ asidi sentaz kompleksi (FAS) tarafından *de novo* yağ asidi sentezidir; ikinci aşama endoplazmik retikulumda gerçekleşen yağ asidi ve gliserolün substrat olarak kullanıldığı triasilgliserol (TAG) sentezidir, üçüncü aşama ise endoplazmik retikulumdan sitoplazmaya salınması için triasilgliserolün yağ proteinleri ile birleştiği aşamadır (J. Chen vd., 2015).

*Brassica napus*'un olgunlaşmakta olan embriyoları tohum metabolizması için önemli olan sükrozu ve aminoasitleri sıvı endospermden (Schwender ve Ohlrogge, 2002). Sükroz, sükroz sentaz (SUS) ile şeker polimerlerinin sentezini sağlarken invertaz (INV) enzimi ile birlikte bitki gelişimi için oldukça önemlidir ve her ikisi de sükrozun parçalanma reaksiyonunu katalize etmektedir (Ruan vd., 2010). Serbest kalan heksoz fosfatlar glikoliz, OPPP ve nişasta biyosentetik yollarını besleyebilir. Plastid

membranı geçemeyen Asetil-CoA, plastitte sentezlenen ya da sitozolden plastide geçen öncüllerle sentezlenir. Kolza tohumu embriyolarında glikolitik yolağın enzimleri hem sitozolde hem de plastitte bulunmaktadır (Kang ve Rawsthorne, 1994). fakat mikroarray deneyleri ile glikozun sitozolde fosfoenol pirüvata (PEP) parçalandığı ve plastide iletilerek burada metabolize edildiği gösterilmiştir (Şekil 3.2.) (Andre vd., 2007)

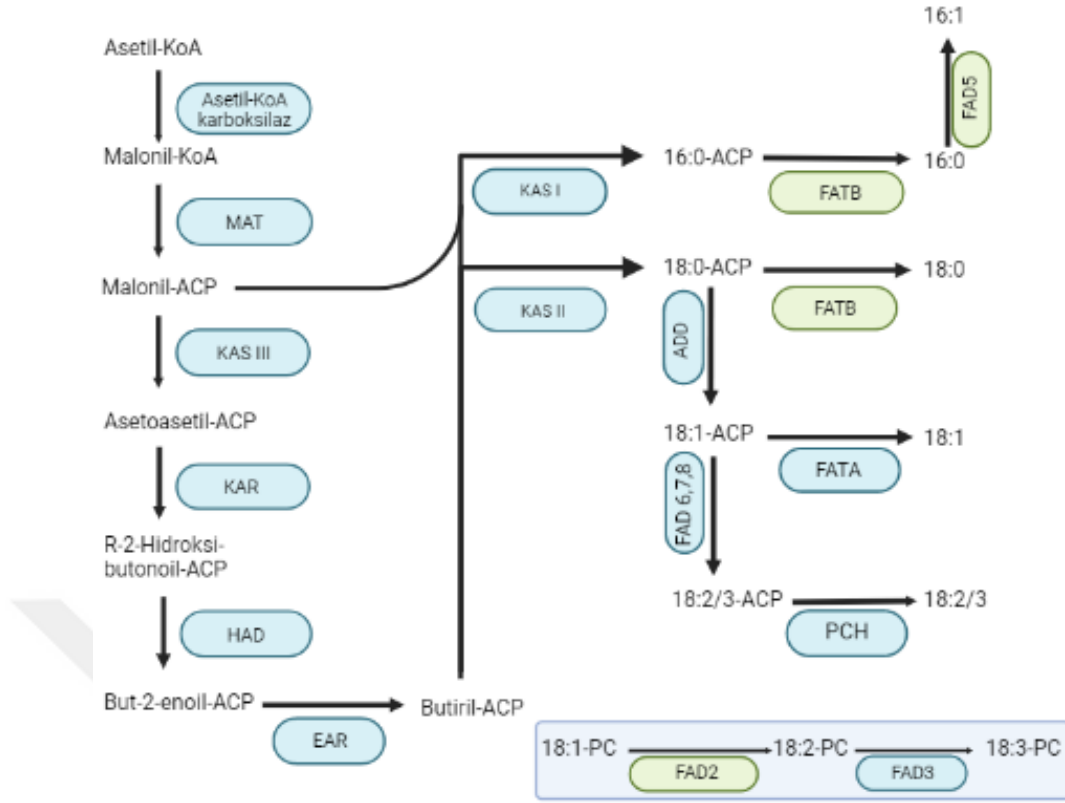


**Şekil 2.2.** Bitkilerde de novo yağ asidi sentezinin düzenlenmesi 1 (Compartmentation of Triacylglycerol Accumulation in Plants uyarlanmıştır (Chapman & Ohlrogge, 2012) (BioRender)).

Glikolitik süreçte pirüvat dehidrogenaz kompleksi (PDC) işlevi ile bir Asetil-CoA birimiyle birlikte bir karbondioksit molekülü de üretilir ve karbonun üçte biri CO<sub>2</sub> olarak salınır ve yeniden sabitlenmez fakat düşük ışık koşulları altında Calvin döngüsünden bağımsız olarak Rubisco (ribuloz 1,5-bisfosfat karboksilaz/oksijenaz) CO<sub>2</sub>'i yeniden sabitleyerek yağ asidi sentezi için daha fazla Asetil-CoA üretmektedir (Hutchings vd., 2005)(Schwender vd., 2004) Plastidlerde gerçekleşen yağ asidi sentezinde uzayan zincire asetil biriminin eklenmesi için ATP, asetil-CoA, NADPH ve NADH gereklidir. Tohum olgunlaşması sırasında yağ asidi sentezinde lipid birikimini artıran ışık yoğunluğu önemli ölçüde artırabilir (Goffman vd., 2005). NADPH ve ATP için kloroplastta ışık enerjisiyle bu kofaktörler sağlanabilmektedir ve

plastidler bu kofaktörleri ithal etmelidir ya da bazı yollarla plastidlerin içinde üretmelidir

Yağ asidi sentezindeki ilk hız belirleyici adım asetil-CoA'dan asetil-CoA karboksilaz katalizörlüğünde malonil-CoA oluşumudur. Yağ asidi sentezinde önemli enzimlerden birisi yağ asidi sentaz enzimleridir (fatty acid synthase; FAS). Bu enzimlerden birisi malonil-KoA-ACP transasilaz (MAT) enzimidir. Malonil transferaz tarafından malonil parçasını asil taşıyıcı proteine (ACP) aktararak malonil-ACP kompleksi oluşur ve 16:0-ACP, 18:0-ACP üretimi için malonil-ACP her bir döngüde art arda iki karbon birimi ekleyerek büyür. Diğer enzimler ise 3-keto asil ACP sentetaz I (KASI), KASII, KASIII, KAR, HAD ve EAR enzimleridir. KASIII enzimi ek yoğunlaştırma reaksiyonundan sorumludur. KAS I/II enzimleri ise yağ asidi zincirini 16 veya 18 karbona kadar uzatır, Yağ Asidi Uzaması 1 (FAE1) 18 karbon zincirini 20 veya 22'ye kadar uzatır. Sentezlenen yağ asitleri endoplazmik retikuluma asil CoA formunda taşınır ve orada yağ asitlerinin daha fazla uzaması ve desatürasyonu meydana gelmektedir (Kumar vd., 2020).



**Şekil 2.3.** Bitkilerde de novo yağ asidi sentezinin düzenlenmesi 2

İklim sıcaklığındaki artış ile kolza bitkisinin tohum içeriğindeki C18:2 ve C18:3 esansiyel yağ asitleri arasında negatif bir korelasyon vardır (Werteker vd., 2010). 10 °C'den 40 °C'ye çıkan sıcaklık ile tekli doymamış yağ asidi olan oleik asit üretiminde artış ve çoklu doymamış yağ asidi olan linoleik ve linolenik asit üretiminde azalmaya neden olmuştur (Schulte vd., 2013). Kolza tohumu olgunlaşma aşamasının başında sıcaklık stresine maruz bırakılması ile birlikte yağ asitleri konsantrasyonunun azalması, tohum dormansisinin (uyku hali) ve C18:2 ve C18:3 yağ asitlerinin artması gibi olumsuz etkilerini kükürt kısıtlamasıyla tersine çevrildiği gösterilmiştir (Magno Massuia de Almeida vd., 2021).

İnsan vücudunda sentezlenmediği için diyet aracılığıyla alınması gereken linoleik ve linolenik asitin tekli doymamış yağ asidi olan oleik asite göre oksidatif stabilitesi daha azdır. Bundan dolayı linoleik ve linolenik asit yemeklik yağın lezzetini artırsa bile raf ömrünü azalttığından dolayı oleik asit gibi tekli doymamış yağ asitleri hem sağlık yararlılığından hem de ticari açıdan tercih edilmektedir. Sıcaklık düştüğünde çoklu

doymamış asitlerinin içeriği artar hücre membranı jel yapısından sıvı-kristal yapıya dönüşür ve bu dönüşüm canlının hayatta kalması için önemlidir (Los & Murata, 1998). Yağ asidi desaturaz 2 (FAD2) geni endoplazmik retikulumda (ER) oleik asidin (18:1) delta-12 ( $\omega$ -6) konumuna bir çift bağ ekleyerek linoleik asit (18:2) oluşumunu sağlamaktadır. FAD2 geni, FAD2-1, FAD2-2, FAD2-3 ve FAD2-4 olarak ifade ediliş şekillerine ve bölgelerine göre sınıflandırılmışlardır (Dar vd., 2017). Endoplazmik retikulumda bulunan BnFAD2-1, BnFAD2-2 ve BnFAD2-4'ün fonksiyonel olduğu fakat çekirdek ve kloroplastta bulunan BnFAD2-3'ün fonksiyonel olmayan bir enzim olduğu gösterilmiştir (Lee vd., 2013). FAD2-1 gelişme aşamasında olan genç tomurcukta ve genç tohumlarda çoklu doymamış yağ asitlerini sentezlerken bu bölgelerde kuvvetli bir şekilde ifade edilmektedir (Liu vd., 2001). FAD2-2 geni ise gelişme aşamasında olan tohumlarda ve vejetatif evreden olgunlaşma evresine kadar olan kısımda düşük düzeyde ifade edilmektedir ama öncelikli olarak oleik asidin linoleik aside dönüştürülmesinden sorumlu bir genidir (Hernández vd., 2009).

Genom çapında ilişkilendirme çalışmaları (GWAS) ile yağ asidi biyosentezinin düzenlenmesinde doğrudan veya dolaylı olarak yer aldığı düşünülen bazı aday genler tanımlanmıştır (Gacek, Bayer, ve Bartkowiak-Broda, 2017). GWAS mahsullerdeki karışık özelliklerin genetik düzenlemesini incelenmesine olanak sağlayan güçlü bir araçtır (Edwards vd., 2013). Ebeveynlerden genomik okumalar elde edilerek referans genom ile eşlenir ve böylelikle tek nükleotit polimorfizmi (SNP) için çıkarım yapılır. Ebeveynlerin soyundan gelen bireylerinde genomik okumaları elde edilerek aynı referansa eşlenir ve ebeveyn SNP dosyasıyla karşılaştırılarak ebeveyn genotiplerinin soyundaki SNP'lerin çağrılarak filtrelenmesi sağlanmaktadır (Golicz vd., 2015). GWAS sonucunda FATB'nin tohumda hem oleik hem de linoleik yağ asidi ile ilişkili olduğunu gösterilerek diğer yağ asidi gen düzenleyicilerle birlikte çalıştığı bulunmuştur (Golicz vd., 2015). FATB, serbest yağ asitlerinin plastidlerden ihraç ederek tohumlarda yağ asidi biyosentezini düzenleyen enzimdir (Yusuf vd., 2022). Malonil-CoA Sentazı tohumlarda hem oleik hem de linoleik ile ilişkilidir ve WD40 tekrar benzeri süper aile proteini umut vaat eden genlerden birisidir, stearik asitle zayıf bir ilişki gösterirken oleik ve linoleik asit ile güçlü bir ilişki göstermiştir (Golicz vd., 2015).

## 2.4.Vernalizasyon

Bitkiler hareket edemedikleri için bulunduğu ortamın mevsimsel değişikliklerine uyum sağlamak zorundadırlar. Bitkinin çiçeklenme süresini gün uzunluğu, vernalizasyon, ışık, besinler ve su mevcudiyeti gibi çevresel faktörler etkiler (Levy ve Dean, 1998) Bitkiler belirli bir süre soğuk havaya maruz kalarak büyümesini yavaşlatıp en uygun şartlarda çiçeklenip devamında tohum gelişim aşamasına devam ederler. Vernalizasyon kışlık ve yazlık bitkileri birbirinden ayıran en önemli ögedir ve kışlık bitkiler vejetatif büyüme döneminden generatif büyüme dönemine geçebilmesi için bu büyüme sıcaklığı altındaki uzun süreli düşük sıcaklıklara ihtiyaç duyarlar. *Brassica napus* bitkisinde kışlık çeşitler genellikle sonbaharda ekilir ve çiçeklenmeden hemen önce yaklaşık 4 ila 10 °C sıcaklıkta, 12-14 hafta vernalizasyona tabi tutulur (Álvarez-Venegas ve Zhang, 2011).

Vernalizasyona maruz kalan kışlık bitkilerin moleküler düzeyde analizleri model bitki *Arabidopsis thaliana*'da gerçekleştirilmiştir. *Arabidopsis* ile yapılan bir çalışmada vernalizasyonun bitki tarafından algılanmasının *FLC* geni tarafından kontrol edildiği belirtilmiştir (Sheldon vd., 2000). FLOWERING LOCUS T (FT) çiçeklenmenin ana düzenleyicisidir ve uygun koşullar altında çiçeklenmeyi sağlamaktadır. FLC, *Arabidopsis*'te MADS-domaini transkripsiyon represörü (baskılayıcı) olarak çiçeklenmeyi geciktirir. FLC, FLOWERING LOCUS D (FD) , FLOWERING LOCUS T (FT) ve SUPPRESSOR OF CONSTANS OVEREXPRESSION 1 (SOC1) çiçek entegratörlerinin ifadesini baskılamaktadır (Sheldon vd., 1999). *Arabidopsis*'in ekotiplerindeki çiçeklenme zamanı üzerindeki farklılıklar *FRIGIDA* (FRI) ve *FLOWERING LOCUS C* (FLC) genleri ile açıklanmaktadır (Clarke ve Dean, 1994) ve FRI ile FLC antagonistik şekilde hareket ederek çiçeklenmeyi baskılamaktadır. FRI, FLC geninin ekspresyon seviyesini yüksek tutmak için transkripsiyonel bir mekanizma ile transkriptine bağlanır (Geraldo vd., 2009). Aksine, *Arabidopsis*'in hızlı döngülü çeşitleri ve *Brassica napus*'un vernalizasyon ihtiyacı duymayan yazlık çeşitlerinde FRI fonksiyon kaybı mutasyonuna sahiptir bu nedenle FLC seviyesinin daha az olduğunu ve vernalizasyon olmadan erken çiçeklendiği görülmektedir (Johanson vd., 2000). Bitkilerin değişen ortamlara uyum sağlayabilmesi için gen ifadesinin epigenetik modifikasyonlar ile düzenlenmesi önemlidir (Fujimoto vd., 2012). FLC'nin epigenetik susturulmasından önce FLC lokusuna alınan nükleer PRC2 ile vernalizasyon için Polycomb Repression Complex 2 (PRC2) gereklidir.

H3K27me3 modifikasyonu, gen susturma ile ilişkilendirilmiş ve PRC2 tarafından katalize edilmektedir (Zheng ve Chen, 2011). *Arabidopsis thaliana*'da, gen ifadesinin PRC2 aracılı düzenlenmesi, tohum çimlenmesi ve çiçeklenme gibi hayati kararlarda yer alır (Mozgova ve Hennig, 2015). Bitki vernalizasyona uğradıktan sonra H3K27me3 seviyesi artar ve PRC2 kompleksi VERNALIZATION (VRN) tarafından katalize edilir ve *FLC* ifadesi azalır (Dennis ve Peacock, 2007). *FLC* seviyesinin azalmasında bir diğer mekanizmada *COOLAIR* olarak bilinen antisens transkriptlerdir. *COOLAIR* ile *Polycomb* kompleksleri vernalizasyondan dolayı bağımsız bir şekilde çalıştığı ve *COOLAIR*'in *FLC*'nin transkripsiyonel kapanmasını hızlandırdığı bulunmuştur (Csorba vd., 2014).

*Brassica napus* genomunda *FLC* geni A02, A10, C02 kromozomlarında birer tane ve A03, C03, C09 kromozomlarında ikişer tane olmak üzere toplam dokuz kopya olarak bulunmaktadır (Zou vd., 2012). Bu *FLC* paraloglarından *Bna.FLC.A10* geninin vernalizasyon üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu ve bunun nedeninin kışlık kolza tohumunda *Bna.FLC* seviyesini artıran Sınıf II transpozon olan Miniature inverted-repeat transposable elements (MITEs)'nin *Bna.FLC* promotörüne eklenmesinden dolayı olduğu bulunmuştur (Tadege vd., 2001) (Hou vd., 2012). *Bna.FLC.A02*, *Bna.FLC.C02* ve *Bna.FLC.A10* genleri vernalizasyon tarafından aşağı doğru regüle edilir (Schiessl vd., 2019). Bahar çeşitlerinde çiçeklenme zamanı üzerinde etkili olan *Bna.FLC.A02* ve *Bna.FLC.C02* çiçeklenmeyi geciktirdikleri ama engelleyemedikleri anlaşılmıştır (Tudor vd., 2020). Dünyada farklı yerlerden toplanan 188 farklı *Brassica* çeşidinden genom tabanlı ilişki analizi (genome wide association mapping-GWAS) ile tek başına çiçeklenme zamanındaki doğal varyasyonun *Bna.FLC.A10* (*FLC1*) veya *Bna.FLC.A3a* (*FLC3*) geninin %15, *Bna.FLC.C2* (*FLC2*) geninin %23'üne sebep olduğu ortaya konmuştur (Raman vd., 2016).

## 2.5.Çalışmanın amacı ve özgün değeri

İklim değışikliğı sonucu kış mevsiminin kısalması ya da aniden gelen ılık havanın laboratuvar ortamında taklit edilerek, kolza bitkilerinin kesintili ya da kesintisiz olarak vernalizasyon ya da devernalizasyona uğratılması ile çiçeklenme zamanı, vernalizasyon belirteci olan *FLC* gen ekspresyon seviyeleri, tohumdaki yağ asidinde görevli *FATB*, *FAD5*, *MCOA*, *WD40*, *FAD2* gen ekspresyon seviyeleri, yağ asidi kompozisyonu olan oleik asit, linoleik asit gibi özelliklerle beraber bitki boyu, yandal sayısı, anadaldaki kapsül sayısı, kapsüldeki tane sayısı ve bin dane ağırlığı gibi fizyolojik parametrelere ne tepki verdikleri ve bu tepkinin moleküler düzeyde olan karşılıklarının istatistiksel olarak açığa çıkarılmasıdır.

Kolzada gerçekleştirilen 1994 yılında yapılmış çalışma tek bir kışlık kolza çeşidiyle yapılmış ve farklı vernalizasyon sürelerinde tohum verimini incelememiştir. Buğday ve çavdarda gerçekleştirilen çalışmalarda da tohum verimi ve özellikleri dikkate alınmamıştır. Bundan dolayı, iklim değışikliğı sebebiyle gerçekleşen ani sıcaklık artışlarının vernalizasyon süresince bitkilerin fizyolojik özelliklerini nasıl etkileyeceğı, kolza bitkisi özelinde önemli bir agronomik özellik olan tohum yağ miktarı ve kompozisyonun nasıl etkileneceğı ve tüm bunların vernalizasyon ve çiçeklenme zamanı açısından önemli bir genetik markör olan *FLC* gen seviyeleri, yağ asidi sentezi genleri ve fizyolojik parametreler ile korelasyonları inceleyen benzer bir çalışma literatürde bulunmamaktadır.

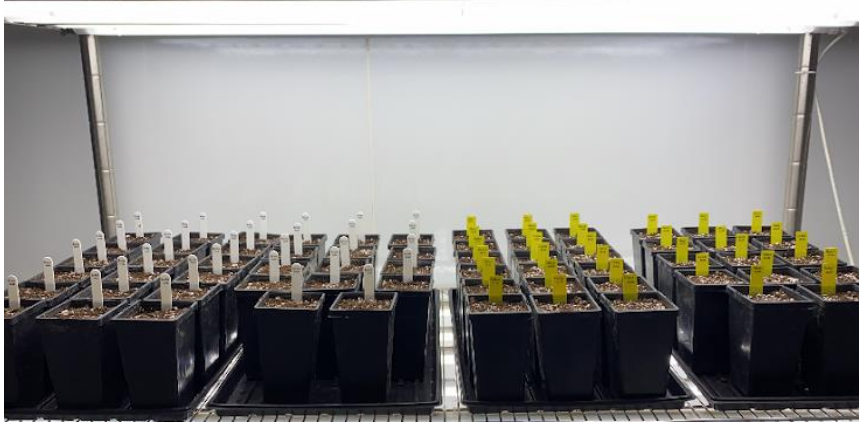
### 3.MATERYAL VE METOT

#### 3.1.Bitki materyali

Bu çalışmada *Brassica napus* kışlık çeşidi Darmor ve Bristol ile yazlık çeşit Helios kullanıldı. Tohumlar Gerplasm Resource Information Network (GRIN) Çekya'dan temin edilmiştir.

#### 3.2.*Brassica napus* tohum ekimi ve bitkilerin büyütülmesi

Torf-perlit (1:1) karışımı ekim toprağı Hoagland solüsyonu ile ıslatıldı. Nemlenen toprak 8x8x15 cm kare saksılara konuldu. Her bir saksıya Darmor, Bristol ve Helios tohumlarından ikişer tane ekildi. Tohum ekiminden sonra 12 saat gündüz/12 saat gece döngüsünde 22 °C, %50-55 nem ve 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ışık şiddetinde olan bitki büyütme odasına konuldu. Bitkiler 2-3 gün ara ile toprak nemli kalacak şekilde 50 mL Hoagland solüsyonu ya da saf su ile sulandı.



Şekil 3.1. Bitkilerin bitki büyütme odasında büyütülmesi.

#### 3.3.Bitkilere vernalizasyon uygulanması

Çimlenme gerçekleşikten sonra, bitkiler 4-5 yapraklı (BBCH skalası, 14-15) hale gelince bitkiler büyütme kabininde (Nüve TK 252) 16 saat ışık/8 saat karanlık döngüsünde, 4 °C sıcaklıkta, 150  $\mu\text{mol.m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ışık şiddetinde Tablo 1'de belirtilen farklı süre ve modellerde vernalizasyona maruz bırakıldı. Devernalizasyon aşamasında bitkiler, bitki odasında 22 °C'de 12 saat ışık/12 saat karanlık döngüsünde büyütüldü.

**Tablo 3.1.** Çalışmada uygulanan vernalizasyon modelleri.

|         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| D/B/H.0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| D/B/H.1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| D/B/H.2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| D/B/H.3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| D/B/H.4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| D/B/H.5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| D/B/H.6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

22 °C

4 °C

Tabloya göre (D/H/B.0) 9 hafta vernalize olmayan, (D/H/B.1) 3 hafta, (D/H/B.2) 4 hafta, (D/H/B.3) 6 hafta kesintisiz vernalizasyon, (D/H/B.4) 2 hafta vernalizasyon-1 hafta devernalizasyon-4 hafta vernalizasyon, (D/H/B.5) 8 hafta kesintisiz vernalizasyon, (D/H/B.6) 2 hafta vernalizasyon-1 hafta devernalizasyon-6 hafta vernalizasyon.

### 3.4.Bitkilerin toprağa aktarılması

Her biri 30 m<sup>2</sup> (1.5x20) olan parsellere saksıdaki bitkiler ilk sene 26.04.2021 dışarı, ikinci sene 25.04.2022 dışarı ve üçüncü sene 11.01.2023'te seraya ekilmiştir. Bitkiler ilk iki sene gece sıcaklığı 10 °C'nin üstünde olduğu zaman toprağa aktarılmıştır. İki günde bir sulanmıştır.



**Şekil 3.2.** Bitkilerin toprağa aktarılması.

2023 yılında serada sıcaklık 22-24 °C arasında değişmektedir. 2021 ve 2022 verileri ise şu şekildedir;

**Tablo 3.2.** 2021 ve 2022 yılına ait en yüksek sıcaklık (E.Y.S.) ve en düşük sıcaklık (E.D.S.) değerleri.

| 2021/Aylar   | E.Y.S | E.D.S | 2022/Aylar         | E.Y.S | E.D.S |
|--------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|
| Nisan        | 24    | 12    | Nisan              | 25    | 10.33 |
| Mayıs        | 26.6  | 11    | Mayıs              | 20.74 | 9.19  |
| Haziran      | 25    | 13    | Haziran            | 26.57 | 16.63 |
| Temmuz       | 32    | 21    | Temmuz             | 28.77 | 14.68 |
| Ağustos      | 32    | 20    | Ağustos (17.08.22) | 33.06 | 19.18 |
| Eylül        | 24    | 15    |                    |       |       |
| Ekim         | 21    | 9     |                    |       |       |
| Kasım        | 20    | 9     |                    |       |       |
| (09.11.2021) |       |       |                    |       |       |

### 3.5.Fizyolojik Parametreler

Bitki boyu ölçümü için, olgunlaşma döneminde toprak seviyesinden bitkinin en uç kısmına kadar olan mesafe ölçüldü ve cm cinsinden kaydedildi.

