



**T.C.**

**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE ORİJİNLİ YULAF GENOTİPLERİNİN  
BAZI ÇİMLLENME ÖZELLİKLERİNE AİT İLİŞKİ  
HARİTALAMA ANALİZLERİ**

**BERK ABDULLAH KOÇAK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ 2022**

**T.C.**  
**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE ORJİNLI YULAF GENOTİPLERİNİN**  
**BAZI ÇİMLENME ÖZELLİKLERİNE AİT İLİŞKİ**  
**HARİTALAMA ANALİZLERİ**

**BERK ABDULLAH KOÇAK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı**

**KAHRAMANMARAŞ 2022**

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Berk Abdullah KOÇAK



# **TÜRKİYE ORJİNİLİ YULAF GENOTİPLERİNİN BAZI ÇİMLENME ÖZELLİKLERİNE AİT İLİŞKİ HARİTALAMA ANALİZLERİ**

**(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

**Berk Abdullah KOÇAK**

## **ÖZET**

Kompleks genom yapısı ile yulaf, önemi giderek artan bir bitki haline gelmiştir. Ancak, yulafta çimlenme özelliklerinin genetik kontrolü net olarak anlaşılmamış ve şu ana kadar çok kapsamlı bir çalışma rapor edilmemiştir. Bu çalışma Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanmış yerel yulaf genotiplerinin bazı çimlenme özelliklerinin belirlenmesi ve 6K SNP çipinden elde edilen genotipik veriyle ilişkilendirilmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada 167 yerel yulaf genotipi ve 4 adet tescilli çeşitten oluşan 171 adet yulaf genotipi bitki materyali olarak kullanılmıştır. Araştırma, laboratuvar koşullarında augmented deneme desenine göre 6 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Denemede çimlenme hızı (%), çimlenme gücü (%), radikula uzunluğu (mm), koleoptil uzunluğu (mm), plumula uzunluğu (mm) ve tohum vigor indeksi özellikleri incelenmiştir. Çimlenme testinde genotip başına 25 tohum kullanılmış ve tohumlar petri kaplarındaki çift katlı filtre kağıdının arasına yerleştirilmiştir. Temel bileşen biplot analizi (PCA) bakımından, temel bileşenler çimlenme özellikleri için genotipler arasındaki toplam varyasyonun % 63'ünü açıklamıştır. Aday gen ilişkilendirme analizi sonucunda, çimlenme hızı ile ilişkili 8 QTL, çimlenme gücü ile ilişkili 5 QTL, radikula uzunluğu ile ilişkili 5 QTL, koleoptil uzunluğu ile ilişkili 5 QTL, plumula uzunluğu ile 4 QTL ve tohum vigor indeksi ile ilişkili 6 QTL olmak üzere toplamda 33 genomik bölge tespit edilmiştir. İlk kez bu çalışmada çimlenme özellikleri ile ilişkili yeni QTL'ler tespit edilmiş ve farklı kromozomlarda yer alan bu QTL'lerin doğrulamasından sonra farklı populasyonlarda yeni markörler olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** yulaf, 6K SNP çip, çimlenme özellikleri, PCA, QTL

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı, 03/2022

Danışman: Doç. Dr. Ziya DUMLUPINAR

Sayfa sayısı: 80

**ASSOCIATION MAPPING ANALYSIS OF SOME GERMINATION  
TRAITS OF TURKISH ORIGIN OAT GENOTYPES**

**(M.Sc. THESIS)**

**Berk Abdullah KOÇAK**

**ABSTRACT**

With its complex genome structure, oat has become a plant that studies are gradually increasing with the current development of quantitative genetics. However, the genetic control of germination traits in oats is not clearly understood and no comprehensive study has been reported so far. This study was conducted to detect some germination traits of local genotypes collected from different countries in our country association mapping panel composed of local genotypes collected from different regions in our country and associate with genotypic data obtained from 6K SNP chip. In the study, 171 local oat genotypes consisting of 167 local oat genotypes and 4 registered varieties were used as plant material. The research was designed according to augmented trial design with six replications under laboratory conditions. The traits of germination rate (%), germination ratio (%), radicle length (mm), coleoptile length (mm), plumula length (mm) and seed vigor index were studied in the experiment. In the germination test, 25 seeds per genotype were used and the seeds were placed in double layers of filter paper in petri dishes. According to the principal component biplot analysis, principal components explained (PC1 and PC2) explained (41.5 and 21.5%, respectively) 63% of total variation among the genotypes for germination traits. As a result of candidate gene association mapping, totally of 33 genomic regions were identified including 8 QTL associate with germination rate, 5 QTL associate with germination ratio, 5 QTL associate with radicle length, 5 QTL associate with coleoptile length, 4 QTL associate with plumula length and 6 QTL associate with seed vigor index. For the first time, new QTL associate with germination traits were identified in this study and it was concluded that these QTL placed on the different chromosomes could be used as new markers in different populations after validation of them.