Yan dal sayısı, bitkinin ana dala bağlı yan dal sayısı sayıldı ve adet cinsinden kaydedildi.

Bitki başına harnup (kapsül) sayısı, hasat olgunluğu devresinde bitkinin ana sapındaki harnupları sayıldı ve adet olarak kaydedildi.

Harnuptaki tane sayısı, bitkilerin her birinden alınan 5'er adet harnup açılarak tohumlar sayıldı ve adet olarak kaydedildi.

Bin dane ağırlığı, her bir bitkiden 100'er adet tohum hassas terazide tartıldı ve g olarak bulunan ağırlık 10 ile çarpıldı.

### 3.6.Total RNA Ekstraksiyonu

#### 3.6.1.Homojenizasyon

Oda sıcaklığında çeker ocakta (Hedlab X-Pro) yapılan deneyde, zemin ve havan RNAase Zap (Sigma) ve %70 etil alkol ile RNase enziminden arındırıldı. Büyütme kabininde vernalizasyon süresi biten bitkilerin yaprak örnekleri ve saksıdan toprağa aktarıldıktan sonra çiçeklenmesi biten bitkilerin anadalından alınan silik örnekleri ependorf tüplerine koyulup sıvı azotla donduruldu.

Önceden sıvı azotla soğutulan havanda yaprak ve silik dokuları sıvı azot yardımı ile toz haline getirildi. Homojenizasyondan sonra dokular önceden sıvı azotla soğutulmuş 2 mL'lik ependorf tüplerine konuldu ve tüpler sıvı azot içerisinde bekletildi.



Şekil 3.3. Dokuların havan yardımı ile parçalanması.

#### 3.6.2.RNA Ekstraksiyonu

RNA Ekstraksiyon tampon çözeltisi hazırlandı (RE tampon çözeltisi; 0.1 M Tris pH=8.0, 5 mM EDTA pH=8.0, 0.1 M NaCl, %0,5 SDS) ve %1 2-merkaptoetanol eklenerek RE tampon çözeltisi örneklerin bulunduğu ependorf tüplerine 950  $\mu$ l eklendi. Daha sonra ependorflar 5-10 saniye vortekslendi. 1:1 asidik fenol: kloroform pH= 4,3  $\pm$  0,2 (P:C) 950  $\mu$ l eklendi. Ependorf tüpleri oda sıcaklığında 10 dakika inkübe edildi. 20 °C de maksimum hızda (12.000 rpm) 30 dakika santrifüj yapıldı. İki faza ayrılan numunelerin üst fazları (supernatant) yeni ependorflara alındı.

#### 3.6.3.RNA Çöktürme

Yeni ependorf tüplerine alınan süpernatant miktarıyla eşit hacimde izopropanol (2-propanol) eklendi. İzopropanol miktarının %10'u oranında 3 M sodyum asetat

(pH=5,2) eklendi. Ependorf tüpleri -80 °C derin dondurucuda 1 saat süreyle bekletildi. Örnekler -80 °C'den çıkarılarak 4 °C'de, maksimum hızda 30 dakika santrifüj yapıldı. Süpernatant mikropipetle çekildi. Sodyum dodesil sülfat (SDS), Etilendiamin tetraasetik asit (EDTA) ve diğer kalıntıları uzaklaştırmak için pelletler 750 mL %70 etanol (v/v) ile yıkandı. Maksimum hızda 3 dakika boyunca santrifüjlendi. Santrifüjden sonra %70 etanol atılarak bu aşama iki kere tekrarlandı. Kalan etanol kalıntıları temizlenerek ependorf tüplerinin kapakları açık bırakılarak pelletlerin kuruması beklendi.

#### **3.6.4.RNA Çözme**

RNA pelletinin üzerine yaprak örnekleri için 20-30 µl ve silikler için 50-60 µl DEPC'li su eklenerek pellet çözöldü ve ependorf yavaşça karıştırıldı. Pellet tamamen çözöndükten sonra tüpler -20 °C (kısa süreli) ya da -80 °C (uzun süreli) derin dondurucuya kaldırıldı.

#### **3.6.5.DNA Parçalanması**

DNA parçalanması için Thermofisher ticari kit (Invitrogen/ TURBO DNA -free Kit) kullanıldı. 0.1 hacim 10X TURBO DNaz tampon ve 1 mL TURBO DNase Enzim örneklerin üzerine eklendi. 20 dakika 37 °C su banyosunda inkübe edildi. İnkübasyondan sonra 0.1 hacim inaktivasyon ajanı eklenerek 5 dakika oda sıcaklığında inkübe edildi. Ependorf tüpleri 10000 g 1,5 dakika daha sonra 2000 g 5 dakika santrifüj yapıldı. Ardından süpernatantlar yeni bir tüpe alındı.

#### **3.6.6.Total RNA'nın Nitel ve Nicel Analizi**

RNA'lar izolasyon yapıldıktan sonra konsantrasyon ve saflık tayini çok kuyucuklu plaka spektrometre (Biotech- EPOCH2 1802081 B-take3) cihazında yapıldı. Nükleazsız su kullanılarak plaka üzerindeki kuyucuklara 2 ml koyularak kör bir okuma yapıldı. Daha sonra her örnekten 2 mL plaka üzerine konularak okuma yapıldı. Örneklerin RNA saflığını öğrenmek için A260/A280 nm'deki absorbands değerleri ng/mL cinsinden ölçöldü ve her bir örnek 1000 ng/mL değerine eşitlendi.

Nitel analiz için jel elektroforezi kullanıldı. Jel elektroforezi için üçgen cam beher içerisine %1'lik agaroz jel hazırlandı. 50 mL'lik jel için 0,5 gram agaroz tartılarak 50 mL tris-asetat (TAE) buffer içerisinde mikrodalgada çözdürüldü. Soğutulan beher içerisine 4 mL Safe View eklendi ve karıştırıldı. Kaset içerisine dökülen jelin 20-30 dakika boyunca polimerize olması beklendi ve jel tanka aktarıldı. Parafilm üzerine 5 µl DNA merdiveni (DNA Ladder) ve 1 µl 6X yükleme boyası koyularak pipetaj yapılarak ilk kuyucuğa yüklendi. Daha sonra izole edilen her bir RNA moleküllerinden 2 µl çekilerek 6X yükleme boyası ile karıştırılarak polimerize olan jele ait kuyucuklara sırasıyla yüklendi. Elektroforez önce 80 Volt sabit güç altında 10 dakika boyunca, sonra da 110 Volt güç altında 30 dakika süre ile gerçekleştirildi.

### 3.6.7.cDNA Sentezi

cDNA sentezi iScript cDNA sentez kiti (Bio-Rad) kullanılarak üreticinin talimatları doğrultusunda gerçekleştirildi. cDNA sentezi için 1 µg RNA kullanıldı. Tablo 3.3.'deki konsantrasyonlara göre önce tüpe 14 µl su eklendi, daha sonra 4 µl tampon, 1 µl RNA ve 1 µl enzim eklenerek tüpler vortekslendi ve dönme işlemi yapıldı. Tüpler BIO-RAD T100 Thermal Cycler cihazına yüklendi ve Şekil 3.4'te ki adımlar takip edilerek RNA cDNA 'ya çevrildi.

**Tablo 3.3.** cDNA bileşenleri ve hacimleri.

| Bileşenler                    | Reaksiyon Başına Hacim, µl |
|-------------------------------|----------------------------|
| 5x iScript Reaksiyon Karışımı | 4                          |
| iScript Ters Transkriptaz     | 1                          |
| Nükleazsız su                 | Değişken                   |
| RNA (=1 µg)                   | Değişken                   |
| Toplam Hacim                  | 20                         |

| Hazırlama | Ters Transkripsiyon | RT İnaktivasyon | İsteğe Bağlı Adım |
|-----------|---------------------|-----------------|-------------------|
| 25 °C     | 46 °C               | 95 °C           | 4 °C              |
| 5:00      | 25:00               | 1:00            | ∞                 |

**Şekil 3.4.** cDNA sentez adımı.

### 3.6.8.Geri transkriptaz kantitatif polimeraz zincir reaksiyonu (RT-qPCR)

cDNA tüplerinin üzerine 80 µl dietil pirokarbonat (DEPC)'li su eklenip seyreltilerek dönme işlemi gerçekleştirildi. İleri ve geri primerler eşit miktarda bir tüpte karıştırıldı. 96 kuyulu plaka 96'lı buz kutusunun üzerine koyuldu. Plakanın her bir kuyucuğuna 1,5 µl primer karışımından eklendi. Seyreltilmiş cDNA'dan 6µl çekilerek primerlerin üzerine eklendi. Üzerine 7,5 µl SYBR Green (BIO-RAD, iTaq Universal SYBR Green Supermix) eklendi ve plaka yüzeyi kapatıldı. Plaka cihaza konulmadan önce çeperdeki malzemeler dibe çöktürüldü. Ardından BIO-RAD CFX96 PCR cihazına yerleştirildi ve Şekil 3.4'teki adımlar takip edildi.

| 1     | 2     | 3     | 4                          | 5     | 6     |
|-------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|
| 95 °C | 95 °C | 55 °C | G<br>İ<br>T<br>M<br>E<br>K | 95 °C | 65 °C |
| ←     |       |       | Adım 2                     |       |       |
| 1:00  | 0:05  | 0:30  | 39X                        | 0:10  | 0:05  |

**Şekil 3.5.** RT-qPCR sentez adımı.

### 3.6.9. Primer Tasarımı

Tüm genom dizilimi (Chalhoub vd., 2014) tarafından tamamlanmış olan *B. napus*'a ait genlerin dizilimine <http://www.genoscope.cns.fr/brassicapapus/> adresinden ulaşılmıştır. *FATB* (BnaA05g23790D), *FAD5* (BnaA05g23670D), *AAE13* (BnaA05g23520D), *FAD2*, Transducin/WD40 tekrarlı bir proteini kodlayan bir gen (BnaA05g24090), Bna.FLC.A02, Bna.FLC.C02, Bna.FLC.A10 olmak üzere toplamda on adet gen için Primer3Plus (<http://www.bioinformatics.nl/cgi-bin/primer3plus/primer3plus.cgi>) programı kullanılarak qPCR ayarı yapılarak primerler belirlenmiştir. İç kontrol olarak daha önceki bir çalışmada belirlenen Ubiquitin geni kullanılmıştır (Guo vd., 2014). Primer Blast yazılımı yardımıyla tasarlanan primerlerin hedef dışı bağlanma gösterip göstermeyeceği analiz edilmiştir.

| Hedef Gen                                                               | Dizilim 5'-3'                                            | Kaynak                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ubiquitin                                                               | (F) CTTCTTCGGCCTCAACTGGTT<br>(R) GAAGATGATCTGCCGCAAGTGT  | (Guo vd., 2014)Primer Blast yazılımında hedef dışı gene bağlanmayacağı kontrol edildi.                         |
| BnaA05g23790D (FATB)                                                    | (F) TATCCAGCTTGGGGTGATG<br>(R) GAATCCAATCACGCCTTGTC      | Primer3 Plus yazılımında tasarlandı.                                                                           |
| BnaA05g23670D (FAD5)                                                    | (F) AAGAAACCAACCTTCACTGC<br>(R) TACTTTCGGGTGGCTTTCC      | Primer3 Plus yazılımında tasarlandı.                                                                           |
| BnFAD2                                                                  | (F) TGTTTCAAACGCTCGATCCC<br>(R) AGTAAGTGGTGGCGACGTAG     | Primer3 Plus yazılımında tasarlandı.                                                                           |
| BnaA05g24090 (Transducin/WD40 repeat-like superfamily protein)          | (F) TTTGGGAGGAACAGAAGTGG<br>(R) TATCACCATCCCCAAGAAG      | Primer3 Plus yazılımında tasarlandı ve Primer Blast yazılımında hedef dışı gene bağlanmayacağı kontrol edildi. |
| BnaA05g23520D (Malonyl-CoA Synthetase, Acyl Activating Enzyme13, AAE13) | (F) TCCCCAATTCTGTCCTATCG<br>(R) AAACCCAGGATTCAGACACG     | Primer3 Plus yazılımında tasarlandı.                                                                           |
| BnaA05g23930 (Tetratricopeptide repeat (TPR)-like superfamily protein)  | (F) CTATCAAAGCGTGGGGAAAG<br>(R) AGAAAAGTACGGCAGCATGG     | Primer3 Plus yazılımında tasarlandı. Primer Blast yazılımında hedef dışı gene bağlanmayacağı kontrol edildi.   |
| Bna.FLC.A02                                                             | (F) CCTCCGGCAAGCTTTACAAC<br>(R) GAGCTTTTGACTGAAGATCCAGA  | Primer3 Plus yazılımında tasarlandı.                                                                           |
| Bna.FLC.C02                                                             | (F) GAGAGCTGAACCGAACCGAA<br>(R) TTGCGTCGTTTGGAGAAGGT     | Primer3 Plus yazılımında tasarlandı.                                                                           |
| Bna.FLC.A10                                                             | (F) GCCGAAGCTGATAATATGGATGTC<br>(R) GTGGGAGCGTTACCGGAAGA | Primer3 Plus yazılımında tasarlandı.                                                                           |

**Tablo 3.4.** Çalışmada kullanılan primerler.

### 3.6.10.Tohum Yağ İçeriği Tayini

Tohumlar toplandıktan sonra 150 dakika 42 °C etüvde kurutuldu. Daha sonra 48 saat desikatörde bekletilmiş tohumlar hassas terazi (Sartorius) ile yaklaşık 10 mg olarak tartıldı. Önceden kloroform ile yıkanan ve önceden hassas terazide tartılan teflon kaplı kapaklı cam tüp içerisine tohumlar konuldu. Bu tüpe 2 mL isopropanol eklenerek 85 °C su banyosunda 10 dakika ısıtıldı. Ardından cam homojenizatör ile tohumlar parçalandı. Tekrar cam tüp içine alınan örneğin üstüne 3 mL hekzan eklenerek karıştırıldı. Oda sıcaklığında 5 dakika bekletildikten sonra üstüne 2.5 mL sodyum sülfat (%15 w/v) eklendi ve faz ayrımı gerçekleşti. Üst fazı yeni cam tüpe alındı ve azot altında buharlaştırıldı. Cam tüp tekrar hassas terazide ölçüldü ve aşağıdaki formül ile hesaplanarak % Yağ miktarı olarak hesaplandı.

$$\frac{\text{cam tüp son tartım} - \text{ilk tartım (lipid ağırlığı)}}{\text{başlangıç tohum ağırlığı}} \times 100 \quad (3.1)$$

Numunenin üstüne 2.5 mL n-Hekzan ilave edilerek karıştırıldı daha sonra 125 µl 2 N KOH ilave edildi ve 1 dakika boyunca vortekslendi. 15 dk 5000 rpm de santrifüj (BECKMAN COULTER Microfuge 20R) yapıldı ve üst faz viyole alınarak gaz kromatografisi (GC) SHIMADZU (GCMS-QP2020) kromatografi cihazında (RESTEK kolon; Rxi-5 Sil MS 30 Meter 0,25 mmID 0,25 µm df) analiz edildi.

#### 4.BULGULAR VE SONUÇLAR

*Helios*, *Bristol*, *Darmor* yaprak ve siliklerinden izole edilen RNA'ların miktarları 200-800 ng/μl aralığında hesaplandı. Tüm izolatlara ait saflık değerleri (OD260/OD280) 1,8-2 aralığındaydı. qRT-PCR ile analiz edilen gen ekspresyon seviyeleri UBC'ye normalize edilerek hesaplanmıştır. Bu hesaplama Bio-Rad Real-Time PCR Uygulama Rehberinden alınmıştır. Hesaplama aşağıdaki gibidir:

$$\text{Oran (test/kalibratör)} = 2^{\text{CT(kalibratör)} - \text{CT(test)}}$$

Her gen kendi içinde hesaplandıktan sonra verilerin istatistiksel analizi GraphPad Prism 9 uygulamasında yapıldı ve analiz sonuçları grafik haline getirildi. Grafiklerde standart hata çubuk halinde gösterildi. Analizde tek yönlü ANOVA ve *Helios* ve *Bristol* (*FLCC02*, *FLCA10*, *FLCA02*) Unpaired t testi Mann-Whitney U testi kullanılarak gruplar karşılaştırıldı.

Tüm çeşitlerdeki *FLC* ve yağ asidi gen ekspresyon seviyeleri 2021 yılında vernalizasyona maruz kalan bitkilerin vernalizasyon süresi bittiği zaman yaprağından örnek alınarak deneyler gerçekleştirildi.

*Bristol* ve *Helios* silik örnekleri her sene bitki tohum aşamasına dönmeden hemen önce örnekler alınıp deneyler yapıldı.

Darmor yaprak *FLCC02* gen ifade seviyesi D0 (kontrol) ile kesintisiz model olan D5 güçlü şiddette ( $p<0.001$ ), D2, D3, D6 ile orta şiddette ( $p<0.002$ ), D3 ile karşılaştırıldığında ise düşük şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.033$ ).

Darmor yaprak *FLCA10* gen ifade seviyesi D0 (kontrol) ile tüm vernalizasyon modelleri (D1,D2,D3,D4,D5,D6) ile karşılaştırıldığında güçlü şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.001$ ).

Darmor yaprak *FLCA02* gen ifade seviyesi D0 (kontrol) ile D2, D3, D4, D5, D6 modelleri ile karşılaştırıldığında güçlü şiddette ( $p<0.001$ ), D1 modeli ile ise düşük şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.033$ ).

Darmor yapraktaki *FATB* gen seviyesi D0 (kontrol) bitkisi ile karşılaştırıldığında D3, D4, D5, D6 modelleri ile orta şiddette, D2 modeli ile düşük şiddette ( $p<0.033$ ), D1 modeli ile güçlü şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.001$ ).

Yapraktaki *FAD5* gen ekspresyon seviyesi kontrol bitkisi D1, D2, D3, D4 modelleri ile karşılaştırıldığında orta şiddette ( $p<0.002$ ), D5 modeli ile düşük şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.033$ ).

*MCOA* ve *WD40* gen ekspresyon seviyeleri ise kontrol bitkisi ile karşılaştırıldığında sadece D1 bitkisinde düşük şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.033$ ).

*Helios* 2021, 2022, 2023 çiçeklenme zamanları ile *FLCC02* ve *FLCA02* gen ekspresyon seviyeleri ile orta şiddette ( $p<0.002$ ) anlamlı bir fark gösterirken *FLCA10* ile düşük şiddette anlamlı bir farklılık göstermiştir ( $p<0.033$ ).

*Helios* 2021 oleik asit miktarı ile silik *FATB*, *FAD5*, *MCOA*, *WD40* genlerinin ekspresyon seviyesi karşılaştırıldığında orta şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.002$ ).

*Helios* 2022 oleik asit miktarı ile silik *FATB*, *FAD5*, *MCOA*, *WD40*, *FAD2* genlerinin ekspresyon seviyesi karşılaştırıldığında orta şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.002$ ).

*Helios* 2023 oleik asit miktarı ile silik *FATB*, *FAD5*, *MCOA*, *WD40*, *FAD2* genlerinin ekspresyon seviyesi karşılaştırıldığında güçlü şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.001$ ).

*Helios* 2021 çiçeklenme zamanı ile bitki boyu arasında ve kapsüldeki tane sayısı arasında güçlü ( $p<0.001$ ), oleik asit, yandal sayısı ve bin dane ağırlığı arasında orta şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.002$ ).

*Helios* 2022 çiçeklenme zamanı ile bitki boyu, yandal sayısı, anadaldaki kapsül sayısı, kapsüldeki tane sayısı, bin dane ağırlığı arasında güçlü linoleik asit miktarı ile arasında düşük şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.033$ ).

*Helios* 2023 çiçeklenme zamanı ile bitki boyu, anadaldaki kapsül sayısı, kapsüldeki tane sayısı, bin dane ağırlığı arasında güçlü ( $p<0.001$ ), linoleik asit miktarı ve yandal sayısı ile arasında düşük şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.033$ ).

*Helios* yapraktaki yağ genlerinden biri *FATB* gen ekspresyon seviyelerine bakıldığında kontrol (H0) bitkisine kıyasla D2 ile orta şiddette ( $p<0.002$ ), D6 ile düşük şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.033$ ).

*Helios* *WD40* gen ekspresyon seviyesine bakıldığında kontrol bitkisine kıyasla H2, H6 modellerindeki bitkilerle orta şiddette ( $p<0.002$ ), H3 ile karşılaştırıldığında ise düşük şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.033$ ).

*Bristol* 2021, 2022, 2023 çiçeklenme zamanları ile *FLCA02* gen ekspresyon seviyesi orta ( $p<0.002$ ), *FLCC02* gen ekspresyon seviyesi ile düşük şiddette ( $p<0.033$ ) anlamlı bir fark gösterirken, *FLCA10* ile anlamlı bir farklılık saptanmamıştır.

*Bristol* 2021, 2022, 2023 çiçeklenme zamanları ile yaprak yağ genlerinin (*FATB*, *FAD5*, *MCOA*, *WD40*) ekspresyon seviyesi ile karşılaştırıldığında güçlü şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.001$ ).

*Bristol* yapraktaki yağ asidi gen ekspresyon seviyelerine bakıldığında *FATB* geninin kontrol bitkisine kıyasla tüm vernalizasyon modellerindeki bitkilerle güçlü şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.001$ ).

*Bristol* *MCOA* gen ekspresyon seviyesi kontrol bitkisi B3, B4, B5 modelleri ile güçlü şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.001$ ).

*Bristol* *WD40* gen ekspresyon seviyesi seviyesi kontrol bitkisi B1 ve B6 ile düşük şiddette, B2 ile orta şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.002$ ).

*Bristol 2021* oleik asit miktarı ile silik *FATB*, *FAD5*, *MCOA*, *WD40* genlerinin ekspresyon seviyesi karşılaştırıldığında güçlü şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.001$ ).

*Bristol 2022* oleik asit miktarı ile silik *FATB*, *FAD5*, *MCOA*, *WD40*, *FAD2* genlerinin ekspresyon seviyesi karşılaştırıldığında orta şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.002$ ).

*Bristol 2023* oleik asit miktarı ile silik *FATB*, *FAD5*, *MCOA*, *WD40*, *FAD2* genlerinin ekspresyon seviyesi karşılaştırıldığında güçlü şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.001$ ).

*Bristol 2021* çiçeklenme zamanı ile bitki boyu arasında ve kapsüldeki tane sayısı, %yağ, oleik asit, yandal sayısı, bin dane ağırlığı arasında güçlü şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.001$ ).

*Bristol 2022* çiçeklenme zamanı ile bitki boyu arasında ve kapsüldeki tane sayısı, yüzde yağ, oleik asit, yandal sayısı, bin dane ağırlığı arasında güçlü şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.001$ ).

*Bristol 2023* çiçeklenme zamanı ile bitki boyu arasında güçlü, yandal sayısı, anadaldaki kapsül sayısı, bin dane ağırlığı arasında orta, linoleik asit miktarı ve kapsüldeki tane sayısı arasında düşük şiddette anlamlı bir fark gösterdi ( $p<0.033$ ).

#### 4.1.Bristol, Helios Çiçeklenme Zamanı

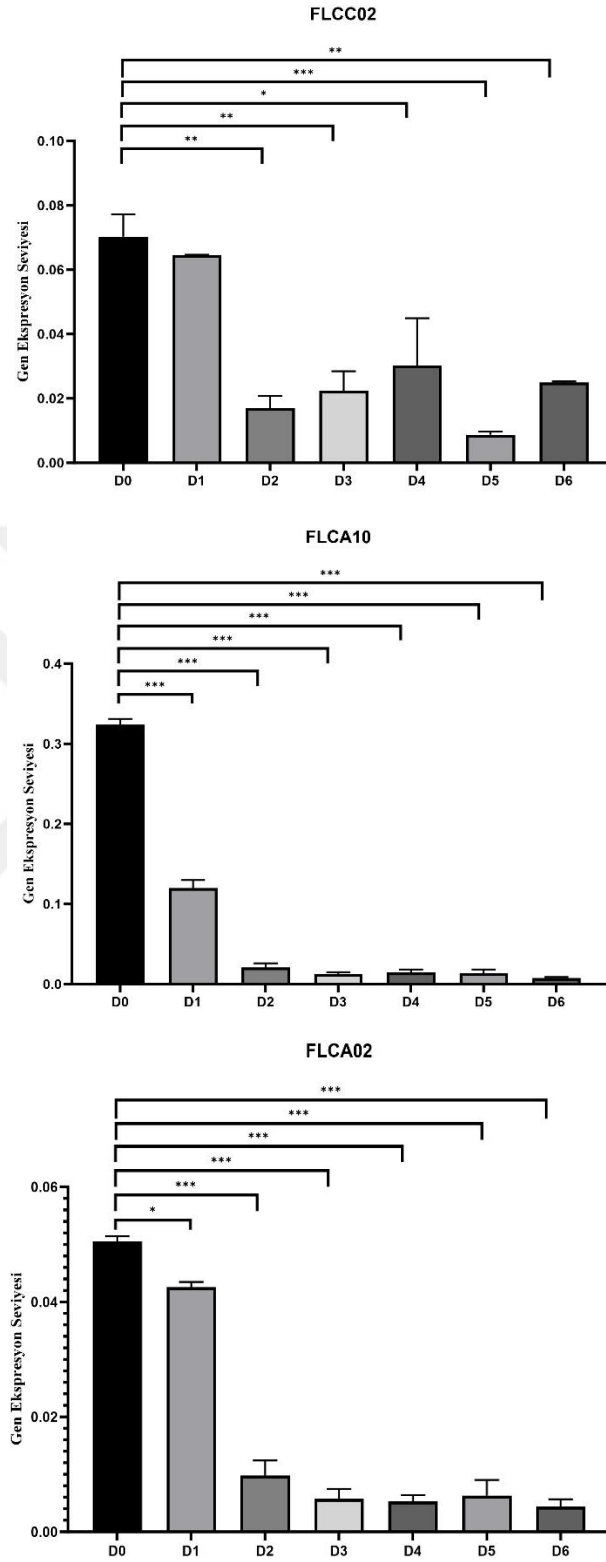
**Tablo 4.1.** *Bristol* ve *Helios* 2021, 2022 ve 2023 çiçeklenme zamanları (günler).

| Ç.z./Yıl  | 2021        | 2022      | 2023      |
|-----------|-------------|-----------|-----------|
| <b>B0</b> | 134.00±1    | 62.00±0.8 | 82.50±2.5 |
| <b>B1</b> | 119.00±3.4  | 56.50±0.8 | 74.33±0.5 |
| <b>B2</b> | 116.50±1.2  | 55.00±1.4 | 70.00±2.8 |
| <b>B3</b> | 110.33±3.7  | 49.33±1.2 | 41.67±3.9 |
| <b>B4</b> | 109.00±2.2  | 50.00±2.9 | 42.33±0.8 |
| <b>B5</b> | 99.67±5.6   | 45.67±1.7 | 36.67±0.9 |
| <b>B6</b> | 104.67±10.9 | 46.67±2.1 | 39.33±0.9 |

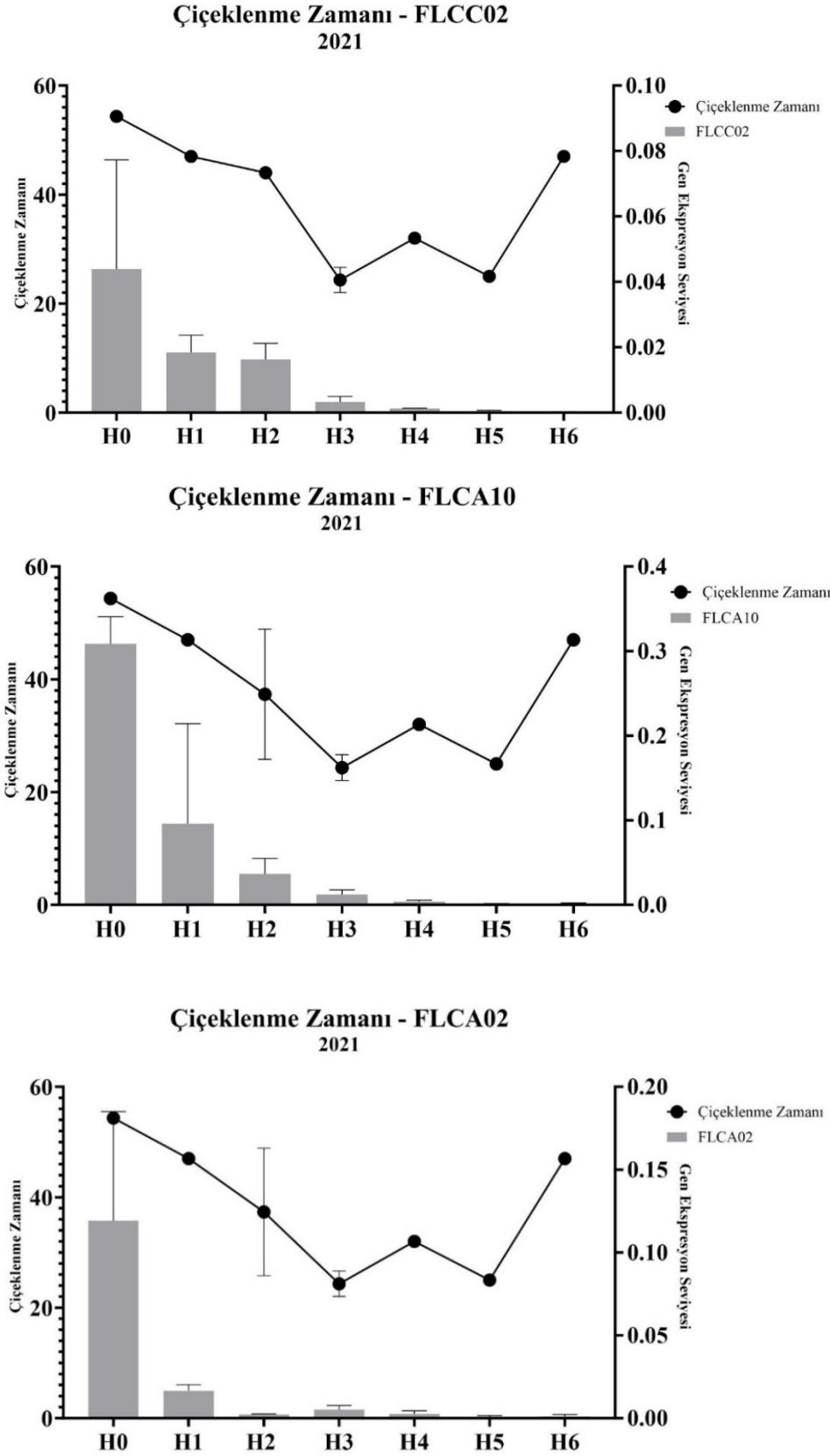
| Ç.z./Yıl  | 2021      | 2022      | 2023      |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>H0</b> | 55.33±1.9 | 54.67±1.9 | 77.33±5.2 |
| <b>H1</b> | 47        | 46.67±5.2 | 54.33±3.1 |
| <b>H2</b> | 44        | 44        | 47.00±0.8 |
| <b>H3</b> | 24.67±1.7 | 36.67±1.9 | 38.00±1.4 |
| <b>H4</b> | 32        | 43.00±2.2 | 41.00±1.6 |
| <b>H5</b> | 25        | 32.00±2.9 | 34.33±1.7 |
| <b>H6</b> | 47        | 41.67±4.1 | 39.00±0.8 |

#### 4.2.Darmor FLC Gen Ekspresyon Seviyeleri Karşılaştırılması

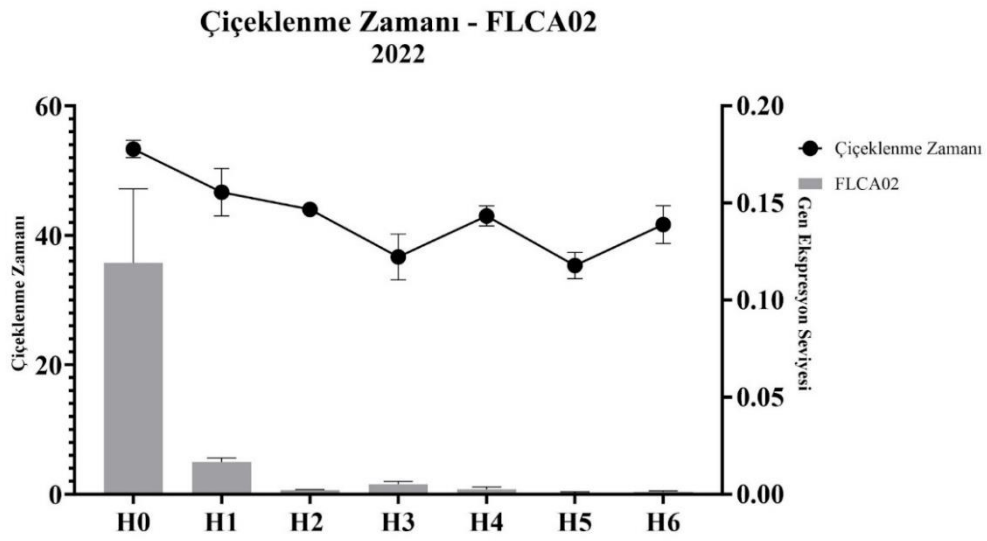
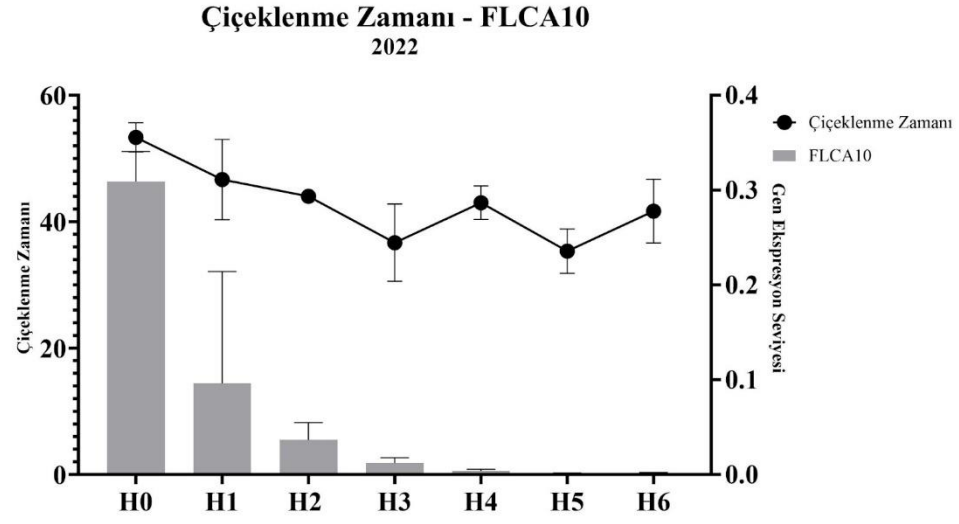
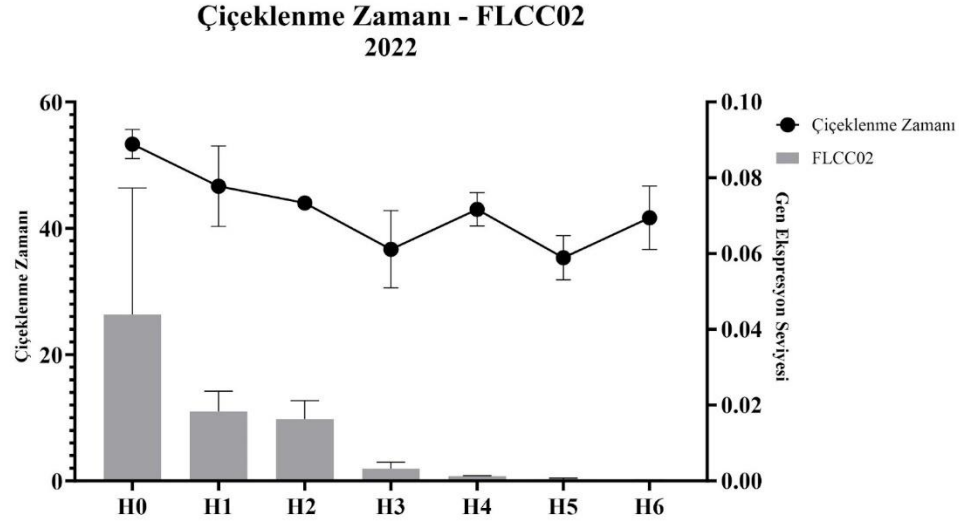


Şekil 4.1. Darmor 2021 çiçeklenme zamanı ve *FLCC02*, *FLCA10* ve *FCLA02* gen ekspresyon grafiği.

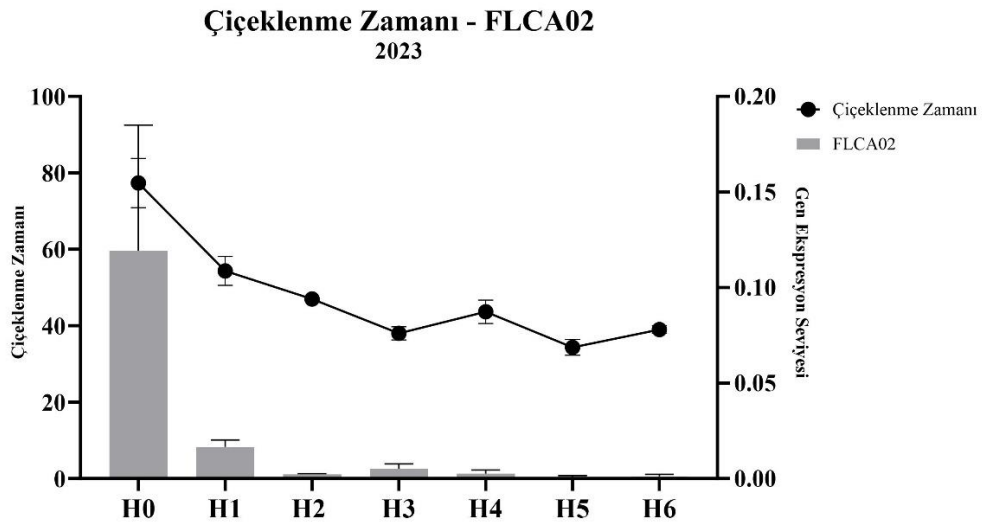
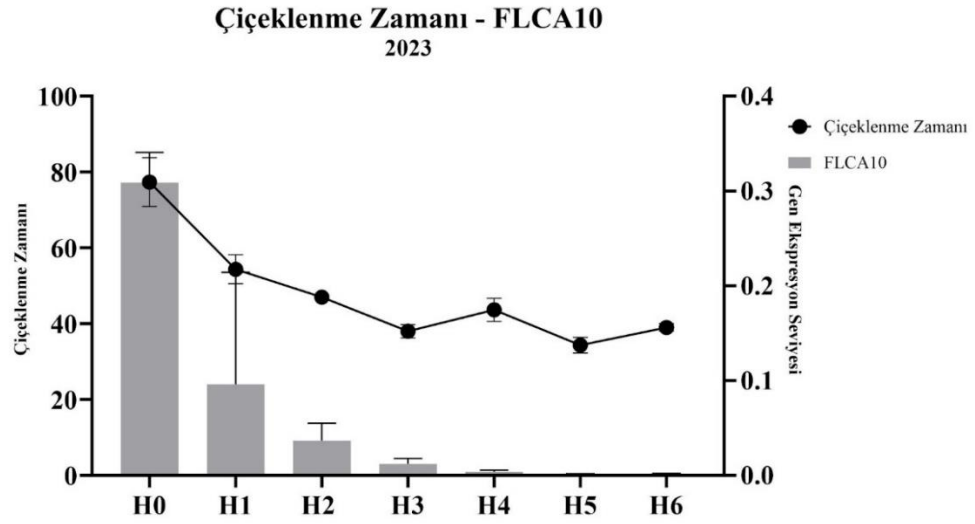
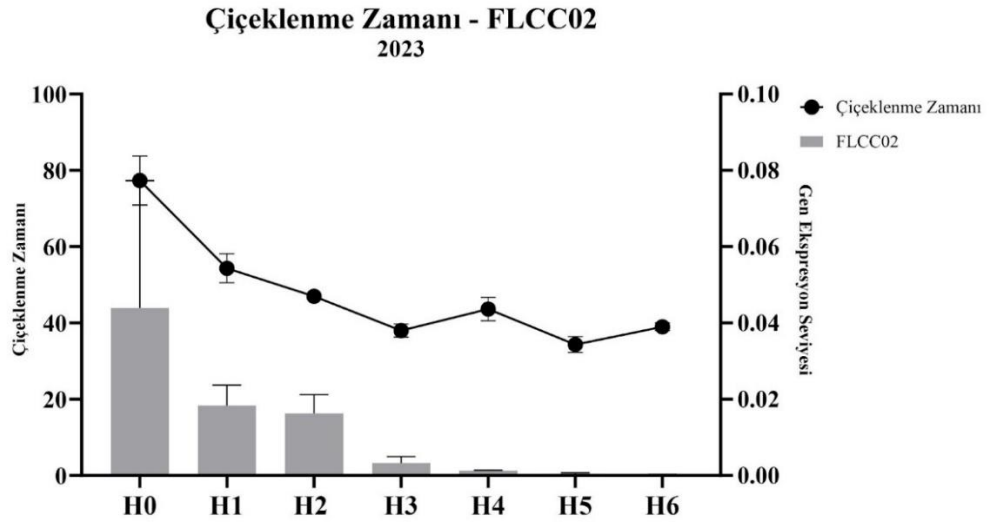
#### 4.3. Bristol, Helios Çiçeklenme Zamanı ve FLC Gen Ekspresyon Seviyeleri Karşılaştırılması



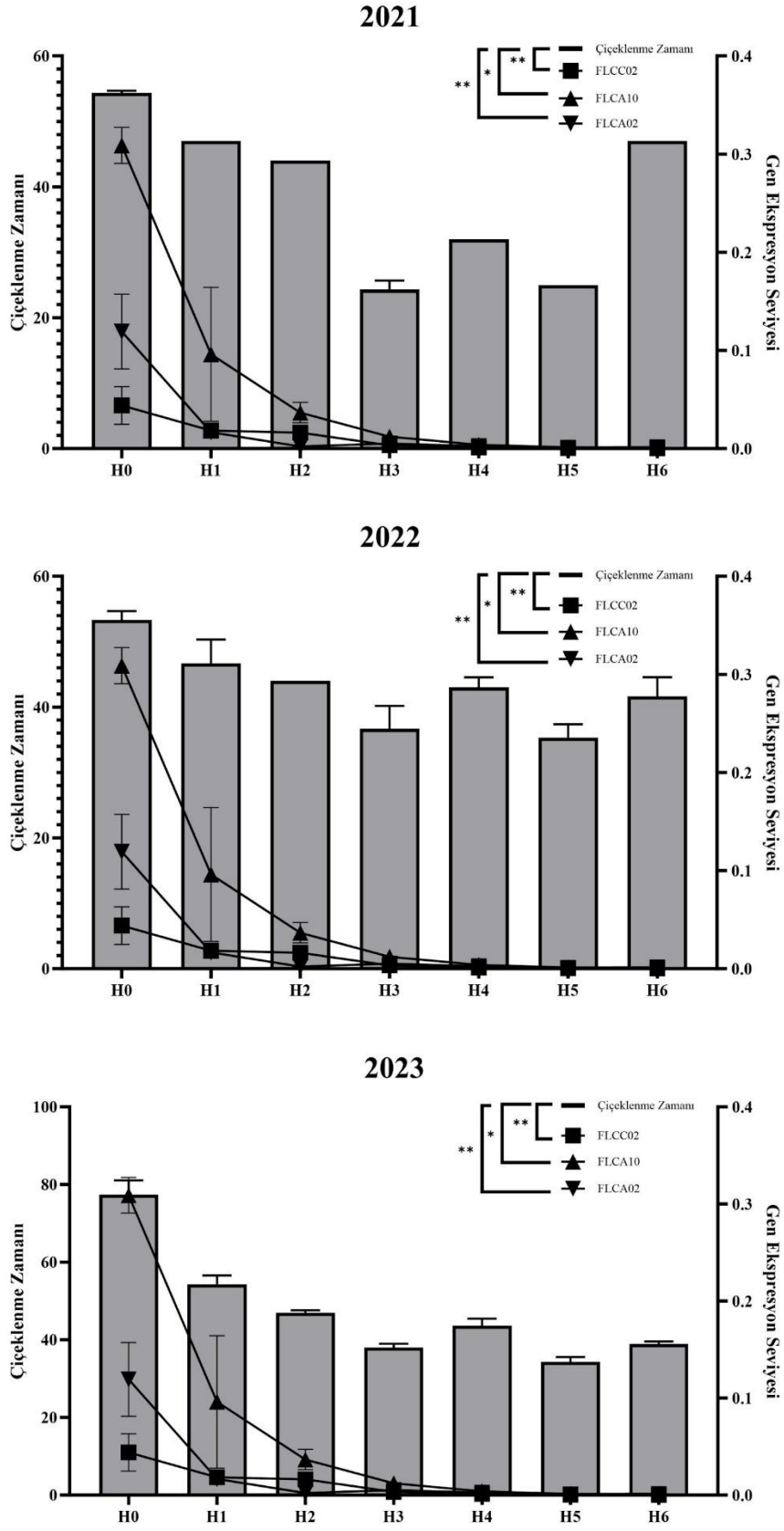
Şekil 4.2. Helios 2021 çiçeklenme zamanı ve FLCC02, FLCA10 ve FLCA02 gen ekspresyon grafiği.



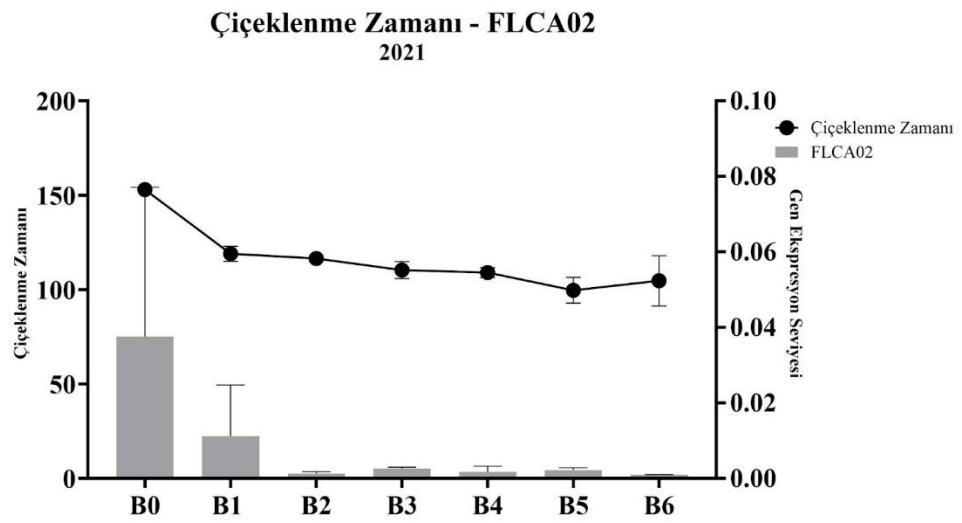
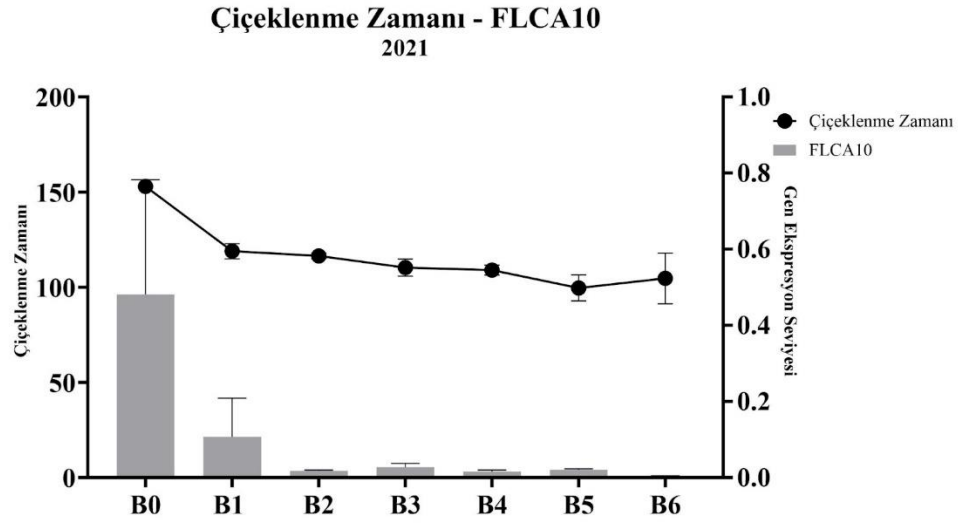
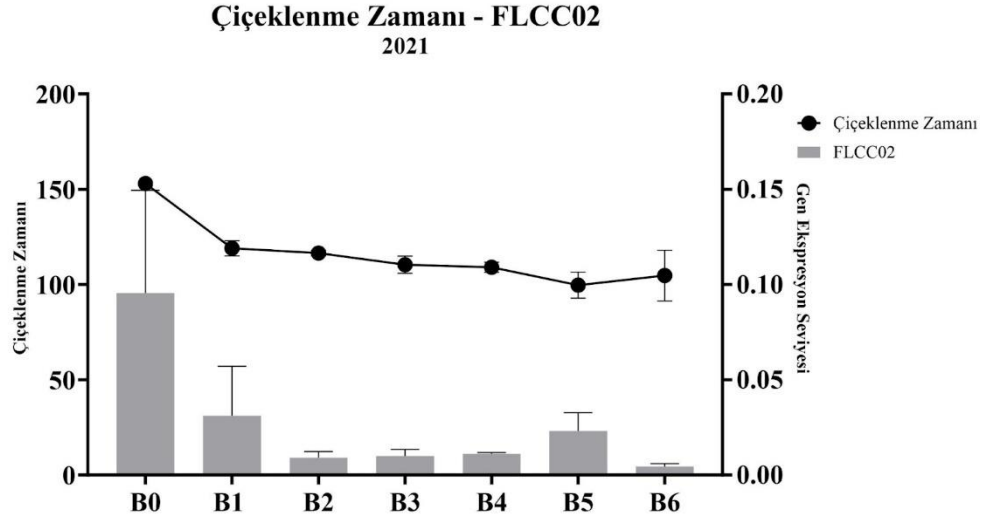
**Şekil 4.3.** *Helios* 2022 çiçeklenme zamanı ve *FLCC02*, *FLCA10* ve *FCLA02* gen ekspresyon grafiği.