**Key Words:** oat, 6K SNP chip, germination traits, PCA, QTL

Kahramanmaraş Sütçü İmam University  
Institute for Graduate Studies in Science and Technology  
Department of Agricultural Biotechnology, 03/2022

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ziya DUMLUPINAR

Page numbers: 80

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tez araştırması olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın planlaması, denemenin yürütülmesi, istatistiksel analizler ve sonuçların yorumlanmasına kadar olan tüm aşamalarda bana verdiği destek, katkı, öneri, sıcakkanlılığı ve yüksek lisans eğitimim boyunca gösterdiği ilgiden dolayı danışmanım Doç. Dr. Ziya DUMLUPINAR'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı iletmek isterim.

Yüksek lisans çalışmamdaki verilerin analizlerinde katkılar sunan Doç. Dr. Adem BARDAK'a, Prof. Dr. Aydın AKKAYA'ya, Prof. Dr. Tevrican DOKUYUCU'ya ve bölümümüzün diğer öğretim üyelerine, çalışmanın veri analizlerinde yardım eden ve tez jürimde yer alarak beni onurlandıran Düzce Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Hüseyin Güngör'e,

Laboratuvarda deneme sırasındaki aksaklıkların giderilmesinde ve çözümlerin kolaylığı noktasında bana yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. İlker YÜCE'ye ve bölümümüz yüksek lisans öğrencilerinden Ahmet Furkan GÜVERCİN'e,

Lisans dönemim boyunca fikir birliği ederek yüksek lisansa başlamamda büyük vesileleri olarak duyarlılıkları ve tutumlarından dolayı Prof. Dr. Ahmet OKUMUŞ ve Dr. Öğretim Üyesi Yılmaz KAYA'ya ve hayatımda unutulmayacak izler bırakarak hep arkamda olan ismini sayamadığım bütün sevdiğim dostlarıma,

Benim buralara kadar gelmemde hem maddi hem de manevi olarak çok büyük emek, fedakârlıklarıyla uygulandıran annem Figen DORUK'a, babam Halil KOÇAK'a, anneannem Ayşe DORUK'a, yanımda olmasa da özlemini hep hissettiğim ismini taşımaktan gurur ve mutluluk duyduğum rahmetli dedem Abdullah Erol DORUK'a, teyzem Naciye BİRİCİK'e, dayım Gökhan DORUK'a ve tabii ki de beraber büyüyerek hayatta yaşamayı öğrendiğimiz üçüz kardeşlerim Cenk Mustafa KOÇAK ve Koray Mehmet KOÇAK'a sonsuz minnettar olduğumu bildirerek bu çalışmanın Türk tarımına ve ülke biliminde aşılmasını dilediğim zorlukların üstesinden gelinmesinde katkılar sunmasını umut ederim.

Berk Abdullah KOÇAK

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                        |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ÖZET .....                                                                             | i    |
| ABSTRACT .....                                                                         | ii   |
| TEŞEKKÜR .....                                                                         | iii  |
| İÇİNDEKİLER .....                                                                      | iv   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                                                  | vi   |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                                                | viii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....                                                   | ix   |
| 1. GİRİŞ .....                                                                         | 1    |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....                                                             | 8    |
| 2.1. Yulafta Tarımsal Özelliklerle İlgili Yapılan Çalışmalar .....                     | 8    |
| 2.2. Yulafta Tarımsal Özelliklerle İlgili Yapılan Gen Haritalama ve QTL Çalışmaları .. | 10   |
| 3. MATERYAL METOT .....                                                                | 13   |
| 3.1. Materyal .....                                                                    | 13   |
| 3.2. Metot .....                                                                       | 18   |
| 3.2.1. Laboratuvar Çalışmaları .....                                                   | 18   |
| 3.2.1.1. Deneme Şartları ve Çimlendirme Testi .....                                    | 18   |
| 3.2.2. İncelenen Özellikler (Fenotipleme) .....                                        | 19   |
| 3.2.2.1. Çimlenme Hızı (%) .....                                                       | 19   |
| 3.2.2.2. Çimlenme Gücü (%) .....                                                       | 19   |
| 3.2.2.3. Koleoptil Uzunluğu (mm) .....                                                 | 19   |
| 3.2.2.4. Plumula Uzunluğu (mm) .....                                                   | 19   |
| 3.2.2.5. Radikula Uzunluğu (mm) .....                                                  | 19   |
| 3.2.2.6. Tohum Vigor İndeksi .....                                                     | 19   |
| 3.2.3. Fenotipik Verilerin İstatistiksel Analizi .....                                 | 19   |
| 3.2.4. Fenotip ile Genotip Arasında Aday Gen İlişki Haritalama Analizi .....           | 20   |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....                                                          | 22   |
| 4.1. Çimlenme Hızı (%) .....                                                           | 22   |
| 4.2. Çimlenme Gücü (%) .....                                                           | 27   |
| 4.3. Radikula Uzunluğu (mm) .....                                                      | 32   |
| 4.4. Koleoptil Uzunluğu (mm) .....                                                     | 37   |
| 4.5. Plumula Uzunluğu (mm) .....                                                       | 42   |
| 4.6. Tohum Vigor İndeksi .....                                                         | 47   |
| 4.7. Temel Bileşen Biplot Analiz (PCA) Bulguları .....                                 | 52   |
| 4.8. Genotip Kalite Kontrolü, Populasyon Yapısı ve Kinship Analiz Bulguları .....      | 54   |
| 4.9. Bağlantı Dengesizliği (Linkage Disequilibrium) .....                              | 58   |