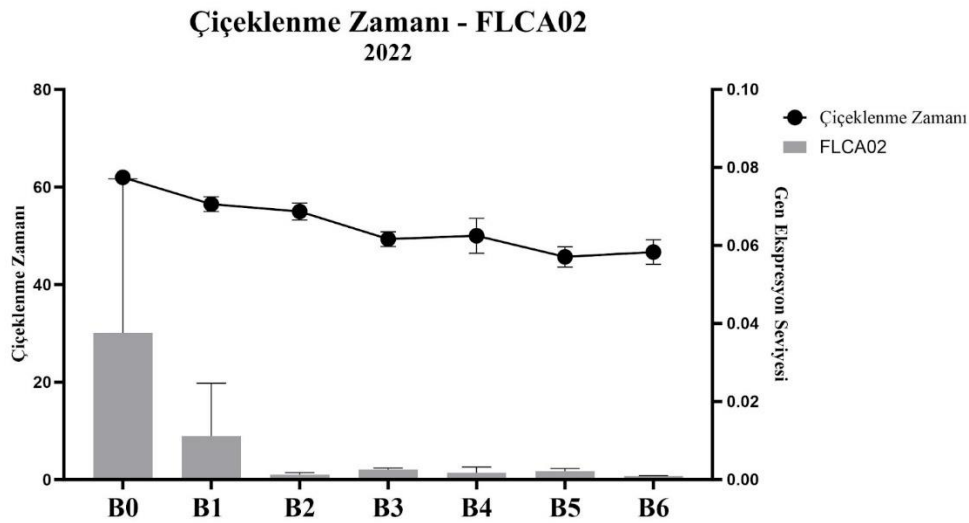
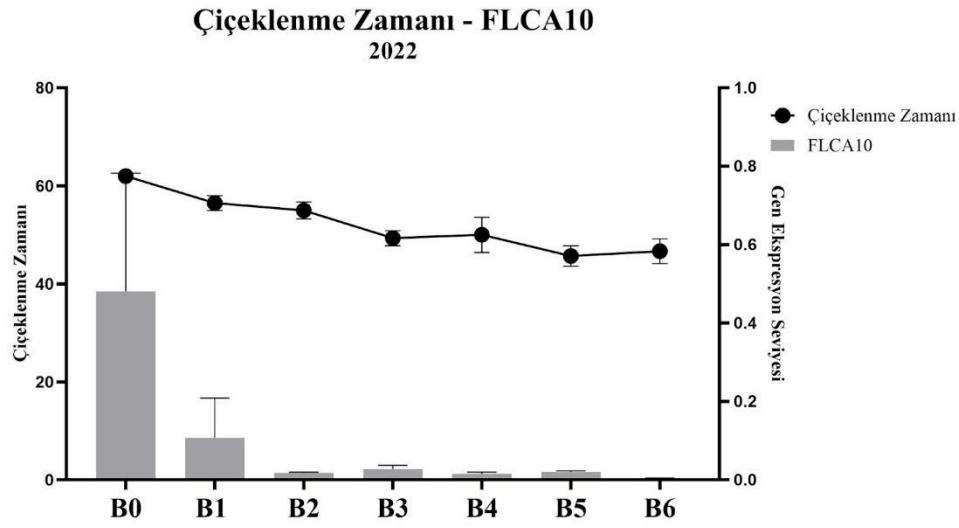
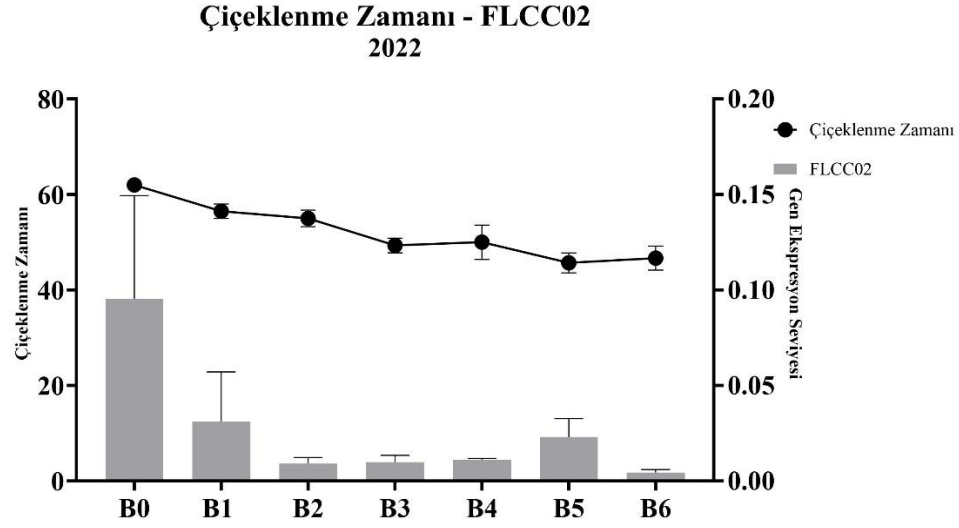
**Şekil 4.4.** *Helios* 2023 çiçeklenme zamanı ve *FLCC02*, *FLCA10* ve *FCLA02* gen ekspresyon grafiği.



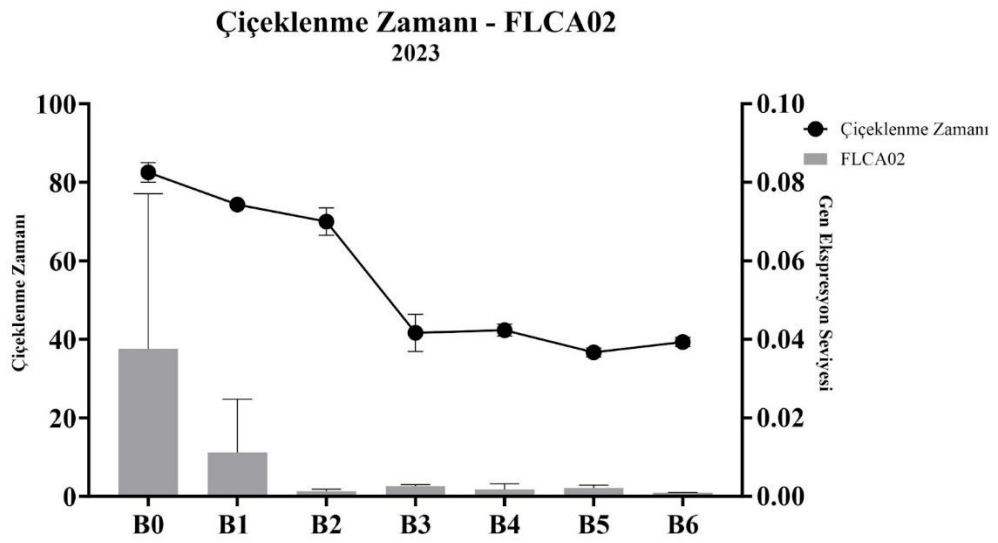
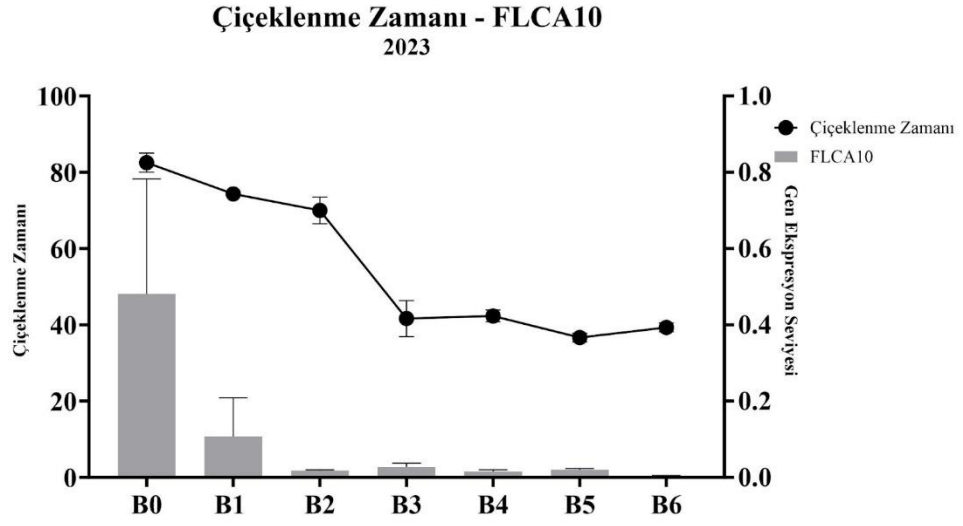
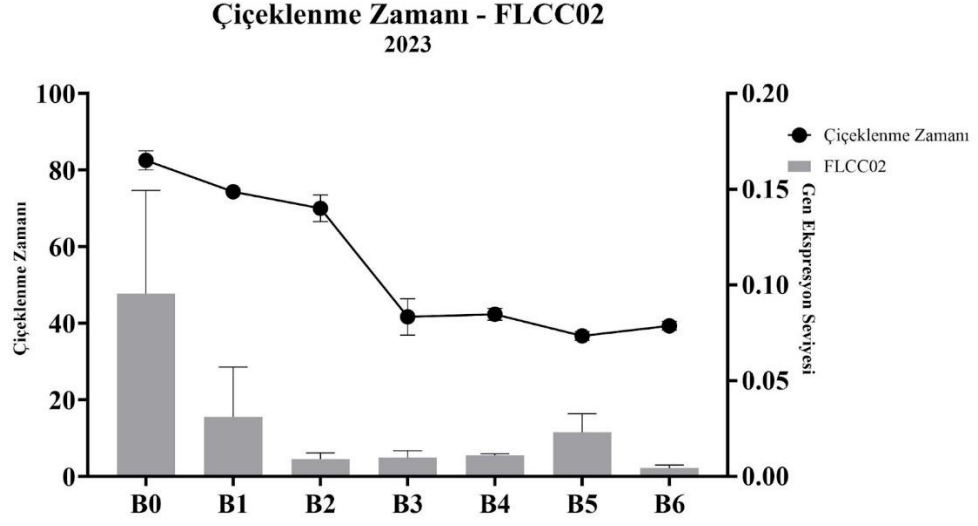
**Şekil 4.5.** *Helios* 2021, 2022, 2023 çiçeklenme zamanı ve *FLCC02*, *FLCA10* ve *FLCA02* gen ekspresyonlarının karşılaştırılması.



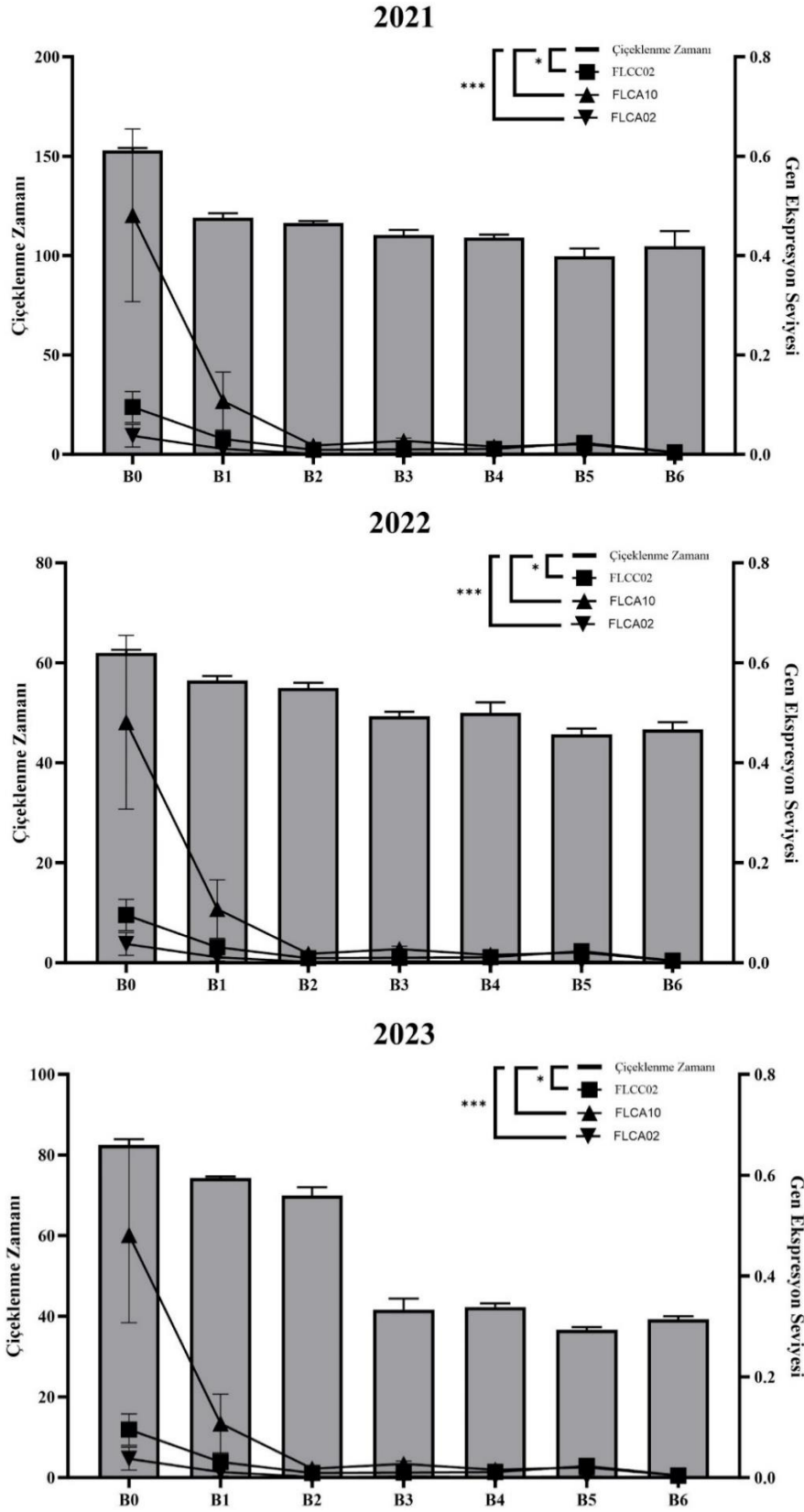
**Şekil 4.6.** Bristol 2021 çiçeklenme zamanı ve *FLCC02*, *FLCA10* ve *FCLA02* gen ekspresyon grafiği.



**Şekil 4.7.** *Bristol* 2022 çiçeklenme zamanı ve *FLCC02*, *FLCA10* ve *FCLA02* gen ekspresyon grafiği.



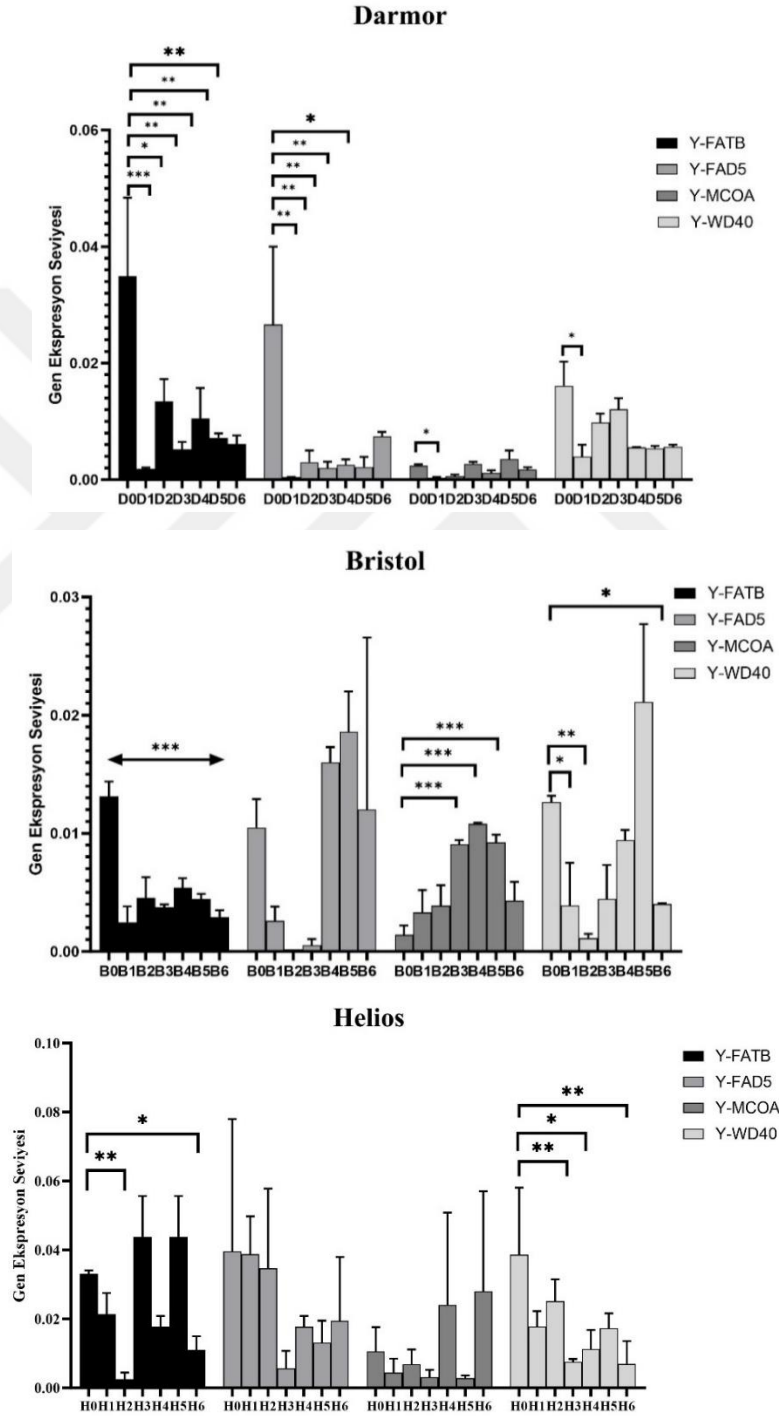
**Şekil 4.8.** Bristol 2023 çiçeklenme zamanı ve *FLCC02*, *FLCA10* ve *FCLA02* gen ekspresyon grafiği.



**Şekil 4.9.** Bristol 2021, 2022, 2023 çiçeklenme zamanı ve *FLCC02*, *FLCA10* ve *FLCA02* gen ekspresyonlarının karşılaştırılması.

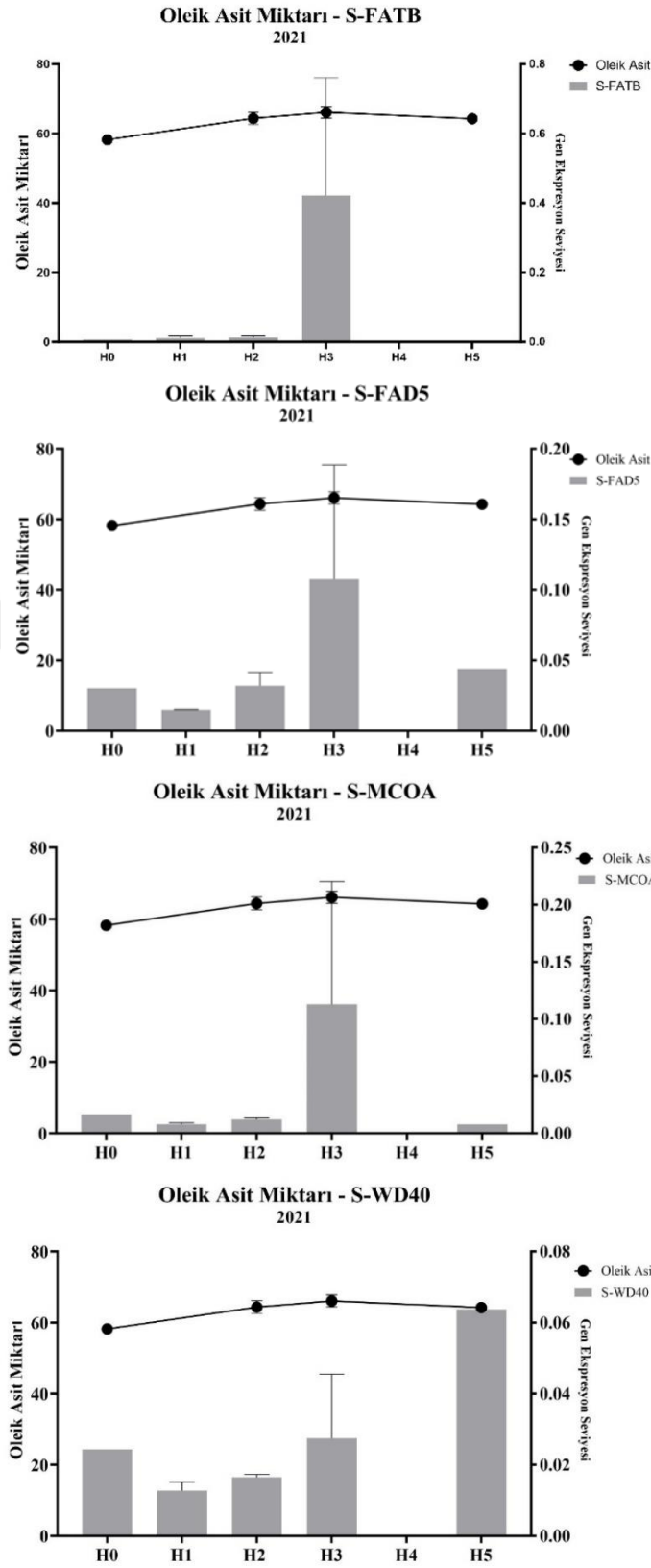
#### 4.3.Darmor, Bristol, Helios Vernalizasyon Sonrası Yaprak Yağ Genleri Ekspresyon Seviyesi

Darmor, Bristol, Helios vernalizasyona maruz kaldıktan hemen sonra yapraklardan örnekler alınıp *FATB*, *FAD5*, *MCOA* ve *WD40* genlerinin gen ekspresyon seviyelerine bakılmıştır.

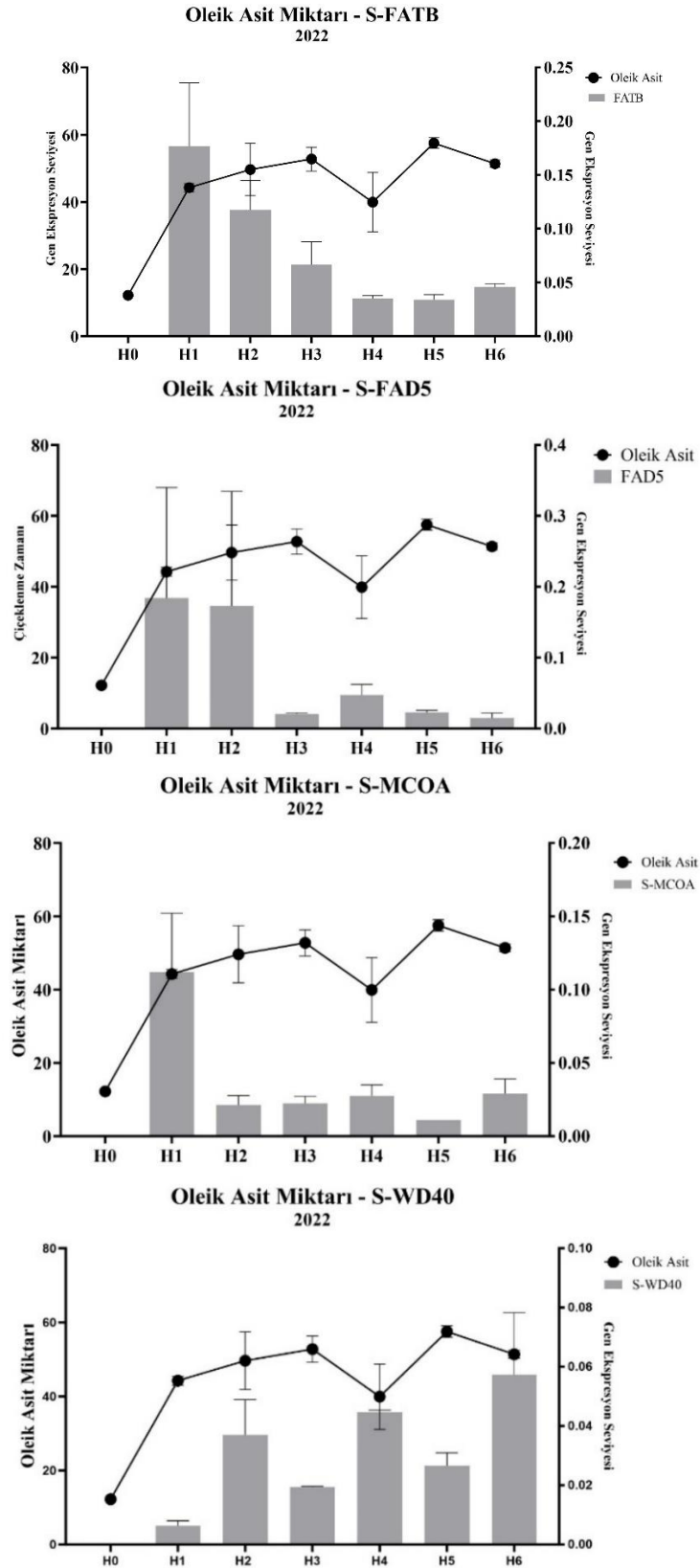


Şekil 4.10. Darmor, Bristol ve Helios yaprak yağ asidi genleri ekspresyon seviyesi.