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 4.10. Aday Gen İlişki Haritalama Analizi.....                | 59 |
| 4.10.1. Çimlenme Hızı ile İlişkili Aday Markörler .....      | 59 |
| 4.10.2. Çimlenme Gücü ile İlişkili Aday Markörler .....      | 61 |
| 4.10.3. Radikula Uzunluğu ile İlişkili Aday Markörler .....  | 63 |
| 4.10.4. Koleoptil Uzunluğu ile İlişkili Aday Markörler.....  | 66 |
| 4.10.5. Plumula Uzunluğu ile İlişkili Aday Markörler .....   | 68 |
| 4.10.6. Tohum Vigor İndeksi ile İlişkili Aday Markörler..... | 70 |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....                                   | 74 |
| 6. KAYNAKLAR.....                                            | 75 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                               | 80 |





## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.1. Yerel yulaf genotiplerinin çimlenme hızına ait histogram grafiği .....                                                                                              | 26 |
| Şekil 4.2. Yerel yulaf genotiplerinin çimlenme gücüne ait histogram grafiği .....                                                                                              | 31 |
| Şekil 4.3. Yerel yulaf genotiplerinin radikula uzunluğuna ait histogram grafiği .....                                                                                          | 36 |
| Şekil 4.4. Yerel yulaf genotiplerinin koleoptil uzunluğuna ait histogram grafiği .....                                                                                         | 41 |
| Şekil 4.5. Yerel yulaf genotiplerinin plumula uzunluğuna ait histogram grafiği .....                                                                                           | 46 |
| Şekil 4.6. Yerel yulaf genotiplerinin tohum vigor indeksine ait histogram grafiği .....                                                                                        | 51 |
| Şekil 4.7. Araştırmada incelenen bazı çimlenme özelliklerinin koordinat düzleminde<br>gruplandırılması ve Türk orijinli yulaf genotipleriyle ilişkisine ait Biplot grafiği     | 54 |
| Şekil 4.8. Türk yulaf genotiplerindeki bireyler ve 6K SNP çip markörlerindeki<br>heterozigotluk frekanslarının histogram grafiğinde dağılım durumları .....                    | 55 |
| Şekil 4.9. Markör yoğunlukları ve yığılım frekanslarının histogram grafiğinde dağılım<br>durumları .....                                                                       | 55 |
| Şekil 4.10. Ana bileşenlerin tarama plotu .....                                                                                                                                | 56 |
| Şekil 4.11. Türk yulaf genotiplerinin populasyon yapısının 3D kümelenmiş görüntüsü ....                                                                                        | 56 |
| Şekil 4.12. 6K SNP çip markörleri kullanarak Türk yulaf genotipleri arasındaki ilişkiyi<br>gösteren çift yönlü kinship matrisi ve genetik kümeleme ısı haritası .....          | 57 |
| Şekil 4.13. LD bozulmasının yayılım grafiği .....                                                                                                                              | 58 |
| Şekil 4.14. Çimlenme hızı ile ilişkili SNP markörlerinin genomik pozisyonları ve -<br>log <sub>10</sub> (p) değerlerinin önem seviyesine ait Manhattan plot grafiği .....      | 60 |
| Şekil 4.15. Gözlenen ve beklenen -log <sub>10</sub> (p) değerinin çimlenme hızı yönünden Q-Q plot<br>eşleştirme grafiği .....                                                  | 60 |
| Şekil 4.16. Çimlenme gücü ile ilişkili SNP markörlerinin genomik pozisyonları ve -log <sub>10</sub><br>(p) değerlerinin önem seviyesine ait Manhattan plot grafiği .....       | 62 |
| Şekil 4.17. Gözlenen ve beklenen -log <sub>10</sub> (p) değerinin çimlenme gücü yönünden Q-Q plot<br>eşleştirme grafiği .....                                                  | 62 |
| Şekil 4.18. Radikula uzunluğu ile ilişkili SNP markörlerinin genomik pozisyonları ve -<br>log <sub>10</sub> (p) değerlerinin önem seviyesine ait Manhattan plot grafiği .....  | 64 |
| Şekil 4.19. Gözlenen ve beklenen -log <sub>10</sub> (p) değerinin radikula uzunluğu yönünden Q-Q<br>plot eşleştirme grafiği .....                                              | 64 |
| Şekil 4.20. Koleoptil uzunluğu ile ilişkili SNP markörlerinin genomik pozisyonları ve -<br>log <sub>10</sub> (p) değerlerinin önem seviyesine ait Manhattan plot grafiği ..... | 66 |

|                                                                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.21. Gözlenen ve beklenen $-\log_{10}(p)$ değerinin koleoptil uzunluğu yönünden Q-Q plot eşleştirme grafiği.....                                              | 67 |
| Şekil 4.22. Plumula uzunluğu ile ilişkili SNP markörlerinin genomik pozisyonları ve $-\log_{10}(p)$ değerlerinin önem seviyesine ait Manhattan plot grafiği .....    | 69 |
| Şekil 4.23. Gözlenen ve beklenen $-\log_{10}(p)$ değerinin plumula uzunluğu yönünden Q-Q plot eşleştirme grafiği.....                                                | 69 |
| Şekil 4.24. Tohum vigor indeksi ile ilişkili SNP markörlerinin genomik pozisyonları ve $-\log_{10}(p)$ değerlerinin önem seviyesine ait Manhattan plot grafiği ..... | 71 |
| Şekil 4.25. Gözlenen ve beklenen $-\log_{10}(p)$ değerinin tohum vigor indeksi yönünden Q-Q plot eşleştirme grafiği.....                                             | 72 |



## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan Türk yulaf genotipleri ve tescilli çeşitler.....           | 13 |
| Çizelge 4.1. Yulaf genotiplerinde çimlenme hızına ait varyans analiz tablosu.....            | 22 |
| Çizelge 4.2. Yulaf genotiplerinde çimlenme hızına ait denemedeki veri değerleri .....        | 22 |
| Çizelge 4.3. Yulaf genotiplerinde çimlenme gücüne ait varyans analiz tablosu.....            | 27 |
| Çizelge 4.4. Yulaf genotiplerinde çimlenme gücüne ait denemedeki veri değerleri.....         | 27 |
| Çizelge 4.5. Yulaf genotiplerinde radikula uzunluğuna ait varyans analiz tablosu. ....       | 32 |
| Çizelge 4.6. Yulaf genotiplerinde radikula uzunluğuna ait denemedeki veri değerleri. ....    | 32 |
| Çizelge 4.7. Yulaf genotiplerinde koleoptil uzunluğuna ait varyans analiz tablosu .....      | 37 |
| Çizelge 4.8. Yulaf genotiplerinde koleoptil uzunluğuna ait denemedeki veri değerleri .....   | 37 |
| Çizelge 4.9. Yulaf genotiplerinde plumula uzunluğuna ait varyans analiz tablosu .....        | 42 |
| Çizelge 4.10. Yulaf genotiplerinde plumula uzunluğuna ait denemedeki veri değerleri ....     | 42 |
| Çizelge 4.11. Yulaf genotiplerinde tohum vigor indeksine ait varyans analiz tablosu. ....    | 47 |
| Çizelge 4.12. Yulaf genotiplerinde tohum vigor indeksine ait denemedeki veri değerleri. .... | 47 |
| Çizelge 4.13. Çimlenme hızı özelliği için CMLM ilişkilendirme sonuç çizelgesi .....          | 61 |
| Çizelge 4.14. Çimlenme gücü özelliği için CMLM ilişkilendirme sonuç çizelgesi.....           | 63 |
| Çizelge 4.15. Radikula uzunluğu özelliği için CMLM ilişkilendirme sonuç çizelgesi.....       | 65 |
| Çizelge 4.16. Koleoptil uzunluğu özelliği için CMLM ilişkilendirme sonuç çizelgesi .....     | 67 |
| Çizelge 4.17. Plumula uzunluğu özelliği için CMLM ilişkilendirme sonuç çizelgesi .....       | 70 |
| Çizelge 4.18. Tohum vigor indeksi özelliği için CMLM ilişkilendirme sonuç çizelgesi....      | 72 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|                                |                                                                                             |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| BC <sub>2</sub> F <sub>2</sub> | : Geriye melezden oluşturulan 2. generasyon populasyon                                      |
| NaOCl                          | : Sodyum hipoklorit asit                                                                    |
| cM                             | : Santi Morgan                                                                              |
| CMLM                           | : Compressed Mixed Linear Model                                                             |
| DNA                            | : Deoksiribonükleik asit                                                                    |
| DArT                           | : Diversity Arrays Technology                                                               |
| EST                            | : Expressed Sequencing Tags                                                                 |
| FarmCPU                        | : Fixed and random model Circulating Probability Unification                                |
| GAPIT                          | : Genome Association and Prediction Integrated Tool                                         |
| GWAS                           | : Genom Boyunca İlişkilendirme Çalışmaları                                                  |
| ISTA                           | : International Seed Testing Association                                                    |
| KASP                           | : Rekabetçi Allele Özgü PCR (Kompetitive Allele Specific PCR)                               |
| LD                             | : Bağlantı Eşitsizliği (Linkage Disequilibrium)                                             |
| MAF                            | : Düşük allel frekansı (Minor Allele Frequency)                                             |
| PCA                            | : Principal Component Analysis (Temel Bileşen Analizi)                                      |
| R <sup>2</sup>                 | : Coefficient of Determination (Korelasyon Katsayısı)                                       |
| RFLP                           | : Sınırlandırılmış Fragment Uzunluk Polimorfizmi (Restriction Fragment Length Polymorphism) |
| RILs                           | : Kendilenmiş Islah Hatları (Recombinant Inbred Lines)                                      |
| SNP                            | : Tek Nükleotid Polimorfizmi (Single Nucleotide Polymorphism)                               |
| SSR                            | : Basit Dizi Tekrarları (Simple Sequence Repeats)                                           |
| QTL                            | : Quantitative Trait Loci (Kantitatif Karakter Lokusu)                                      |