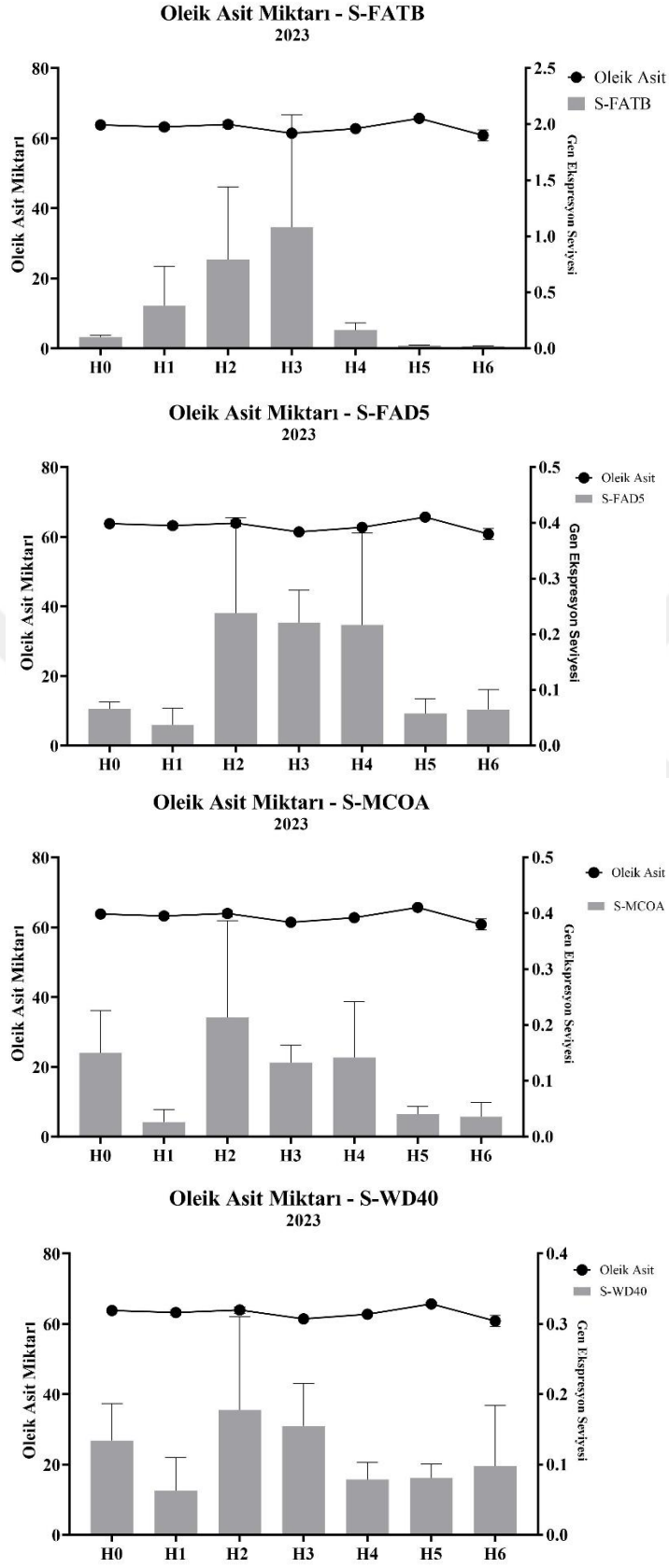
#### 4.4. *Helios*, *Bristol* Oleik Asit ve Silik Yağ Genleri Ekspresyon Seviyesi



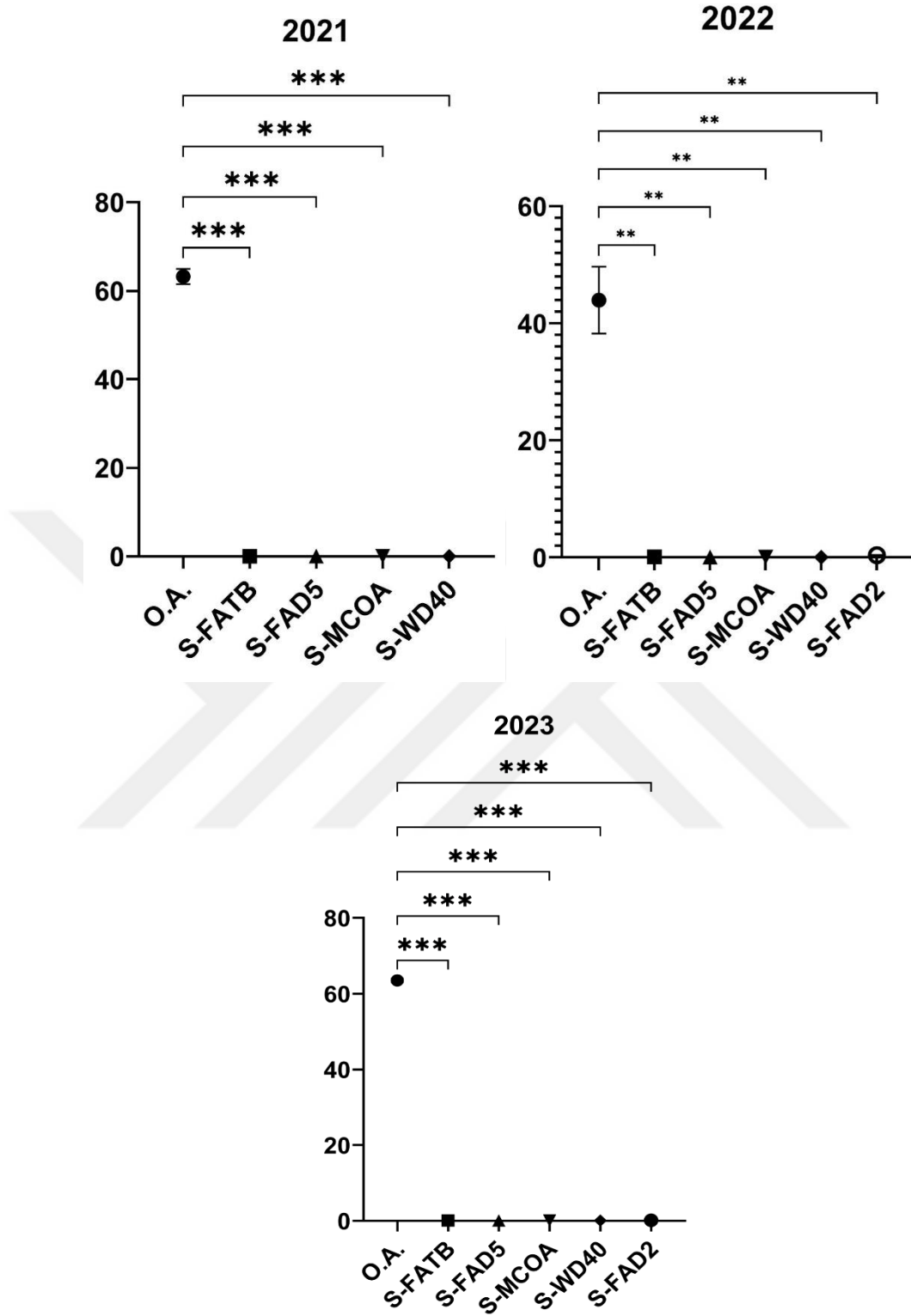
Şekil 4.11. *Helios* 2021 oleik asit miktarı ve silik yağ genleri (*FATB*, *FAD5*, *MCOA*, *WD40*) gen ekspresyon grafiği.



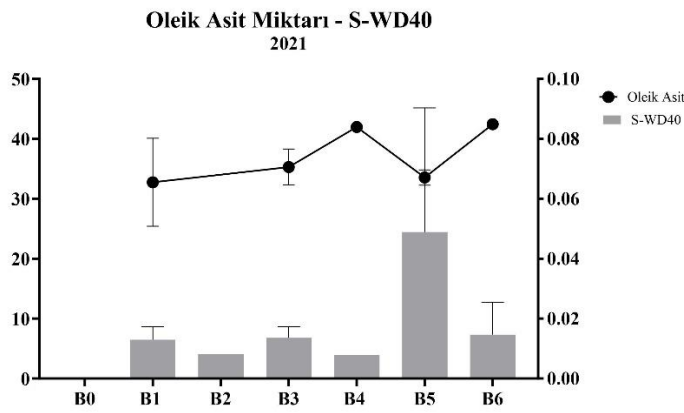
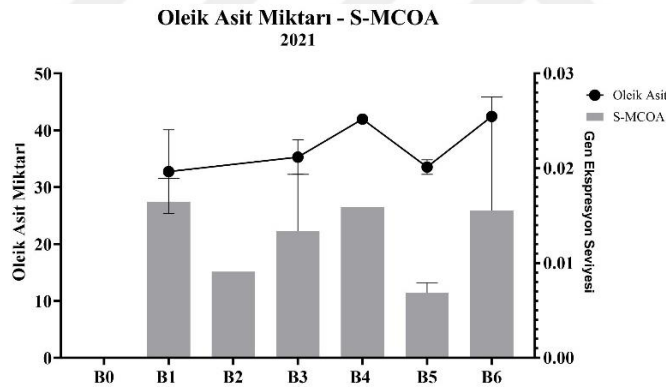
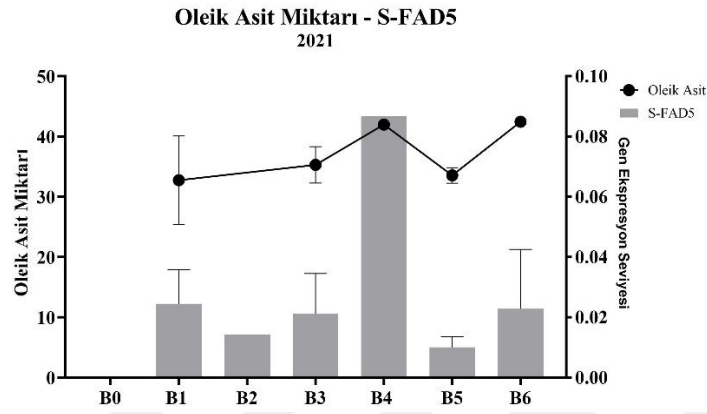
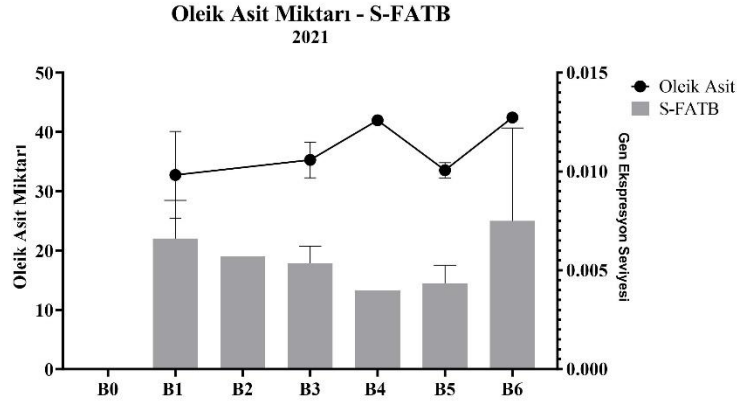
Şekil 4.12. *Helios* 2022 oleik asit miktarı ve silik yağ genleri (*FATB*, *FAD5*, *MCOA*, *WD40*) gen ekspresyon grafiği.



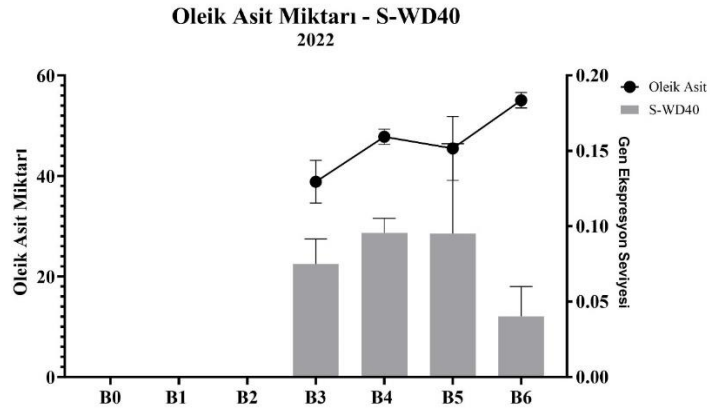
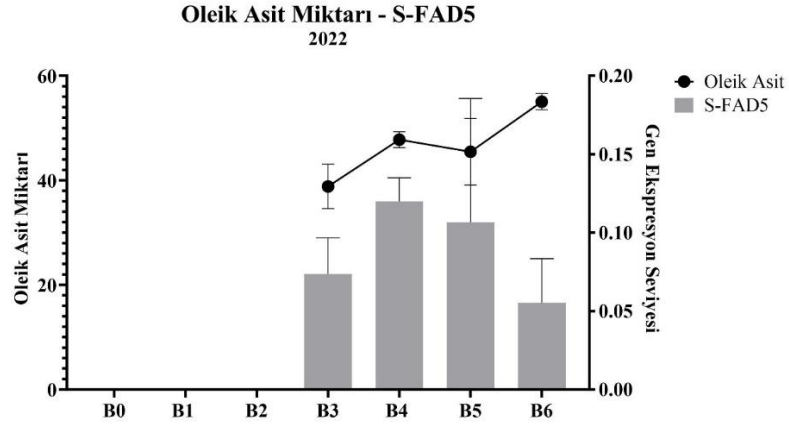
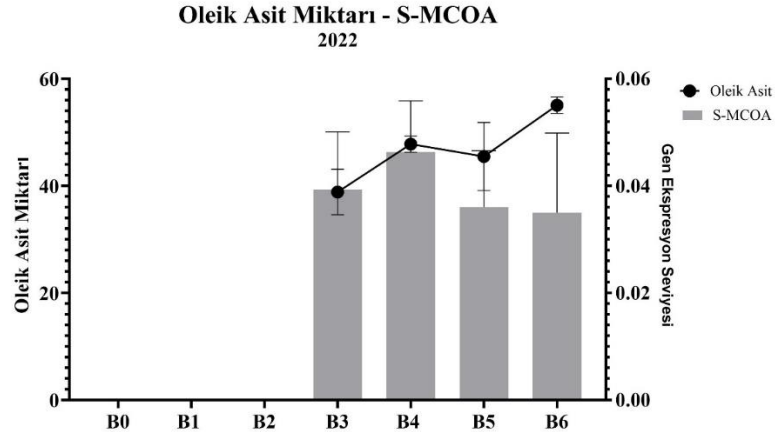
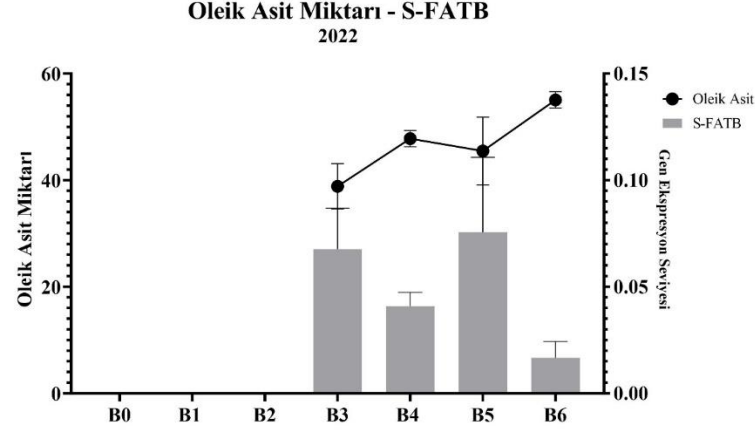
**Şekil 4.13.** *Helios* 2023 oleik asit miktarı ve silik yağ genleri (*FATB*, *FAD5*, *MCOA*, *WD40*) gen ekspresyon grafiği.



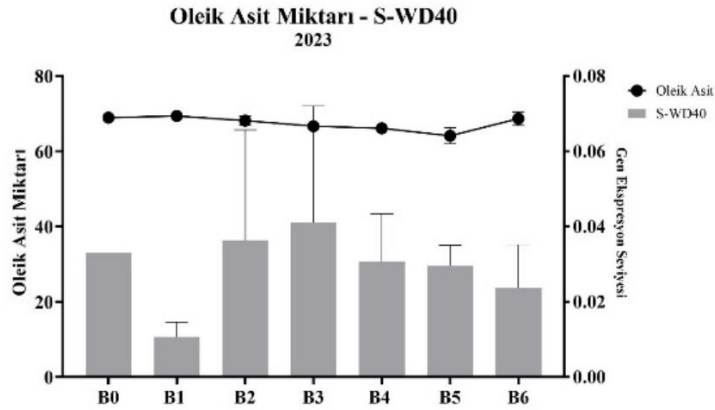
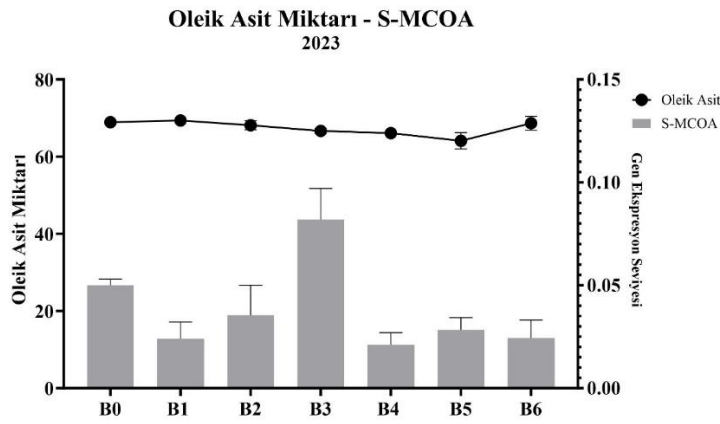
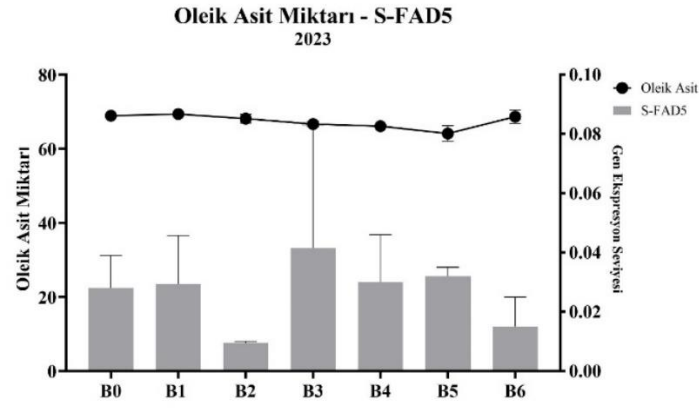
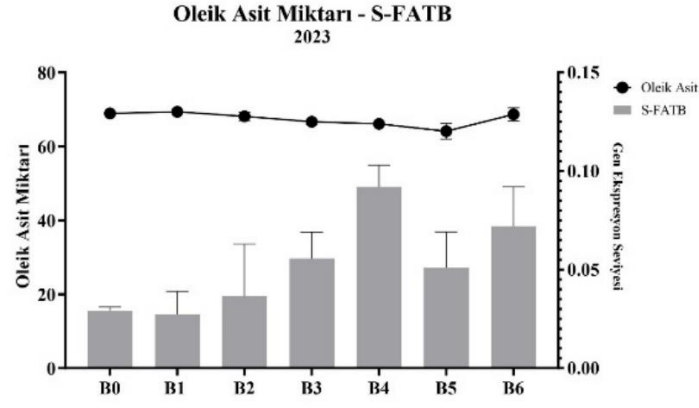
Şekil 4.14. *Helios* 2021, 2022, 2023 oleik asit miktarı ve silikte ölçülen *FATB*, *FAD5*, *MCOA*, *WD40*, *FAD2* gen ekspresyon seviyeleri ile analiz sonucu.



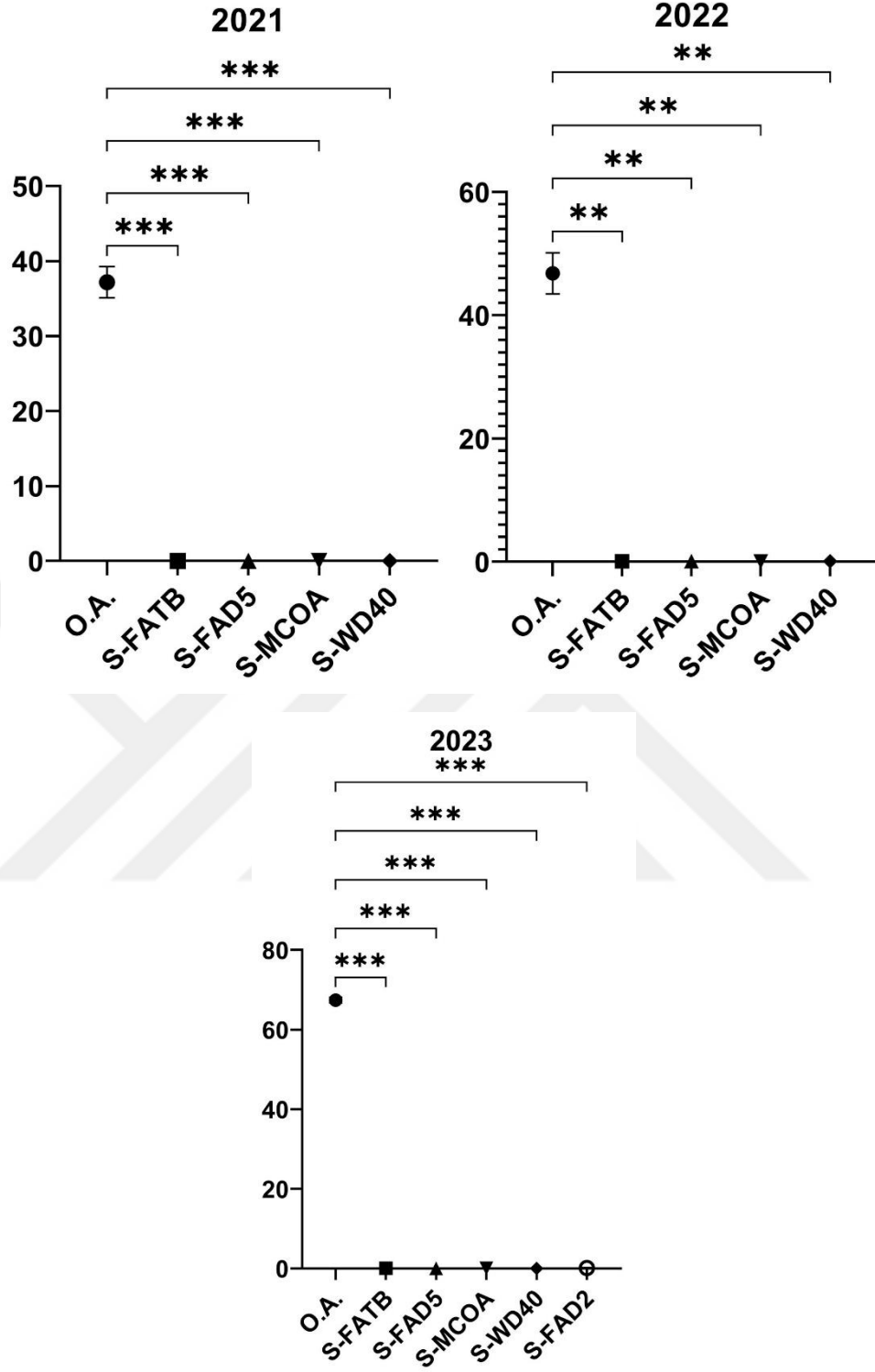
**Şekil 4.15.** Bristol 2021 oleik asit miktarı ve silik yağ genleri (*FATB*, *FAD5*, *MCOA*, *WD40*) gen ekspresyon grafiği.



**Şekil 4.16.** Bristol 2022 oleik asit miktarı ve silik yağ genleri (*FATB*, *FAD5*, *MCOA*, *WD40*) gen ekspresyon grafiği.



**Şekil 4.17.** Bristol 2023 oleik asit miktarı ve silik yağ genleri (*FATB*, *FAD5*, *MCOA*, *WD40*) gen ekspresyon grafiği.



**Şekil 4.18.** *Bristol* 2021-2022-2023 oleik asit miktarı ve silikte ölçülen *FATB*, *FAD5*, *MCOA*, *WD40*, *FAD2* gen ekspresyon seviyeleri ile analiz sonucu.