## 1. GİRİŞ

Gramineae familyasına ait olan yulaf (*Avena sativa* L.), binlerce yıl öncesinden beri hem insanoğlu hem de çiftlik hayvanları için gıda ve beslenme amaçlı olarak kullanılan önemli bir serin iklim tahıl bitkisidir. Kromozom sayılarına göre yulaflar diploid, tetraploid ve hekzaploid olmak üzere 3'e ayrılır. *Gramineae* familyasında bulunan *Avena* cinsine ait olan yulaf türlerinin temel kromozom sayısı yedidir ( $n=7$ ). Bu cinsin içerisinde ploidi seviyeleri diploid ve hekzaploid arasında değişen yaklaşık 30 tür yer almaktadır. Yulafın *Avena* cinsi A, B, C ve D olarak isimlendirilen dört farklı genomu kapsamakta olup, diploid türlerin A ya da C genomlarına, tetraploid türlerin AC ya da AB genomlarına, hekzaploid türlerin ise ACD genom yapısına sahip olduğu bilinmektedir. Günümüze kadar B ya da D genomunu taşıyan diploid bir yulaf türüne rastlanmamıştır (Yan ve ark., 2016). *Avena* cinsi zengin tür ve genom çeşitliliği ile türlerarası önemli bir allel geçiş kaynağına sahiptir ve hastalıklara dayanıklılıktan verime kadar birçok özellik unsurlarıyla ilgili genleri taşımakta olmasının yanında, yabani türlerde bulunan faydalı genlerin karakterize edilip melezleme yoluyla transfer edilmesinde ön plana çıkmaktadır (Loskutov, 2008). Besinsel değerindeki sürekli ilgi ve geçmişte sağlanan ilerlemelere rağmen, yulafın tüm genom dizisi henüz raporlanmamıştır. Hekzaploid yulafın genom büyüklüğü 12 Gb'dır. Yulafın genomu büyük, geniş, sürekli olarak katlanan tekrarlı dizilerden oluşmaktadır. Bu durum kompleks genom yapısına sahip olan hekzaploid yulafta tüm genomun birleştirilmesini zora sokarak referans kaynak ihtiyacını kuvvetlendiriyor (Sanz ve ark., 2010).

Yulaf mısır, buğday, arpa, çeltik ve sorgumdan sonra küresel olarak tahıl üretiminde altıncı sırada yer almaktadır (Gazal ve ark., 2014). Dünyada serin iklim tahılları içerisinde buğday ve arpadan sonra yulaf, 23.1 milyon ton üretimi ile 3. sırada yer almaktadır ve ortalama dekara verimi 234 kg/da olarak belirlenmiştir (Anonymous, 2020). Yulaf dünyada 9.9 milyon ha ekim alanında ekilmektedir ve 23 milyon ton ürün elde edilmektedir. Ülkemizde ise 105.000 hektar alanda 260.000 ton üretimi yapılmaktadır (FAO, 2020). Ayrıca, yeşil ot grubunda daha büyük alanlarda ekimi yapılarak hayvancılıkta kaba yem olarak da kullanılmaktadır. Ülkemiz kültürüne alınmış yulaf türleri bakımından sahip olduğu geçit kuşağıyla zengin birikime sahiptir. Kültürü yapılmakta olan yulafın (*Avena sativa* L. ve *Avena byzantina* Koch.) geçmişinin Anadolu Bölgesin'den geldiği bildirilmekte ve ülkemizin yulaf tür ve çeşit zenginliği açısından önemli bir yerinin

olduğu belirtilmektedir (Kün, 1996). Yulaf kendine döllen bir tür olmakla beraber, farklı unsurların yapısına göre çok nadir de olsa %1-2 oranında yabancı döllenme yapısına sahiptir. Bu bilgi yulafta önemli ölçüde genetik varyasyonlar ve açılımların ortaya çıkmasının ana sebebidir (Vilaro ve ark., 2004). Yerel çeşitler, yüksek verimli ve kaliteli yeni çeşitlerin geliştirilmesinde bitki ıslahçılarına fırsatlar ve yenilikler sunan önemli doğal genetik kaynaklardır. İklim ve bulunduğu coğrafi konumu itibariyle, Türkiye birçok yabancı ve kültür çeşitlerini bulunduran tahılların önemli bir orijin merkezidir. Bu yüzden, genetik çeşitlilik önemli derecede yüksektir. Türkiye yulafın önemli gen merkezlerinden biridir (Dumlupınar ve ark., 2011).

Hastalıkların gelişimi, kuraklık, çevresel stres, fizyolojik bozukluğa maruz kalmak gibi yüksek derecede savunmasızlığın söz konusu olduğu faktörlerden dolayı, çimlenme tohumun yaşam döngüsünde geçirmiş olduğu en kritik aşama olarak kabul edilmektedir. Çimlenmede bu süreç; olgunlaşmış kuru tohumun su alımıyla başlayarak tohum kabuğundan radikulanın çıkışıyla sonlanan yaşamsal faaliyetleri bir araya getirir (Rajjou ve ark., 2012). Diğer birçok bitki gibi yulafın toprak sıcaklığındaki artış durumu göze alınarak daha hızlı bir çimlenme göstermesine rağmen, en önemli hedef biyolojik kısıtlamalar ile erken ekim süresini dengelemek ve tohuma zarar verebilecek çeşitli patojenlerin (bakteriler, böcekler) baskısını azaltmayı kolaylaştırmaktır. Derin sürüm sonrası arazide yapılacak olan ekim, üniform tohum yoğunluğuna sahip olması ve çimlenme için uygun nem koşullarının devam etmesine yardımcı olması için yeterli bir genişlikte olmak zorundadır. Yulaf fideleri koleoptil ve mezokotilin uzamaya devam etmesiyle kendini gösterir. Ayrıca, yulaf bitkisinin buğday ve arpa gibi diğer tahıllara göre güvenilir bir şekilde daha derine ekilebilir. Birçok yulaf için tavsiye edilen ekim derinliği 3 ile 6 cm arasında değişkenlik göstermektedir (Anonim, 2020). Hartmann ve ark. (1997), bir tohumda çimlenme faaliyetinin başlatılabilmesi için 3 tane uygun koşulun olması gerektiğini bildirmişlerdir. Bunlar: 1) Tohum materyalinin canlı olması, 2) Tohum dormansisinin çözülmüş olması, 3) Tohumun laboratuvarında uygun çevre şartlarının baskısı altında tutulması (yeterli miktarda embriyoyu besleyecek su, uygun sıcaklık düzeni, oksijen desteği ve parlak ışık kalitesi). Tohum vigoru, tarla ya da arazi şartlarında hızlı bir üniform çıkış ve gelişme yeteneğini belirleyen kompleks bir çimlenme özelliğidir. Ancak, tohum vigoru kavramı yıllar içerisinde değişime uğramış ve ISTA (International Seed Testing Association) tarafından zengin içeriğiyle genişletilerek şu şekilde ifade edilmiştir: Geniş aralıklı çevrelerde kabul edilen çimlenme kayıplarının durumunu ve performansını

belirleyen özelliklerin toplamıdır. Bu tanımın bir unsuru olarak tohum performans durumuna dahil edilmesiyle beraber, tohumların çimlenme hızı, üniformitesi, pek uygun olmayan şartlar içerisinde çıkabilme kuvveti, uzun süre muhafaza sonrası çimlenme kabiliyetlerini devam ettirmelerini kapsayarak tek bir özelliğin ölçümünden ibaret olmadığı ortaya atılmıştır. (ISTA, 2015).

Yabani yulafın çimlenmeye olan tepkisinde fenotipik varyasyonun % 50'si genetik faktörler tarafından, diğer geriye kalan % 50'si de çevresel etkiden kaynaklanan kalıtsal bir özellik olduğu ifade edilmiştir (Jana ve Taylor, 1980). Jana ve ark. (1979) tarafından önerilmiş olan bir genetik modelde E lokusunun ilk 4 hafta içerisinde erken çimlenmeyi teşvik ettiği, bunun aksine çimlenememiş tohumların  $L_1$  ve  $L_2$  lokuslarının baskılaması sonucu yavaş olgunlaşmadan dolayı cansız kaldığı tespit edilmiştir. Bu model bazı popülasyonlarda 20 °C'de gözlemlenen çimlenme hızlarına dayalı incelenmiş olsa da ileri generasyonlarda test edilmediği için varsayım olarak kalmıştır. Yulafta tohum büyüklüğü ve genotipin, çimlenme üzerine olumlu bir etkisinin olduğu belirtilmektedir. Öte yandan, tahıllar arasında özellikle yulaf, arazide yapılan ekim sonrasında bitki büyüme ve gelişimini etkileyen çimlenme ve fide gelişim safhalarında kuraklık stresi yönüyle en dayanıksızdır. Hızlı ve mükemmel bir çimlenme tutumu, rekabetçi ürün yönetiminde dikkate alınması gereken püf noktalar olarak tarımsal üretimde kaçınılmaz olmaktadır. Kültürü yapılmakta olan yulafın erken bir tarihteki ekiminde hızlı çimlenme ve erken çıkışların parsellerdeki görünümü, ürünün yabani yulaflar üzerinde rekabetçi bir avantaja dönüşümünü sağlayarak tarımsal sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır (Willenborg, 2005).