#### 4.5.Çiçeklenme Zamanı ve Bitkilerin Fizyolojik Parametrelerinin Karşılaştırılması

Tablo 4.2. *Bristol* ve *Helios* 2021, 2022, 2023 %oleik asit miktarları.

| %O.a./Yıl | 2021       | 2022      | 2023      |
|-----------|------------|-----------|-----------|
| <b>B0</b> |            |           | 68.93     |
| <b>B1</b> | 32.74±7.35 |           | 69.38±0.1 |
| <b>B2</b> |            |           | 68.14±1.2 |
| <b>B3</b> | 35.29±4.3  | 38.85±6   | 66.66±0.7 |
| <b>B4</b> | 41.97±0.09 | 47.79±2.1 | 66.10     |
| <b>B5</b> | 33.53±1.3  | 45.47±9   | 64.09±2.1 |
| <b>B6</b> | 42.43      | 55.05±2.1 | 68.64±1.8 |

| %O.a./Yıl | 2021      | 2022      | 2023      |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>H0</b> | 58.23     | 12.23±0.1 | 63.94±1   |
| <b>H1</b> |           | 44.26±1.7 | 63.22±1.1 |
| <b>H2</b> | 64.38±1.8 | 49.60±7.8 | 63.75±1.3 |
| <b>H3</b> | 66.1±1.7  | 52.75±5   | 61.41±0.3 |
| <b>H4</b> |           | 39.91±8.8 | 62.72±0.7 |
| <b>H5</b> | 64.26±1.2 | 57.52±2.2 | 65.69±0.8 |
| <b>H6</b> |           | 51.38±1.5 | 63.75±2.2 |

**Tablo 4.3.** *Bristol* ve *Helios* 2021, 2022, 2023 %yağ miktarları.

| %Yağ/Yıl  | 2021      | 2022      | 2023      |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>B0</b> |           |           | 39.29±1.1 |
| <b>B1</b> | 19.13±4.6 |           | 35.48±4.2 |
| <b>B2</b> |           |           | 40.23±1.5 |
| <b>B3</b> | 16.72±4.1 | 28.03±5.6 | 29.40±5   |
| <b>B4</b> | 14.13±0.2 | 32.08±0.7 | 32.18±6.8 |
| <b>B5</b> | 10.56±0.1 | 30.13±0.9 | 31.92±2.5 |
| <b>B6</b> | 21.14     | 40.72±2.6 | 30.91±1.2 |

| %Yağ/Yıl  | 2021  | 2022      | 2023      |
|-----------|-------|-----------|-----------|
| <b>H0</b> | 22.64 | 7.74±1.7  | 15.52±1.8 |
| <b>H1</b> | 34.96 | 30.17±2.9 | 31.82±2.2 |
| <b>H2</b> | 23.93 | 29.71±3.6 | 30.33±2   |
| <b>H3</b> | 47.32 | 45.56±4.5 | 37.96±1.3 |
| <b>H4</b> |       | 28.39±2.7 | 37.52±6.4 |
| <b>H5</b> | 45.22 | 43.63±4.6 | 35.16±1.7 |
| <b>H6</b> |       | 33.43±3.8 | 34.55±0.2 |

**Tablo 4.4.** *Bristol* ve *Helios* 2021, 2022, 2023 %linoleik asit miktarları.

| %L.a./Yıl | 2021      | 2022      | 2023       |
|-----------|-----------|-----------|------------|
| <b>B0</b> |           |           | 16.26      |
| <b>B1</b> | 37.17±3.1 |           | 15.45±0.3  |
| <b>B2</b> |           |           | 16.02±0.8  |
| <b>B3</b> | 36.03±2.4 | 36.22±3.7 | 16.385±1.9 |
| <b>B4</b> | 32.56±0.1 | 30.19±2.4 | 15.95±0.6  |
| <b>B5</b> | 38.28±0.4 | 31.38±3.6 | 18.245±2.4 |
| <b>B6</b> | 31.25±0.9 | 25.22±1.4 | 15.1±0.4   |

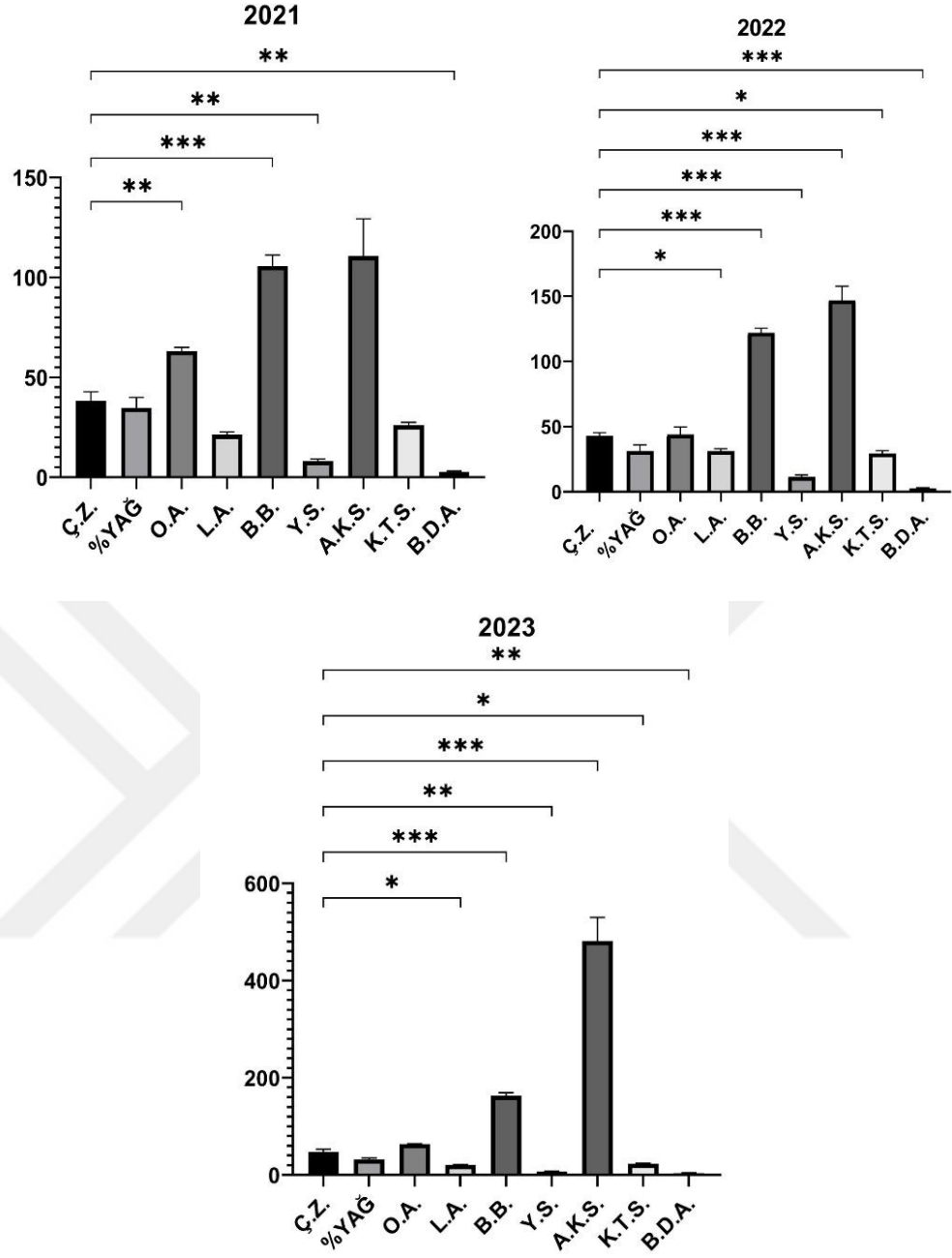
| %L.a./Yıl | 2021      | 2022      | 2023       |
|-----------|-----------|-----------|------------|
| <b>H0</b> | 25.29     | 37.4±3.3  | 20.16±0.6  |
| <b>H1</b> |           | 33.7±0.5  | 21.49±0.5  |
| <b>H2</b> | 20.43±1.6 | 30.6±5.4  | 20.81±0.9  |
| <b>H3</b> | 18.93±1.6 | 27.84±3.2 | 22.46±0.6  |
| <b>H4</b> |           | 35.85±5   | 21.345±0.5 |
| <b>H5</b> | 20.4±0.7  | 24.32±1.3 | 18.19±1.0  |
| <b>H6</b> |           | 28.94±1.5 | 20.36±1.5  |

**Tablo 4.5.** *Bristol* 2021, 2022, 2023 fizyolojik parametreler.

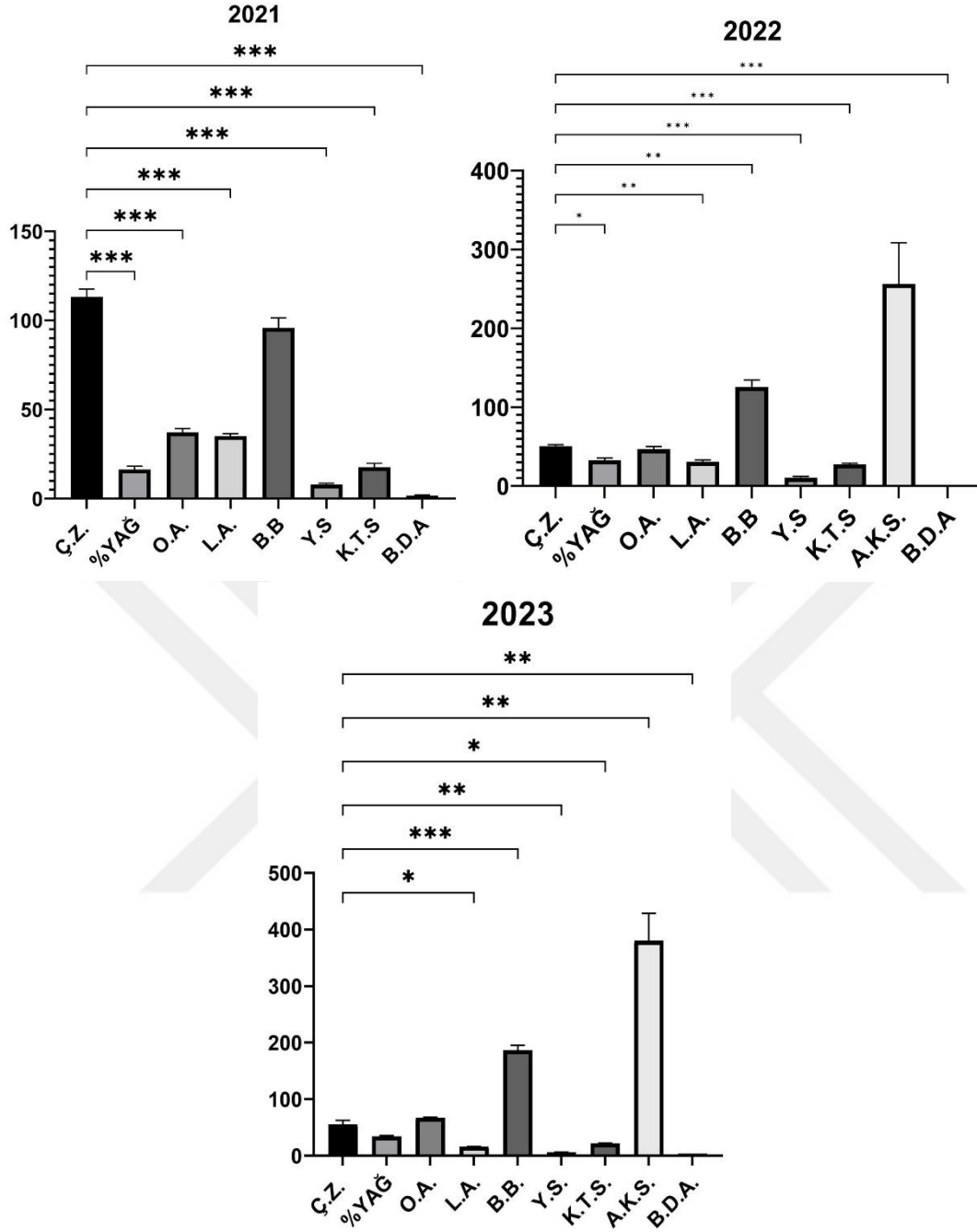
| <b>2021</b> |             |               |                        |                          |                   |
|-------------|-------------|---------------|------------------------|--------------------------|-------------------|
|             | Bitki boyu  | Yandal sayısı | Kapsüldeki tane sayısı | Anadaldaki kapsül sayısı | Bin dane ağırlığı |
| <b>B0</b>   |             |               |                        |                          |                   |
| <b>B1</b>   | 106±5.7     | 5.5±0.4       | 21.61±6.5              |                          | 1.88              |
| <b>B2</b>   | 71          | 9             | 8.8                    |                          |                   |
| <b>B3</b>   | 96±2.2      | 7±0.8         | 18.73±5.2              |                          | 1.66              |
| <b>B4</b>   | 104.5±4.5   | 7±2.5         | 18.8±4.3               |                          | 1.46              |
| <b>B5</b>   | 90.5±5.3    | 9             | 14.4±1.5               |                          | 1.57              |
| <b>B6</b>   | 107         | 10            | 23.6±2.3               |                          | 2.41              |
| <b>2022</b> |             |               |                        |                          |                   |
|             | Bitki boyu  | Yandal sayısı | Kapsüldeki tane sayısı | Aandaldaki kapsül sayısı | Bin dane ağırlığı |
| <b>B0</b>   |             |               |                        |                          |                   |
| <b>B1</b>   | 107.5±      |               |                        |                          |                   |
| <b>B2</b>   | 100.5±8.5   |               |                        |                          |                   |
| <b>B3</b>   | 133.67±16.5 | 11±9±9.8      | 25.9±9.8               | 240.5±87.1               | 3.17              |
| <b>B4</b>   | 152±0.8     | 13.67±2.5     | 25.13±1.7              | 303.33±20.7              | 3.02              |
| <b>B5</b>   | 117±12      | 6.5±0.5       | 30.4±9.1               | 118.5±39.5               | 3.03              |
| <b>B6</b>   | 144.67±3.9  | 11.67±1.2     | 29±0.8                 | 362.67±18                | 3.76              |
| <b>2023</b> |             |               |                        |                          |                   |
|             | Bitki boyu  | Yandal sayısı | Kapsüldeki tane sayısı | Anadaldaki kapsül sayısı | Bin dane ağırlığı |
| <b>B0</b>   | 190.67±8.2  | 7.33±0.5      | 21.13±3.3              | 297.5±38.5               | 3.85±0.2          |
| <b>B1</b>   | 178.67±2.5  | 6.33±0.5      | 21.53±3.1              | 346±28                   | 3.987±0.3         |
| <b>B2</b>   | 177.33±8.5  | 7±0.8         | 24±2.1                 | 483.67±13.9              | 3.751±0.3         |
| <b>B3</b>   | 190.33±12   | 7.33±0.9      | 22±9                   | 604±326.91               | 3.641±0.1         |
| <b>B4</b>   | 203±15.7    | 5.67±1.2      | 22.6±5                 | 317±106.2                | 3.479             |
| <b>B5</b>   | 219.33±4.6  | 5.33±0.4      | 22.93±10               | 395.67±54.7              | 3.604±0.1         |
| <b>B6</b>   | 149         | 4             | 17.8                   | 216                      | 3.674             |

**Tablo 4.6.** *Helios* 2021, 2022, 2023 fizyolojik parametreler.

| <b>2021</b> |             |               |                          |                        |                   |
|-------------|-------------|---------------|--------------------------|------------------------|-------------------|
|             | Bitki boyu  | Yandal sayısı | Anadaldaki kapsül sayısı | Kapsüldeki tane sayısı | Bin dane ağırlığı |
| <b>H0</b>   | 94.5±1.5    | 6.5±1.5       | 119±7                    | 20.4±                  | 3.278             |
| <b>H1</b>   | 113.33±11.3 | 10.67±2.1     | 166                      | 25.2                   | 0.792             |
| <b>H2</b>   | 109±9.4     | 10.33±4.5     | 53.33±10.3               | 28.4                   | 2.740             |
| <b>H3</b>   | 91.67±10.1  | 6             | 93±22                    | 28.8                   | 2.786             |
| <b>H4</b>   |             |               |                          |                        |                   |
| <b>H5</b>   | 120.33±5.7  | 7.33±1.9      | 122.67±54.3              | 27.2                   | 3.569             |
| <b>H6</b>   |             |               |                          |                        |                   |
| <b>2022</b> |             |               |                          |                        |                   |
|             | Bitki boyu  | Yandal sayısı | Anadaldaki kapsül sayısı | Kapsüldeki tane sayısı | Bin dane ağırlığı |
| <b>H0</b>   | 110.33±5.6  | 17.33±1.7     | 158.66±16.3              | 24.2±2.8               | 0.144             |
| <b>H1</b>   | 109.33±26.2 | 16±0.8        | 223±2.4                  | 27.8±6.7               | 2.317             |
| <b>H2</b>   | 124.33±1.7  | 12.33±0.5     | 228±7.8                  | 31.2±1.2               | 2.737             |
| <b>H3</b>   | 131.67±5.7  | 8.67±0.9      | 275±43                   | 29.2±8.8               | 3.517             |
| <b>H4</b>   | 130.33±5.4  | 7.33±0.5      | 149.33±38                | 25.2±10                | 3.417             |
| <b>H5</b>   | 127.33±0.5  | 10.33±2.6     | 288±91.1                 | 41.2±6.5               | 3.732             |
| <b>H6</b>   | 121±2.9     | 8±0.8         | 168±54.2                 | 26.66±10.5             | 2.982             |
| <b>2023</b> |             |               |                          |                        |                   |
|             | Bitki boyu  | Yandal sayısı | Anadaldaki kapsül sayısı | Kapsüldeki tane sayısı | Bin dane ağırlığı |
| <b>H0</b>   | 175.33±0.9  | 9.67±0.5      | 467.33±12.7              | 122±3.6                | 4.424             |
| <b>H1</b>   | 157.67±10.7 | 6.67±0.5      | 425.67±30.5              | 94±29.2                | 4.567             |
| <b>H2</b>   | 161±4.5     | 8±4.0         | 655.33±4                 | 1316.5                 | 4.345             |
| <b>H3</b>   | 170±9.9     | 8             | 475.33±27.2              | 101.67±7               | 4.235             |
| <b>H4</b>   | 158.33±1.2  | 6.33±0.5      | 367.67±9.7               | 113.67±5.6             | 4.423             |
| <b>H5</b>   | 185.33±3.1  | 6             | 653.33±35                | 129.67±2.4             | 4.039             |
| <b>H6</b>   | 135±4.1     | 5.33±0.5      | 323.33±25.2              | 112.57.9               | 3.367             |



**Şekil 4.19.** *Helios* 2021, 2022, 2023 çiçeklenme zamanı ve %yağ, oleik asit (O.A.), linoleik asit (L.A.), bitki boyu (BB), yandal sayısı (Y.S.), anadaldaki kapsül sayısı (A.K.S.), bin dane ağırlığı (B.D.A.) ile analiz sonucu.



**Şekil 4.20.** Bristol 2021-2022-2023 çiçeklenme zamanı ve %yağ, oleik asit (O.A.), linoleik asit (L.A.), bitki boyu (BB), yandal sayısı (Y.S.), anadaldaki kapsül sayısı (A.K.S.), bin dane ağırlığı (B.D.A.) ile analiz sonucu.

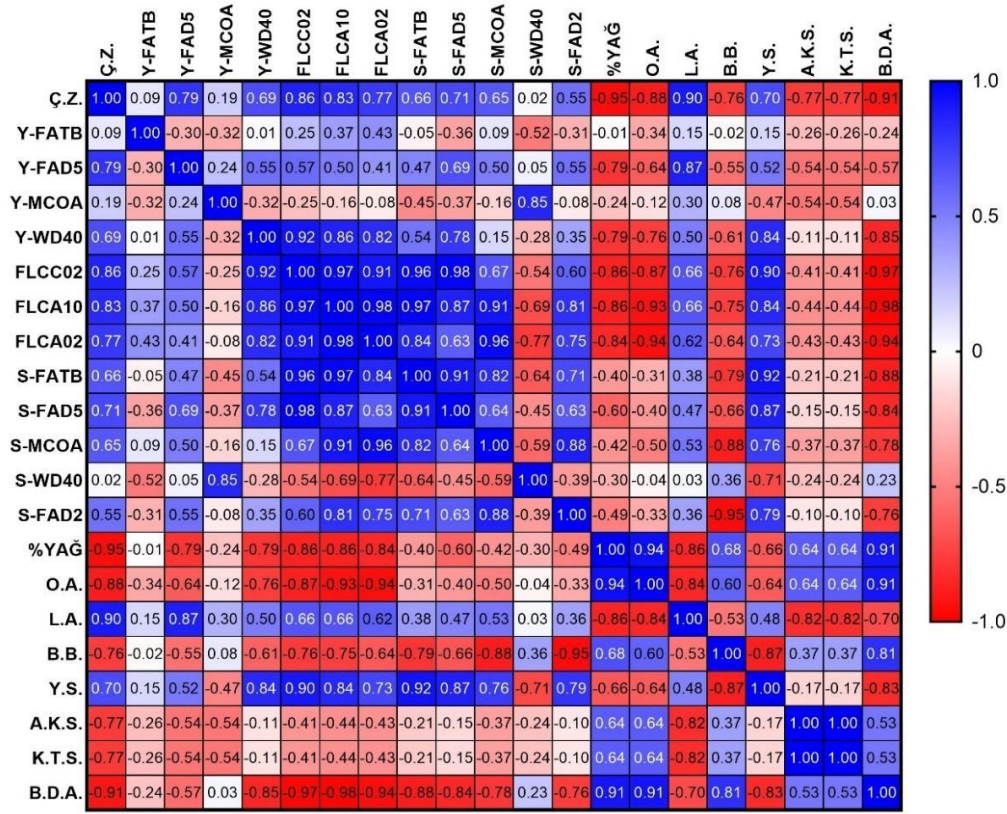
#### 4.6. Pearson Korelasyon Katsayısı

Helios ve Bristol 2021, 2022, 2023 yılına ait 7 modelin çiçeklenme zamanı (Ç.Z.), yaprak ve silikte FATB/FAD5/ MCOA/WD40/FAD2 gen ekspresyon seviyesi ile yaprak FLCC02, FLCA10, FLCA02 gen ekspresyon seviyeleri, %Yağ, oleik asit (O.A.), linoleik asit (L.A.), bitki boyu (B.B.), yandal sayısı (Y.S.), anadaldaki kapsül sayısı (A.K.S.), kapsüldeki tane sayısı (K.T.S.) ve bin dane ağırlığı (B.D.A.) arasındaki korelasyon, Pearson korelasyon katsayısı ile hesaplandı.