Plumula ve radikula tohumun embriyosundaki iki önemli kısım olup, aralarındaki temel fark; radikula embriyonik kök olarak gelişirken, plumula embriyonik gövde olarak gelişim göstermektedir. Plumula, ilk gerçek yaprağa doğru gelişim gösteren yapısıyla tohum embriyosunun ilkel gövdesi olmakla beraber, iki kotiledon arasında yer almaktadır. Radikula çimlenme sırasında tohumdan görünen embriyonun ilk parçasıdır. Toprağa doğru gelişim yapısıyla büyüme göstererek embriyonun daha sonraki gelişimi için gerekli ve faydalı olan suyu emer (Panawala, 2017). Tohumun çimlenmesi ve erken fide çıkışı süresince, koleoptil de mezokotil ve scutellum embriyo kısımları gibi ciddi derecede büyüyerek gelişime devam eder ve farklı derinliklerde uzunluğu boğumundan ucuna kadar ölçülür (Raju ve Steeves, 1998).

Günümüzde klasik bitki ıslahındaki kalıtım derecesinin düşük derecede olması, fenotiplemeden kaynaklı maliyetler, melezleme yoluyla istenilen genlerin takibinin zor ve sınırlı oluşu ıslahçıları moleküler tekniklere yönlendirmiştir. Moleküler markörler, herhangi bir karakterde belirlenen genomdaki gen ya da gen bölgeleri ile ilişkili varyasyondan sorumlu DNA bölgelerdir. Günümüzde yulaf ıslah programlarında kullanılan SSR (simple sequence repeats), KASP, (Kompetitive Allele Specific PCR) SNP (Single Nücleotide Polymorphism), RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism) ve DArT (Diversity Arrays Technology) gibi birçok moleküler markör türü bulunmaktadır. Bu markörler, yulafta çeşitli tarımsal karakterlerle ilgili ıslah çalışmalarında yardımcı bir kaynak olarak kullanılmaktadır. SSR markörleri, mikrosatellite olarak da sunulan genellikle genomda sık aralıklarla değişen tekrarlanmış dizilerdir. Yüksek düzeyde polimorfik yapıda olmaları ve üretilebilirliğinin fazla olması en önemli avantajlarıdır ve günümüzde hala kullanışlıdır. Yulafta 2000 kadar SSR kullanılmasına rağmen, sadece 348 tane markör geniş ölçüde yayınlandı. Çünkü SSR markörü geliştirmek zor ve maliyetlidir. Bu markörlerin literatürdekilerinin birçoğu EST (Expressed Sequencing Tags) veri tabanlarından geliştirilmiştir. Yulafta SSR'lar genoma özgü polimorfizmin yanı sıra, *Avena* türleri ve çeşitleri arasındaki ilişkileri incelemek için de uygulanmıştır (Becher, 2007).

SNP markörleri, bir popülasyondaki iki allelin gözlemlendiği durumda tek nükleotid farklılıklarından ortaya çıkan lokusu tanımlar. SNP'ler bitki ve hayvan genomlarında sekans polimorfizminin en yaygın rastlanan türünü temsil eder. SNP markörleri stabilitesi, kullanım kolaylığı, aşırı derecede düşük mutasyon oranı, yüksek genotipleme kapasitesine sahip olmasından ötürü birçok bitki türünde yaygın bir şekilde kullanışlı hale gelmeye başlamıştır. SNP'lerin kullanımı geniş çaplı bir ıslah popülasyonunda birçok özelliğin kolaylıkla seçimine imkân tanıyarak daha az riskle seleksiyonu kazanca dönüştürür. Bugün birçok moleküler bitki ıslah programları SNP markörlerine dayalı olarak yürütülmektedir ve germplasm, gen kaynakları, ıslah hatlarındaki belirli özellikleri kontrol eden genlerin haritalarının çıkarılmasında genomdaki farklılıklara esasen genetik etkileşimlerin gücünü temsil etmektedir (Tulum ve ark., 2020).

Son yıllarda yeni nesil dizileme teknolojisindeki gelişmeler ve mevcut durumu bitki genomu alanında genotiplemenin seyir değiştirerek yüksek kapasiteli ve daha kesin sonuçlar veren çipe dayalı farklı platformların bir arada bulunmasına imkân tanımıştır. Ancak, biyoteknoloji alanında gelişmekte olan ülkelerde kamu sektörünün birçoğunda



ıslahçılar geniş çaplı markör uygulamalarının aksamaması için hala klasik PCR'a dayalı markörlere odaklanmaktadır (Rasheed ve ark., 2017).