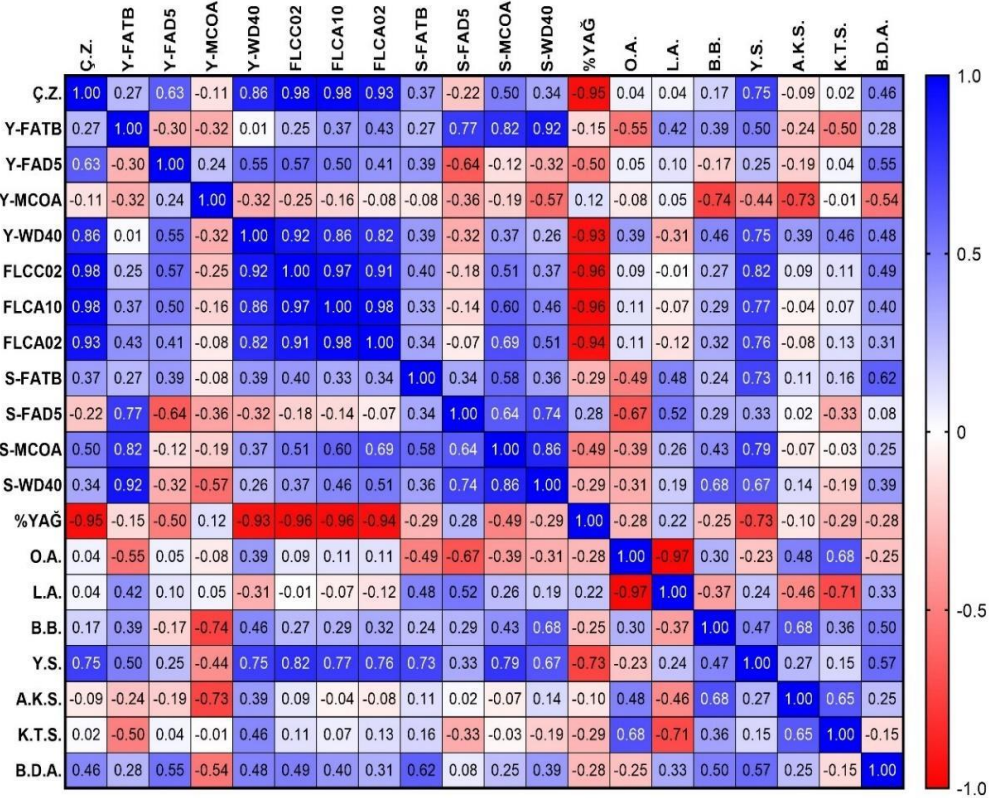
Tablo 4.7. 2021 *Helios* korelasyon katsayıları.

|        | Ç.Z.  | Y-FATB | Y-FAD5 | Y-MCOA | Y-WD40 | FLCC02 | FLCA10 | FLCA02 | S-FATB | S-FAD5 | S-MCOA | S-WD40 | %YAĞ  | O.A.  | L.A.  | B.B.  | Y.S.  | A.K.S. | K.T.S. | B.D.A. |
|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Ç.Z.   | 1.00  | -0.08  | 0.62   | 0.31   | 0.56   | 0.73   | 0.73   | 0.67   | -0.05  | -0.69  | -0.51  | -0.59  | -0.74 | -0.93 | 0.94  | -0.19 | 0.27  | 0.34   | -0.86  | -0.33  |
| Y-FATB | -0.08 | 1.00   | -0.30  | -0.32  | 0.01   | 0.25   | 0.37   | 0.43   | 0.70   | 0.64   | 0.74   | -0.05  | 0.63  | -0.12 | 0.10  | -0.76 | -0.75 | 0.27   | -0.25  | 0.05   |
| Y-FAD5 | 0.62  | -0.30  | 1.00   | 0.24   | 0.55   | 0.57   | 0.50   | 0.41   | -0.21  | -0.86  | -0.70  | -0.62  | -0.85 | -0.76 | 0.78  | 0.09  | 0.60  | 0.20   | -0.63  | -0.42  |
| Y-MCOA | 0.31  | -0.32  | 0.24   | 1.00   | -0.32  | -0.25  | -0.16  | -0.08  | -0.18  | -0.45  | -0.36  | -0.43  | -0.87 | -0.89 | 0.90  | -0.42 | -0.03 | -0.14  | -0.78  | 0.17   |
| Y-WD40 | 0.56  | 0.01   | 0.55   | -0.32  | 1.00   | 0.92   | 0.86   | 0.82   | -0.48  | -0.64  | -0.61  | -0.20  | -0.92 | -0.93 | 0.93  | -0.13 | 0.04  | -0.04  | -0.81  | 0.24   |
| FLCC02 | 0.73  | 0.25   | 0.57   | -0.25  | 0.92   | 1.00   | 0.97   | 0.91   | -0.06  | -0.51  | -0.36  | -0.50  | -0.78 | -0.93 | 0.94  | -0.40 |       | 0.13   | -0.90  | -0.04  |
| FLCA10 | 0.73  | 0.37   | 0.50   | -0.16  | 0.86   | 0.97   | 1.00   | 0.98   | -0.05  | -0.41  | -0.28  | -0.33  | -0.60 | -0.97 | 0.97  | -0.45 | -0.20 | 0.26   | -0.96  | 0.05   |
| FLCA02 | 0.67  | 0.43   | 0.41   | -0.08  | 0.82   | 0.91   | 0.98   | 1.00   | -0.07  | -0.28  | -0.19  | -0.20  | -0.54 | -0.96 | 0.96  | -0.51 | -0.37 | 0.20   | -0.94  | 0.22   |
| S-FATB | -0.05 | 0.70   | -0.21  | -0.18  | -0.48  | -0.06  | -0.05  | -0.07  | 1.00   | 0.57   | 0.79   | -0.57  | 0.99  | 0.30  | -0.31 | -0.66 | -0.15 | 0.07   | 0.17   | -0.48  |
| S-FAD5 | -0.69 | 0.64   | -0.86  | -0.45  | -0.64  | -0.51  | -0.41  | -0.28  | 0.57   | 1.00   | 0.96   | 0.20   | 0.77  | 0.63  | -0.64 | -0.56 | -0.68 | -0.36  | 0.50   | 0.34   |
| S-MCOA | -0.51 | 0.74   | -0.70  | -0.36  | -0.61  | -0.36  | -0.28  | -0.19  | 0.79   | 0.96   | 1.00   | -0.07  | 0.84  | 0.50  | -0.51 | -0.70 | -0.58 | -0.27  | 0.41   | 0.11   |
| S-WD40 | -0.59 | -0.05  | -0.62  | -0.43  | -0.20  | -0.50  | -0.33  | -0.20  | -0.57  | 0.20   | -0.07  | 1.00   | 0.34  | 0.18  | -0.20 | 0.42  | -0.48 | 0.07   | 0.17   | 0.66   |
| %YAĞ   | -0.74 | 0.63   | -0.85  | -0.87  | -0.92  | -0.78  | -0.60  | -0.54  | 0.99   | 0.77   | 0.84   | 0.34   | 1.00  | 0.70  | -0.72 | -0.30 | -0.33 | 0.17   | 0.55   | -0.26  |
| O.A.   | -0.93 | -0.12  | -0.76  | -0.89  | -0.93  | -0.93  | -0.97  | -0.96  | 0.30   | 0.63   | 0.50   | 0.18   | 0.70  | 1.00  | -1.00 | 0.25  | 0.19  | -0.44  | 0.99   | -0.42  |
| L.A.   | 0.94  | 0.10   | 0.78   | 0.90   | 0.93   | 0.94   | 0.97   | 0.96   | -0.31  | -0.64  | -0.51  | -0.20  | -0.72 | -1.00 | 1.00  | -0.25 | -0.17 | 0.42   | -0.98  | 0.40   |
| B.B.   | -0.19 | -0.76  | 0.09   | -0.42  | -0.13  | -0.40  | -0.45  | -0.51  | -0.66  | -0.56  | -0.70  | 0.42   | -0.30 | 0.25  | -0.25 | 1.00  | 0.59  | 0.28   | 0.25   | -0.18  |
| Y.S.   | 0.27  | -0.75  | 0.60   | -0.03  | 0.04   |        | -0.20  | -0.37  | -0.15  | -0.68  | -0.58  | -0.48  | -0.33 | 0.19  | -0.17 | 0.59  | 1.00  | 0.08   | 0.18   | -0.69  |
| A.K.S. | 0.34  | 0.27   | 0.20   | -0.14  | -0.04  | 0.13   | 0.26   | 0.20   | 0.07   | -0.36  | -0.27  | 0.07   | 0.17  | -0.44 | 0.42  | 0.28  | 0.08  | 1.00   | -0.46  | -0.52  |
| K.T.S. | -0.86 | -0.25  | -0.63  | -0.78  | -0.81  | -0.90  | -0.96  | -0.94  | 0.17   | 0.50   | 0.41   | 0.17   | 0.55  | 0.99  | -0.98 | 0.25  | 0.18  | -0.46  | 1.00   | -0.02  |
| B.D.A. | -0.33 | 0.05   | -0.42  | 0.17   | 0.24   | -0.04  | 0.05   | 0.22   | -0.48  | 0.34   | 0.11   | 0.66   | -0.26 | -0.42 | 0.40  | -0.18 | -0.69 | -0.52  | -0.02  | 1.00   |

Tablo 4.8. 2022 *Helios* korelasyon katsayıları.



Tablo 4.9. 2023 *Helios* korelasyon katsayıları.



Tablo 4.10. 2021 *Bristol* korelasyon katsayıları.

|        | Ç.Z.  | Y-FATB | Y-FAD5 | Y-MCOA | Y-WD40 | FLCC02 | FLCA10 | FLCA02 | S-FATB | S-FAD5 | S-MCOA | S-WD40 | %YAĞ  | O.A.  | L.A.  | B.B.  | Y.S.  | K.T.S. | B.D.A. |
|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Ç.Z.   | 1.00  | 0.45   | -0.10  | -0.89  | -0.25  | 0.60   | 0.66   | 0.68   | 0.82   | -0.04  | 0.55   | -0.45  | 0.81  | 0.25  | -0.41 | 0.51  | -0.15 | 0.55   | 0.61   |
| Y-FATB | 0.45  | 1.00   | 0.21   | -0.38  | 0.38   | 0.90   | 0.91   | 0.88   | -0.86  | 0.52   | -0.41  | 0.07   | -0.78 | 0.30  | -0.10 | -0.52 | 0.30  | -0.58  | -0.77  |
| Y-FAD5 | -0.10 | 0.21   | 1.00   | 0.38   | 0.79   | 0.11   | 0.03   | 0.01   | -0.42  | 0.37   | -0.14  | 0.58   | -0.58 | 0.39  | -0.20 | 0.34  | 0.33  | 0.28   | -0.39  |
| Y-MCOA | -0.89 | -0.38  | 0.38   | 1.00   | 0.33   | -0.56  | -0.62  | -0.63  | -0.85  | 0.52   | -0.15  | 0.31   | -0.79 | 0.13  | 0.05  | -0.11 | -0.02 | -0.12  | -0.72  |
| Y-WD40 | -0.25 | 0.38   | 0.79   | 0.33   | 1.00   | 0.38   | 0.25   | 0.24   | -0.63  | 0.01   | -0.52  | 0.90   | -0.90 | -0.27 | 0.47  | -0.09 | 0.25  | -0.08  | -0.63  |
| FLCC02 | 0.60  | 0.90   | 0.11   | -0.56  | 0.38   | 1.00   | 0.99   | 0.99   | -0.11  | -0.18  | -0.06  | 0.41   | -0.26 | -0.82 | 0.80  | -0.17 | -0.53 | 0.11   | -0.41  |
| FLCA10 | 0.66  | 0.91   | 0.03   | -0.62  | 0.25   | 0.99   | 1.00   | 1.00   | 0.25   | -0.12  | 0.35   | -0.11  | 0.26  | -0.66 | 0.53  | -0.02 | -0.80 | 0.28   | -0.07  |
| FLCA02 | 0.68  | 0.88   | 0.01   | -0.63  | 0.24   | 0.99   | 1.00   | 1.00   | 0.28   | -0.10  | 0.40   | -0.09  | 0.29  | -0.63 | 0.50  | 0.07  | -0.80 | 0.37   | -0.03  |
| S-FATB | 0.82  | -0.86  | -0.42  | -0.85  | -0.63  | -0.11  | 0.25   | 0.28   | 1.00   | -0.45  | 0.41   | -0.33  | 0.92  | 0.11  | -0.30 | 0.54  |       | 0.48   | 0.93   |
| S-FAD5 | -0.04 | 0.52   | 0.37   | 0.52   | 0.01   | -0.18  | -0.12  | -0.10  | -0.45  | 1.00   | 0.54   | -0.43  | -0.12 | 0.61  | -0.54 | 0.21  | -0.37 | 0.29   | -0.47  |
| S-MCOA | 0.55  | -0.41  | -0.14  | -0.15  | -0.52  | -0.06  | 0.35   | 0.40   | 0.41   | 0.54   | 1.00   | -0.67  | 0.78  | 0.45  | -0.61 | 0.69  | -0.67 | 0.80   | 0.37   |
| S-WD40 | -0.45 | 0.07   | 0.58   | 0.31   | 0.90   | 0.41   | -0.11  | -0.09  | -0.33  | -0.43  | -0.67  | 1.00   | -0.68 | -0.48 | 0.61  | -0.11 | 0.39  | -0.14  | -0.29  |
| %YAĞ   | 0.81  | -0.78  | -0.58  | -0.79  | -0.90  | -0.26  | 0.26   | 0.29   | 0.92   | -0.12  | 0.78   | -0.68  | 1.00  | 0.29  | -0.50 | 0.79  | -0.25 | 0.86   | 0.86   |
| O.A.   | 0.25  | 0.30   | 0.39   | 0.13   | -0.27  | -0.82  | -0.66  | -0.63  | 0.11   | 0.61   | 0.45   | -0.48  | 0.29  | 1.00  | -0.97 | 0.69  | 0.35  | 0.48   | 0.26   |
| L.A.   | -0.41 | -0.10  | -0.20  | 0.05   | 0.47   | 0.80   | 0.53   | 0.50   | -0.30  | -0.54  | -0.61  | 0.61   | -0.50 | -0.97 | 1.00  | -0.80 | -0.24 | -0.63  | -0.43  |
| B.B.   | 0.51  | -0.52  | 0.34   | -0.11  | -0.09  | -0.17  | -0.02  | 0.07   | 0.54   | 0.21   | 0.69   | -0.11  | 0.79  | 0.69  | -0.80 | 1.00  | -0.11 | 0.94   | 0.80   |
| Y.S.   | -0.15 | 0.30   | 0.33   | -0.02  | 0.25   | -0.53  | -0.80  | -0.80  |        | -0.37  | -0.67  | 0.39   | -0.25 | 0.35  | -0.24 | -0.11 | 1.00  | -0.41  | 0.23   |
| K.T.S. | 0.55  | -0.58  | 0.28   | -0.12  | -0.08  | 0.11   | 0.28   | 0.37   | 0.48   | 0.29   | 0.80   | -0.14  | 0.86  | 0.48  | -0.63 | 0.94  | -0.41 | 1.00   | 0.66   |
| B.D.A. | 0.61  | -0.77  | -0.39  | -0.72  | -0.63  | -0.41  | -0.07  | -0.03  | 0.93   | -0.47  | 0.37   | -0.29  | 0.86  | 0.26  | -0.43 | 0.80  | 0.23  | 0.66   | 1.00   |

Tablo 4.11. 2022 *Bristol* korelasyon katsayıları.

|        | Ç.Z.  | Y-FATB | Y-FAD5 | Y-MCOA | Y-WD40 | FLCC02 | FLCA10 | FLCA02 | S-FATB | S-FAD5 | S-MCOA | S-WD40 | %YAĞ  | O.A.  | L.A.  | B.B.  | Y.S.  | K.T.S. | A.K.S. | B.D.A. |
|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Ç.Z.   | 1.00  | 0.68   | -0.15  | -0.77  | -0.18  | 0.75   | 0.80   | 0.81   | -0.87  | 0.02   | 0.50   | -0.29  | 0.63  | 0.66  | -0.60 | -0.22 | 0.86  | -0.45  | 0.87   | 0.37   |
| Y-FATB | 0.68  | 1.00   | 0.21   | -0.38  | 0.38   | 0.90   | 0.91   | 0.88   | 0.36   | 0.98   | 0.81   | 0.91   | -0.54 | -0.29 | 0.12  | 0.22  | 0.12  | -0.42  | -0.32  | -0.85  |
| Y-FAD5 | -0.15 | 0.21   | 1.00   | 0.38   | 0.79   | 0.11   | 0.03   | 0.01   | -0.11  | 0.59   | 0.05   | 0.35   | 0.26  | 0.54  | -0.72 | 0.50  | -0.27 | 0.46   | -0.22  | -0.17  |
| Y-MCOA | -0.77 | -0.38  | 0.38   | 1.00   | 0.33   | -0.56  | -0.62  | -0.63  | 0.65   | 0.87   | 0.73   | 0.95   | -0.84 | -0.67 | 0.53  | 0.56  | -0.01 | -0.50  | -0.51  | -0.97  |
| Y-WD40 | -0.18 | 0.38   | 0.79   | 0.33   | 1.00   | 0.38   | 0.25   | 0.24   | 0.61   | 0.66   | -0.12  | 0.68   | -0.38 | -0.13 | -0.09 | 0.09  | -0.77 | 0.56   | -0.84  | -0.59  |
| FLCC02 | 0.75  | 0.90   | 0.11   | -0.56  | 0.38   | 1.00   | 0.99   | 0.99   | 0.80   | 0.65   | -0.09  | 0.76   | -0.60 | -0.39 | 0.18  | -0.53 | -0.80 | 0.45   | -0.95  | -0.72  |
| FLCA10 | 0.80  | 0.91   | 0.03   | -0.62  | 0.25   | 0.99   | 1.00   | 1.00   | 0.91   | 0.35   | 0.24   | 0.65   | -0.98 | -0.99 | 0.93  | -0.49 | -0.31 | -0.30  | -0.68  | -0.78  |
| FLCA02 | 0.81  | 0.88   | 0.01   | -0.63  | 0.24   | 0.99   | 1.00   | 1.00   | 0.93   | 0.34   | 0.19   | 0.64   | -0.98 | -0.99 | 0.93  | -0.43 | -0.36 | -0.25  | -0.71  | -0.77  |
| S-FATB | -0.87 | 0.36   | -0.11  | 0.65   | 0.61   | 0.80   | 0.91   | 0.93   | 1.00   | 0.43   | -0.01  | 0.71   | -0.91 | -0.85 | 0.73  | -0.79 | -0.66 | 0.09   | -0.92  | -0.78  |
| S-FAD5 | 0.02  | 0.98   | 0.59   | 0.87   | 0.66   | 0.65   | 0.35   | 0.34   | 0.43   | 1.00   | 0.67   | 0.94   | -0.53 | -0.25 | 0.05  | -0.07 | -0.07 | -0.22  | -0.46  | -0.86  |
| S-MCOA | 0.50  | 0.81   | 0.05   | 0.73   | -0.12  | -0.09  | 0.24   | 0.19   | -0.01  | 0.67   | 1.00   | 0.57   | -0.36 | -0.24 | 0.19  | 0.59  | 0.66  | -0.85  | 0.20   | -0.57  |
| S-WD40 | -0.29 | 0.91   | 0.35   | 0.95   | 0.68   | 0.76   | 0.65   | 0.64   | 0.71   | 0.94   | 0.57   | 1.00   | -0.79 | -0.56 | 0.37  | -0.30 | -0.24 | -0.23  | -0.67  | -0.98  |
| %YAĞ   | 0.63  | -0.54  | 0.26   | -0.84  | -0.38  | -0.60  | 0.98   | -0.98  | -0.91  | -0.53  | -0.36  | -0.79  | 1.00  | 0.95  | -0.85 | 0.47  | 0.30  | 0.32   | 0.72   | 0.89   |
| O.A.   | 0.66  | -0.29  | 0.54   | -0.67  | -0.13  | -0.39  | 0.99   | -0.99  | -0.85  | -0.25  | -0.24  | -0.56  | 0.95  | 1.00  | -0.97 | 0.43  | 0.23  | 0.37   | 0.59   | 0.70   |
| L.A.   | -0.60 | 0.12   | -0.72  | 0.53   | -0.09  | 0.18   | 0.93   | 0.93   | 0.73   | 0.05   | 0.19   | 0.37   | -0.85 | -0.97 | 1.00  | -0.32 | -0.11 | -0.43  | -0.42  | -0.53  |
| B.B.   | -0.22 | 0.22   | 0.50   | 0.56   | 0.09   | -0.53  | -0.49  | -0.43  | -0.79  | -0.07  | 0.59   | -0.30  | 0.47  | 0.43  | -0.32 | 1.00  | 0.98  | -0.68  | 0.91   | 0.33   |
| Y.S.   | 0.86  | 0.12   | -0.27  | -0.01  | -0.77  | -0.80  | -0.31  | -0.36  | -0.66  | -0.07  | 0.66   | -0.24  | 0.30  | 0.23  | -0.11 | 0.98  | 1.00  | -0.81  | 0.86   | 0.23   |
| K.T.S. | -0.45 | -0.42  | 0.46   | -0.50  | 0.56   | 0.45   | -0.30  | -0.25  | 0.09   | -0.22  | -0.85  | -0.23  | 0.32  | 0.37  | -0.43 | -0.68 | -0.81 | 1.00   | -0.42  | 0.30   |
| A.K.S. | 0.87  | -0.32  | -0.22  | -0.51  | -0.84  | -0.95  | -0.68  | -0.71  | -0.92  | -0.46  | 0.20   | -0.67  | 0.72  | 0.59  | -0.42 | 0.91  | 0.86  | -0.42  | 1.00   | 0.69   |
| B.D.A. | 0.37  | -0.85  | -0.17  | -0.97  | -0.59  | -0.72  | -0.78  | -0.77  | -0.78  | -0.86  | -0.57  | -0.98  | 0.89  | 0.70  | -0.53 | 0.33  | 0.23  | 0.30   | 0.69   | 1.00   |

Tablo 4.12. 2023 *Bristol* korelasyon katsayıları.

|        | Ç.Z.  | Y-FATB | Y-FAD5 | Y-MCOA | Y-WD40 | FLCC02 | FLCA10 | FLCA02 | S-FATB | S-FAD5 | S-MCOA | S-WD40 | S-FAD2 | %YAĞ  | O.A.  | L.A.  | B.B.  | Y.S.  | K.T.S. | A.K.S. | B.D.A. |
|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Ç.Z.   | 1.00  | -0.35  | -0.89  | -0.48  | -0.55  | 0.40   | 0.70   | 0.63   | -0.80  | 0.06   | 0.38   | -0.10  | 0.18   | 0.54  | 0.51  | -0.22 | -0.12 | 0.82  | 0.06   | 0.58   | 0.75   |
| Y-FATB | -0.35 | 1.00   | 0.21   | -0.38  | 0.38   | 0.90   | 0.91   | 0.88   | -0.28  | 0.07   | 0.22   | 0.33   | 0.95   | 0.53  | 0.16  | 0.15  | 0.25  | 0.45  | 0.05   | -0.22  | 0.14   |
| Y-FAD5 | -0.89 | 0.21   | 1.00   | 0.38   | 0.79   | 0.11   | 0.03   | 0.01   | 0.52   | 0.10   | -0.50  | -0.09  | 0.08   | -0.31 | -0.56 | 0.43  | 0.42  | -0.62 | 0.26   | -0.60  | -0.54  |
| Y-MCOA | -0.48 | -0.38  | 0.38   | 1.00   | 0.33   | -0.56  | -0.62  | -0.63  | 0.72   | 0.52   | 0.07   | 0.33   | -0.48  | -0.72 | -0.86 | 0.46  | 0.59  | -0.20 | 0.57   | 0.34   | -0.84  |
| Y-WD40 | -0.55 | 0.38   | 0.79   | 0.33   | 1.00   | 0.38   | 0.25   | 0.24   | 0.05   | 0.41   | -0.13  | 0.08   | 0.36   | -0.15 | -0.68 | 0.83  | 0.77  | -0.16 | 0.66   | -0.18  | -0.31  |
| FLCC02 | 0.40  | 0.90   | 0.11   | -0.56  | 0.38   | 1.00   | 0.99   | 0.99   | -0.56  | 0.17   | 0.16   | -0.02  | 0.94   | 0.55  | 0.33  | 0.11  | 0.19  | 0.45  | 0.05   | -0.28  | 0.50   |
| FLCA10 | 0.70  | 0.91   | 0.03   | -0.62  | 0.25   | 0.99   | 1.00   | 1.00   | -0.53  | 0.11   | 0.22   | 0.03   | 0.95   | 0.56  | 0.43  | -0.02 | 0.07  | 0.48  | -0.08  | -0.27  | 0.50   |
| FLCA02 | 0.63  | 0.88   | 0.01   | -0.63  | 0.24   | 0.99   | 1.00   | 1.00   | -0.55  | 0.13   | 0.20   | -0.04  | 0.93   | 0.56  | 0.45  | -0.04 | 0.06  | 0.47  | -0.08  | -0.29  | 0.54   |
| S-FATB | -0.80 | -0.28  | 0.52   | 0.72   | 0.05   | -0.56  | -0.53  | -0.55  | 1.00   | 0.08   | -0.22  | 0.18   | -0.47  | -0.67 | -0.45 | -0.09 | 0.04  | -0.58 | -0.07  | -0.21  | -0.87  |
| S-FAD5 | 0.06  | 0.07   | 0.10   | 0.52   | 0.41   | 0.17   | 0.11   | 0.13   | 0.08   | 1.00   | 0.51   | 0.12   | 0.17   | -0.53 | -0.43 | 0.41  | 0.61  | 0.30  | 0.55   | 0.37   | -0.18  |
| S-MCOA | 0.38  | 0.22   | -0.50  | 0.07   | -0.13  | 0.16   | 0.22   | 0.20   | -0.22  | 0.51   | 1.00   | 0.66   | 0.39   | -0.15 | -0.03 | 0.15  | 0.09  | 0.67  | 0.07   | 0.73   |        |
| S-WD40 | -0.10 | 0.33   | -0.09  | 0.33   | 0.08   | -0.02  | 0.03   | -0.04  | 0.18   | 0.12   | 0.66   | 1.00   | 0.29   | -0.01 | -0.39 | 0.36  | 0.29  | 0.44  | 0.22   | 0.59   | -0.54  |
| S-FAD2 | 0.18  | 0.95   | 0.08   | -0.48  | 0.36   | 0.94   | 0.95   | 0.93   | -0.47  | 0.17   | 0.39   | 0.29   | 1.00   | 0.48  | 0.23  | 0.18  | 0.19  | 0.51  | 0.02   | -0.11  | 0.31   |
| %YAĞ   | 0.54  | 0.53   | -0.31  | -0.72  | -0.15  | 0.55   | 0.56   | 0.56   | -0.67  | -0.53  | -0.15  | -0.01  | 0.48   | 1.00  | 0.51  | -0.13 | -0.08 | 0.50  | -0.06  | -0.09  | 0.58   |
| O.A.   | 0.51  | 0.16   | -0.56  | -0.66  | -0.68  | 0.33   | 0.43   | 0.45   | -0.45  | -0.43  | -0.03  | -0.39  | 0.23   | 0.51  | 1.00  | -0.83 | -0.78 | 0.19  | -0.76  | -0.31  | 0.76   |
| L.A.   | -0.22 | 0.15   | 0.43   | 0.46   | 0.83   | 0.11   | -0.02  | -0.04  | -0.09  | 0.41   | 0.15   | 0.36   | 0.18   | -0.13 | -0.83 | 1.00  | 0.84  | 0.11  | 0.85   | 0.35   | -0.34  |
| B.B.   | -0.12 | 0.25   | 0.42   | 0.59   | 0.77   | 0.19   | 0.07   | 0.06   | 0.04   | 0.61   | 0.09   | 0.29   | 0.19   | -0.08 | -0.78 | 0.84  | 1.00  | 0.28  | 0.96   | 0.32   | -0.37  |
| Y.S.   | 0.82  | 0.45   | -0.62  | -0.20  | -0.16  | 0.45   | 0.48   | 0.47   | -0.58  | 0.30   | 0.67   | 0.44   | 0.51   | 0.50  | 0.19  | 0.11  | 0.28  | 1.00  | 0.31   | 0.65   | 0.36   |
| K.T.S. | 0.06  | 0.05   | 0.26   | 0.57   | 0.66   | 0.05   | -0.08  | -0.08  | -0.07  | 0.55   | 0.07   | 0.22   | 0.02   | -0.06 | -0.76 | 0.85  | 0.96  | 0.31  | 1.00   | 0.45   | -0.27  |
| A.K.S. | 0.58  | -0.22  | -0.60  | 0.34   | -0.18  | -0.28  | -0.27  | -0.29  | -0.21  | 0.37   | 0.73   | 0.59   | -0.11  | -0.09 | -0.31 | 0.35  | 0.32  | 0.65  | 0.45   | 1.00   | -0.10  |
| B.D.A. | 0.75  | 0.14   | -0.54  | -0.84  | -0.31  | 0.50   | 0.50   | 0.54   | -0.87  | -0.16  |        | -0.54  | 0.31   | 0.58  | 0.76  | -0.34 | -0.37 | 0.36  | -0.27  | -0.10  | 1.00   |

## 5.TARTIŞMA

Bristol ve Helios *Brassica napus* çeşidinin vernalizasyon (4 °C) sırasında aralıklı olarak devernalizasyon sıcaklığına (22 °C) maruz bırakılmaları halinde kontrol bitkilerine nazaran fizyolojik özellikleri, tohum yağ miktarı ve yağ kompozisyonlarında meydana gelebilecek değişiklikleri ve elde edilen verilerin vernalizasyon belirteci olan *FLC* gen seviyeleri ve yağ asidi biyosentezinde görevli genler olan ilişkisi hedeflenmiştir.

2021 yılında kışlık Darmor çeşidi ile başlayan deneyler sonraki senelerde devam etmemiştir. Helios ve Bristol'ün ülkemizde daha önce ekimi yapılmıştır fakat Darmor çeşidi ilk kez denendiği ve bitkilerde çiçeklenme meydana gelmediğinden ayrıca bitkiler çevreyle etkileşim halinde olduğundan hastalıktan dolayı ölmüştür. Darmor çeşidinin epigenetik olarak susturulması geç meydana gelir, çiçeklenme zamanı ile bu sonuç örtüşmektedir. Diğer senelerde Darmor çeşidiyle devam edilmemiştir fakat *FLC* gen ifade seviyesi ve yaprak yağ asidi genleri laboratuvar ortamında vernalizasyondan hemen sonra örneklerin alınması ve bitkiler açık hava koşullarında toprağa ekilmeden önce deneyleri yapıldığı için bu sonuçlar elimizde vardır.

Helios çeşidinde vernalizasyona uğramayan (H0) bitkilerin daha geç çiçeklendiğini ve vernalizasyon süresi arttıkça çiçeklenme zamanlarının daha da azaldığını görüyoruz. 6 haftalık kesintisiz (H3) ve kesintili (H4), 8 haftalık kesintisiz (H5) ve kesintili (H6) modelleri birbirleriyle karşılaştırdığımızda; kesintili modelde yer alan bitkilerin kesintisiz bir şekilde vernalizasyona uğrayan modellere göre daha geç çiçeklendiği görülmüştür yani 1 haftalık devernalizasyon bitkilerin daha geç çiçeklenmesine sebep olmuştur. Bitkiler vernalizasyona uğradıkları zaman PRC2 tarafından katalize H3K27me3, bitki vernalizasyona uğradıktan sonra seviyesinde bir artış meydana gelir, devernalizasyonda ise H3K4 ve K36 metilasyonunun artışı meydana gelir ve *FLC* seviyesinde artış gösterir. Bu çalışmada *FLC* gen ekspresyon seviyeleri artan vernalizasyonla gen ifadesinde düşüş göstermiştir. Ancak, FLCA10 geninde 5'UTR ile ekson 1'in birleşimindeki bir dizi varyantı bulunarak aslında çok düşük düzeyde ifade edilen FLCA10 geninin bozuk bir okuma çerçevesinin olduğu ve son zamanlardaki çalışmalarda da promotör varyasyonu olduğu bulunmuştur (Schiessl vd., 2019b).

Farklı çeşitlere ait bitkilerde vernalizasyon öncesi *FLC* seviyesi farklıdır, vernalizasyona uğramadıklarında *FLC* gen ifade seviyeleri yüksek seyrederek,

vernalizasyona uğradıklarında ise *FLC* gen ifade seviyeleri düşer. Bu durum vernalizasyon ihtiyacı duymayan yazlık çeşitler için geçerli değildir (Schiessl vd., 2019b). Vernalizasyon zorunlu ve zorunlu olmayan olarak ikiye ayrılır. Zorunlu olmayan vernalizasyonda bitkiler vernalizasyona uğramasalar bile çiçeklenirler fakat yinede vernalizasyona uğradıklarında daha erken çiçeklenirler. Burada da Helios vernalizasyon açısından zorunlu olmayan bir bitkidir. Çiçeklenme zamanı tablosuna baktığımızda 2023'te vernalizasyona uğramayan modelde (H0) yer alan bitkiler diğer yıllara kıyasla daha geç çiçeklenmiştir. 2023 yılında bitkiler seraya ekilmiştir ve sera sıcaklık koşulları gece ve gündüz 22-24 °C olduğundan, 2021 ve 2022 yıllarında ise açık alana ekildiğinden ve gece sıcaklığının düşmesiyle bu yıllarda H0 modeli 2023 yılına göre daha erken çiçeklenmiştir.

Helios yaprak yağ asitleri tablolarına baktığımızda, bitkiler düşük sıcaklıklara maruz kaldıklarında yapraklarında doymamış yağ asitleri seviyesi artar (Williams vd., 1988)

%yağ oranı vernalizasyon süresine bağlı olarak artar. Oleik asit miktarı silik *FATB* gen ekspresyonu ile ters, *FAD5* gen ekspresyonu ile doğru orantılıdır. Bitki boyu vernalizasyon süresi ile negatif korelasyon göstermiştir ve bitki yandal sayısı ve bin dane ağırlığı vernalizasyon süresi ile pozitif korelasyon göstermiştir.

## KAYNAKÇA

- Álvarez-Venegas, R., ve Zhang, Y. (2011). Flowering Without Vernalization in Winter Canola (*Brassica napus*): use of Virus-Induced Gene Silencing (VIGS) to accelerate genetic gain.
- Anonim. (2010). Global Warming. Mayıs 7, 2023 tarihinde <https://earthobservatory.nasa.gov/features/GlobalWarming/page2.php> adresinden alındı
- Anonim. (2017). Special report on climate change and land. Mayıs 7, 2023 tarihinde <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/chapter-4/> adresinden alındı
- Anonim. (2020). İklim Değişikliği Ulusal İletişim Stratejisi ve Eylem Planı. Mayıs 7, 2023 tarihinde alındı
- Anonim. (2022, Aralık 11). <https://www.statista.com/statistics/267271/worldwide-oilseed-production-since-2008/> adresinden alındı
- Anonim. (2023). 06 11, 2023 tarihinde <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/> adresinden alındı
- An, H., Qi, X., Gaynor, M. L., Hao, Y., Gebken, S. C., Mabry, M. E., McAlvay, A. C., Teakle, G. R., Conant, G. C., Barker, M. S., Fu, T., Yi, B., ve Pires, J. C. (2019). Transcriptome and organellar sequencing highlights the complex origin and diversification of allotetraploid *Brassica napus*. *Nature Communications*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10757-1>
- Andre, C., Froehlich, J. E., Moll, M. R., ve Benning, C. (2007). A heteromeric plastidic pyruvate kinase complex involved in seed oil biosynthesis in *Arabidopsis*. *Plant Cell*, 19(6). <https://doi.org/10.1105/tpc.106.048629>
- Baran, M. F., Durgut, M. R., Aktas, T., Ulger, P., ve Kayisoglu, B. (2016). Determination of Some Physical Properties of Rapeseed. *International Journal of Engineering Technologies, IJET*, 2(2). <https://doi.org/10.19072/ijet.65255>
- Büntgen, U., Piermattei, A., Krusic, P. J., Esper, J., Sparks, T., ve Crivellaro, A. (2022). Plants in the UK flower a month earlier under recent warming. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 289(1968). <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.2456>
- Cernac, A., ve Benning, C. (2004). WRINKLED1 encodes an AP2/EREB domain protein involved in the control of storage compound biosynthesis in *Arabidopsis*. *Plant Journal*, 40(4). <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2004.02235.x>
- Chalhoub, B., Denoeud, F., Liu, S., Parkin, I. A. P., Tang, H., Wang, X., Chiquet, J., Belcram, H., Tong, C., Samans, B., Corr  a, M., Da Silva, C., Just, J., Falentin, C., Koh, C. S., Le Clainche, I., Bernard, M., Bento, P., Noel, B., ... Wincker, P. (2014). Early allopolyploid evolution in the post-neolithic *Brassica napus* oilseed genome. *Science*, 345(6199). <https://doi.org/10.1126/science.1253435>
- Chen, F., Zhang, W., Yu, K., Sun, L., Gao, J., Zhou, X., Peng, Q., Fu, S., Hu, M., Long, W., Pu, H., Chen, S., Wang, X., ve Zhang, J. (2018). Unconditional and conditional QTL analyses of seed fatty acid composition in *Brassica napus* L. *BMC Plant Biology*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12870-018-1268-7>
- Chen, J., Tan, R. K., Guo, X. J., Fu, Z. L., Wang, Z., Zhang, Z. Y., ve Tan, X. L. (2015). Transcriptome analysis comparison of lipid biosynthesis in the leaves and developing seeds of *Brassica napus*. *PLoS ONE*, 10(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126250>

- Clarke, J. H., ve Dean, C. (1994). Mapping FRI, a locus controlling flowering time and vernalization response in *Arabidopsis thaliana*. *MGG Molecular & General Genetics*, 242(1). <https://doi.org/10.1007/BF00277351>
- Csorba, T., Questa, J. I., Sun, Q., ve Dean, C. (2014). Antisense COOLAIR mediates the coordinated switching of chromatin states at FLC during vernalization. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(45). <https://doi.org/10.1073/pnas.1419030111>
- Dar, A. A., Choudhury, A. R., Kancharla, P. K., ve Arumugam, N. (2017). The FAD2 gene in plants: Occurrence, regulation, and role. *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01789>
- Dennis, E. S., ve Peacock, W. J. (2007). Epigenetic regulation of flowering. İçinde *Current Opinion in Plant Biology* (C. 10, Sayı 5). <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2007.06.009>
- Dilek, B. (2004). Kışlık Kolza (*Brassica napus* ssp. *oleifera* L.) Çeşitlerinin Ankara Koşullarında Verim ve Verim Öğeleri Yönünden Karşılaştırılması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(2). [https://doi.org/10.1501/tarimbil\\_00000000896](https://doi.org/10.1501/tarimbil_00000000896)
- Edwards, D., Batley, J., ve Snowdon, R. J. (2013). Accessing complex crop genomes with next-generation sequencing. İçinde *Theoretical and Applied Genetics* (C. 126, Sayı 1). <https://doi.org/10.1007/s00122-012-1964-x>
- Franks, S. J. (2011). Plasticity and evolution in drought avoidance and escape in the annual plant *Brassica rapa*. *New Phytologist*, 190(1). <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03603.x>
- Fujimoto, R., Sasaki, T., Ishikawa, R., Osabe, K., Kawanabe, T., ve Dennis, E. S. (2012). Molecular mechanisms of epigenetic variation in plants. İçinde *International Journal of Molecular Sciences* (C. 13, Sayı 8). <https://doi.org/10.3390/ijms13089900>
- Geraldo, N., Bäurle, I., Kidou, S. I., Hu, X., ve Dean, C. (2009). FRIGIDA delays flowering in *Arabidopsis* via a cotranscriptional mechanism involving direct interaction with the nuclear cap-binding complex. *Plant Physiology*, 150(3). <https://doi.org/10.1104/pp.109.137448>
- Goffman, F. D., Alonso, A. P., Schwender, J., Shachar-Hill, Y., ve Ohlrogge, J. B. (2005). Light enables a very high efficiency of carbon storage in developing embryos of rapeseed. *Plant Physiology*, 138(4). <https://doi.org/10.1104/pp.105.063628>
- Golicz, A. A., Bayer, P. E., ve Edwards, D. (2015). Skim-based genotyping by sequencing. *Methods in Molecular Biology*, 1245. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1966-6\\_19](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1966-6_19)
- Guo, Y., Hans, H., Christian, J., ve Molina, C. (2014). Mutations in single FT-and TFL1-paralogs of rapeseed (*Brassica napus* L.) and their impact on flowering time and yield components. *Frontiers in Plant Science*, 5(JUN). <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00282>
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Alam, M. M., ve Fujita, M. (2014). Modulation of Antioxidant Machinery and the Methylglyoxal Detoxification System in Selenium-Supplemented *Brassica napus* Seedlings Confers Tolerance to High Temperature Stress. *Biological Trace Element Research*, 161(3). <https://doi.org/10.1007/s12011-014-0120-7>
- He, M., Qin, C. X., Wang, X., ve Ding, N. Z. (2020). Plant Unsaturated Fatty Acids: Biosynthesis and Regulation. İçinde *Frontiers in Plant Science* (C. 11). <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00390>

- Hernández, L. M., Padilla, M. N., Mancha, M., ve Martínez-Rivas, J. M. (2009). Expression analysis identifies FAD2-2 as the olive oléate desaturase gene mainly responsible for the linoleic acid content in virgin olive oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(14). <https://doi.org/10.1021/jf900678z>
- Hou, J., Long, Y., Raman, H., Zou, X., Wang, J., Dai, S., Xiao, Q., Li, C., Fan, L., Liu, B., ve Meng, J. (2012). A Tourist-like MITE insertion in the upstream region of the BnFLC.A10 gene is associated with vernalization requirement in rapeseed (*Brassica napus* L.). *BMC Plant Biology*, 12. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-12-238>
- Huang, R., Liu, Z., Xing, M., Yang, Y., Wu, X., Liu, H., ve Liang, W. (2019). Heat Stress Suppresses *Brassica napus* Seed Oil Accumulation by Inhibition of Photosynthesis and BnWRI1 Pathway. *Plant and Cell Physiology*, 60(7). <https://doi.org/10.1093/pcp/pcz052>
- Hutchings, D., Rawsthorne, S., ve Emes, M. J. (2005). Fatty acid synthesis and the oxidative pentose phosphate pathway in developing embryos of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Experimental Botany*, 56(412). <https://doi.org/10.1093/jxb/eri046>
- Johanson, U., West, J., Lister, C., Michaels, S., Amasino, R., ve Dean, C. (2000). Molecular analysis of FRIGIDA, a major determinant of natural variation in *Arabidopsis* flowering time. *Science*, 290(5490). <https://doi.org/10.1126/science.290.5490.344>
- Kang, F., ve Rawsthorne, S. (1994). Starch and fatty acid synthesis in plastids from developing embryos of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *The Plant Journal*, 6(6). <https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.1994.6060795.x>
- KARA, B., KARA, N., AKMAN, Z., ve BALABANLI, C. (2011). Tarla bitkilerinde ekim nöbetinde ön bitki değeri ve etkileri. *Derim*, 28(1).
- Kazan, K., ve Lyons, R. (2016). The link between flowering time and stress tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 67(1). <https://doi.org/10.1093/jxb/erv441>
- Kumar, N., Chaudhary, A., Singh, D., ve Teotia, S. (2020). Transcriptional regulation of seed oil accumulation in *Arabidopsis thaliana*: role of transcription factors and chromatin remodelers. İçinde *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology* (C. 29, Sayı 4). <https://doi.org/10.1007/s13562-020-00616-2>
- Kumbar, N., ve Unakıtan, G. (2011). Trakya Bölgesinde Kanola Üretiminin Ekonomik Analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(1).
- Lee, K. R., In Sohn, S., Jung, J. H., Kim, S. H., Roh, K. H., Kim, J. B., Suh, M. C., ve Kim, H. U. (2013). Functional analysis and tissue-differential expression of four FAD2 genes in amphidiploid *Brassica napus* derived from *Brassica rapa* and *Brassica oleracea*. *Gene*, 531(2). <https://doi.org/10.1016/j.gene.2013.08.095>
- Levy, Y. Y., ve Dean, C. (1998). The transition to flowering. İçinde *Plant Cell* (C. 10, Sayı 12). <https://doi.org/10.1105/tpc.10.12.1973>
- Lim, G. H., Singhal, R., Kachroo, A., ve Kachroo, P. (2017). Fatty Acid- and Lipid-Mediated Signaling in Plant Defense. İçinde *Annual Review of Phytopathology* (C. 55). <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080516-035406>
- Liu, Q., Brubaker, C. L., Green, A. G., Marshall, D. R., Sharp, P. J., ve Singh, S. P. (2001). Evolution of the FAD2-1 fatty acid desaturase 5' UTR intron and the molecular systematics of *Gossypium* (Malvaceae). *American Journal of Botany*, 88(1). <https://doi.org/10.2307/2657130>
- Los, D. A., ve Murata, N. (1998). Structure and expression of fatty acid desaturases. İçinde *Biochimica et Biophysica Acta - Lipids and Lipid Metabolism* (C. 1394, Sayı 1). [https://doi.org/10.1016/S0005-2760\(98\)00091-5](https://doi.org/10.1016/S0005-2760(98)00091-5)

- Lund, J., ve Rustan, A. C. (2020). Fatty Acids: Structures and Properties. İçinde *eLS*. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0029198>
- Luo, T., Zhang, J., Khan, M. N., Liu, J., Xu, Z., ve Hu, L. (2018). Temperature variation caused by sowing dates significantly affects floral initiation and floral bud differentiation processes in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Plant Science*, 271. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.03.004>
- Magno Massuia de Almeida, L., Avise, J. C., Morvan-Bertrand, A., Wagner, M. H., González-Centeno, M. R., Teissedre, P. L., Bessoule, J. J., Le Guédard, M., Kim, T. H., Mollier, A., ve Brunel-Muguet, S. (2021). High temperature patterns at the onset of seed maturation determine seed yield and quality in oilseed rape (*Brassica napus* L.) in relation to sulphur nutrition. *Environmental and Experimental Botany*, 185. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104400>
- Marjanović-Jeromela, A., Terzić, S., Jankulovska, M., Zorić, M., Kondić-Špika, A., Jocković, M., Hristov, N., Crnobarac, J., ve Nagl, N. (2019). Dissection of year related climatic variables and their effect on winter rapeseed (*Brassica napus* L.) development and yield. *Agronomy*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/agronomy9090517>
- Morrison, M. J., ve Stewart, D. W. (2002). Heat stress during flowering in summer Brassica. *Crop Science*, 42(3). <https://doi.org/10.2135/cropsci2002.7970>
- Mozgova, I., ve Hennig, L. (2015). The polycomb group protein regulatory network. *Annual Review of Plant Biology*, 66. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-043014-115627>
- O'Neill, C. M., Lu, X., Calderwood, A., Tudor, E. H., Robinson, P., Wells, R., Morris, R., ve Penfield, S. (2019). Vernalization and Floral Transition in Autumn Drive Winter Annual Life History in Oilseed Rape. *Current Biology*, 29(24). <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.10.051>
- Raman, H., Raman, R., Coombes, N., Song, J., Prangnell, R., Bandaranayake, C., Tahira, R., Sundaramoorthi, V., Killian, A., Meng, J., Dennis, E. S., ve Balasubramanian, S. (2016). Genome-wide association analyses reveal complex genetic architecture underlying natural variation for flowering time in canola. *Plant Cell and Environment*, 39(6). <https://doi.org/10.1111/pce.12644>
- Rashid, M., Hampton, J. G., Rolston, M. P., Khan, K. M., ve Saville, D. J. (2018). Heat stress during seed development affects forage brassica (*Brassica napus* L.) seed quality. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 204(2). <https://doi.org/10.1111/jac.12251>
- Riboni, M., Galbiati, M., Tonelli, C., ve Conti, L. (2013). GIGANTEA enables drought escape response via abscisic acid-dependent activation of the florigens and SUPPRESSOR of OVEREXPRESSION of CONSTANS1[c][w]. *Plant Physiology*, 162(3). <https://doi.org/10.1104/pp.113.217729>
- Ruan, Y. L., Jin, Y., Yang, Y. J., Li, G. J., ve Boyer, J. S. (2010). Sugar input, metabolism, and signaling mediated by invertase: Roles in development, yield potential, and response to drought and heat. İçinde *Molecular Plant* (C. 3, Sayı 6). <https://doi.org/10.1093/mp/ssq044>
- Schiessl, S. V., Quezada-Martinez, D., Tebartz, E., Snowdon, R. J., ve Qian, L. (2019a). The vernalisation regulator FLOWERING LOCUS C is differentially expressed in biennial and annual *Brassica napus*. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51212-x>
- Schiessl, S. V., Quezada-Martinez, D., Tebartz, E., Snowdon, R. J., ve Qian, L. (2019b). The vernalisation regulator FLOWERING LOCUS C is differentially

- expressed in biennial and annual *Brassica napus*. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51212-x>
- Schulte, L. R., Ballard, T., Samarakoon, T., Yao, L., Vadlani, P., Staggenborg, S., ve Rezac, M. (2013). Increased growing temperature reduces content of polyunsaturated fatty acids in four oilseed crops. *Industrial Crops and Products*, 51. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.08.075>
- Schwender, J., Goffman, F., Ohlrogge, J. B., ve Shachar-Hill, Y. (2004). Rubisco without the Calvin cycle improves the carbon efficiency of developing green seeds. *Nature*, 432(7018). <https://doi.org/10.1038/nature03145>
- Schwender, J., ve Ohlrogge, J. B. (2002). Probing in vivo metabolism by stable isotope labeling of storage lipids and proteins in developing *Brassica napus* embryos. *Plant Physiology*, 130(1). <https://doi.org/10.1104/pp.004275>
- Sheldon, C. C., Burn, J. E., Perez, P. P., Metzger, J., Edwards, J. A., Peacock, W. J., ve Dennis, E. S. (1999). The FLF MADS box gene: A repressor of flowering in *Arabidopsis* regulated by vernalization and methylation. *Plant Cell*, 11(3). <https://doi.org/10.1105/tpc.11.3.445>
- Sheldon, C. C., Rouse, D. T., Finnegan, E. J., Peacock, W. J., ve Dennis, E. S. (2000). The molecular basis of vernalization: The central role of FLOWERING LOCUS C (FLC). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97(7). <https://doi.org/10.1073/pnas.97.7.3753>
- Tadege, M., Sheldon, C. C., Helliwell, C. A., Stoutjesdijk, P., Dennis, E. S., ve Peacock, W. J. (2001). Control of flowering time by FLC orthologues in *Brassica napus*. *Plant Journal*, 28(5). <https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.2001.01182.x>
- Topps, J. (1992). Canola and rapeseed. Production, chemistry, nutrition and processing technology. *Bioresource Technology*, 40(3), 283. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(92\)90155-Q](https://doi.org/10.1016/0960-8524(92)90155-Q)
- Tudor, E. H., Jones, D. M., He, Z., Bancroft, I., Trick, M., Wells, R., Irwin, J. A., ve Dean, C. (2020). QTL-seq identifies BnaFT.A02 and BnaFLC.A02 as candidates for variation in vernalization requirement and response in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *Plant Biotechnology Journal*, 18(12). <https://doi.org/10.1111/pbi.13421>
- Upchurch, R. G. (2008). Fatty acid unsaturation, mobilization, and regulation in the response of plants to stress. *İçinde Biotechnology Letters* (C. 30, Sayı 6). <https://doi.org/10.1007/s10529-008-9639-z>
- Werteker, M., Lorenz, A., Johannes, H., Berghofer, E., ve Findlay, C. S. (2010). Environmental and varietal influences on the fatty acid composition of rapeseed, soybeans and sunflowers. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 196(1). <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2009.00393.x>
- Williams, J. P., Khan, M. U., Mitchell, K., ve Johnson, G. (1988). The Effect of Temperature on the Level and Biosynthesis of Unsaturated Fatty Acids in Diacylglycerols of *Brassica napus* Leaves . *Plant Physiology*, 87(4). <https://doi.org/10.1104/pp.87.4.904>
- Yong, K. J., ve Wu, T. Y. (2022). Second-generation bioenergy from oilseed crop residues: Recent technologies, techno-economic assessments and policies. *İçinde Energy Conversion and Management* (C. 267). <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115869>
- Yusuf, A. O., Richter, J. C., ve Möllers, C. (2022). Genetic variation and QTL analysis of saturated fatty acids in two doubled haploid populations of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Euphytica*, 218(7). <https://doi.org/10.1007/s10681-022-03043-7>

- Zheng, B., ve Chen, X. (2011). Dynamics of histone H3 lysine 27 trimethylation in plant development. İçinde *Current Opinion in Plant Biology* (C. 14, Sayı 2). <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2011.01.001>
- Zou, X., Suppanz, I., Raman, H., Hou, J., Wang, J., Long, Y., Jung, C., ve Meng, J. (2012). Comparative Analysis of FLC Homologues in Brassicaceae Provides Insight into Their Role in the Evolution of Oilseed Rape. *PLoS ONE*, 7(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0045751>



## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: İ\*\*m Ç\*\*\*I

Doğum Tarihi ve Yeri: 3\*.0\*.1\*\*8, K\*\*\*\*\*Y

E-posta: i\*\*\*\*\*m

Lisans: Necmettin Erbakan Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik 2\*\*6

Yüksek Lisans: Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi Biyoteknoloji 2\*\*0