Tarımsal olarak birçok kompleks özelliğin fenotipik varyasyonu ya da genetik mimarisi kesikli ve sürekli değişken etkiye sahip QTL'ler (kantitatif karakter lokusu), çevre interaksiyonları, çevre ve QTL'ler arasındaki interaksiyonlardan etkilenmektedir. LD (linkage disequilibrium) olarak da bilinen ilişki haritalaması, popülasyon seviyesinde tarihsel ve nedensel polimorfizme dayanan rekombinasyon olaylarını açığa çıkararak fenotipik ve genotipik veriler arasındaki ilişkiden sorumlu aday genlerin belirlenmesinde kompleks özelliklerin kalıtım mekanizmasını ortaya koyabilen güçlü ve etkili bir araçtır. Geleneksel bağlantı haritalamasına yeni bir alternatif yaklaşım olarak ilişki haritalamasının 3 avantajı vardır: 1) artırılmış harita yoğunluğu, 2) geleneksel bağlantı analizlerinde kullanılan daha fazla maliyet ve çaba gerektiren haritalama popülasyonlarına (F2, BC, RIL) gerek kalmadan geniş ve eşsiz bir çeşitliliğe sahip doğal popülasyonlarda kısalan araştırma süresi, 3) daha fazla allel çeşitliliği (Yu ve Buckler, 2006). Özel bir çalışmanın boyutuna ve ilgi noktasına dayalı olarak ilişki haritalaması iki alt kategoriye ayrılmaktadır. Bu yaklaşımlar belirli özellikler için fenotipik varyasyonu kontrol etmede rol almış olduğu ifade edilen aday genlerdeki nedensel polimorfizmleri ilişkilendiren aday gene dayalı ilişki haritalama yöntemi ve çeşitli özellikler bakımından ilişki zirvelerini ve noktalarını bulmak için tüm genomdaki genetik varyasyonu araştıran GWAS olarak bilinen genom boyu ilişkilendirme çalışmalarıdır.

Hem bağlantı hem de ilişki haritalaması çalışmaları, belirli fenotipik özelliklerdeki SNP polimorfizmleri ve komşu DNA varyantlarının diseksiyonu ve eş kalıtımına odaklanır. İlişki haritalamasında yüksek çözünürlüklü haritalama için tarihsel rekombinasyon ve doğal genetik çeşitlilik keşfedilirken, bağlantı analizinde ise atasal kökene dayanan ebeveyn aileler ve döllerde rekombinasyon olaylarının gerçekleşmesi için sınırlı sayıda fırsatların olduğu QTL lokuslarının frekansları bulunur (Zhu ve ark., 2008). Her iki yaklaşımın da birbirine göre farklılıkları, avantajları, dezavantajları, zorlukları, maliyetleri ve gereklilikleri vardır. İlişki haritalamasında, LD bozulması (LD decay) markör-karakter ilişkisini belirlerken önemli bir kriter ve avantaj olarak kullanılmaktadır.  $r^2$  değeri, fenotipik özellik varyasyonu ile önemli derecede ilişkili SNP'leri ya da haplotip gruplarını tanımlaya katkıda bulunan en ideal ölçüm göstergesidir. Normalde LD bozulmasını tanımlamak için yaygın olarak 0.1 ya da 0.2  $r^2$  değeri kullanılmaktadır. Eğer işlevsel polimorfizm  $h^2_q$  olan toplam özellik varyasyonunun bir kısmına katkı yapacak

olursa,  $r^2$ 'nin bu SNP tarafından açıklanabilen özellik varyasyonunun  $r^2 \times h^2_q$  olacak başka bir SNP ile LD (linkage disequilibrium) değeri vardır (Ducrochq ve ark., 2008).

Genom boyu LD, genom taraması için markör yoğunluğu ve haritalama çözünürlüğünü belirler. Eğer LD bozulması kısa bir mesafe içine düşerse, harita çözünürlüğünün yüksek olması beklenir. Ancak, bu durum ilişkilendirme analizi için geniş ve kapsamlı markör setlerini gerektirir. Diğer durumun aksine, LD bazen cM'da uzun bir mesafedeki alana yayılırsa, harita çözünürlüğünün düşük olmasıyla sonuçlanır. Bu durum da nispeten daha düşük markör sayısına ihtiyacı mümkün kılar (Bradbury ve ark., 2007). LD, birbirine yakın ya da komşu olan lokuslar arasındaki allellerin rastgele olmayan ilişkisini tanımlar. LD popülasyona dayalı bir olgu olmasına rağmen, beraber daha sıkı bulunan alleller arasında daha kapsamlı bir şekilde LD'ye eğilim ve bağlılık olduğu gözlenmektedir. Rekombinasyon, genetik sürüklenme, çiftleşme düzeni ve karışımı dahil birçok genetik ve genetik olmayan faktörler LD yapısını etkiler. İlişki haritalamasında kritik anahtar, birbirine fiziksel mesafede bulunan markör ve fonksiyonel lokus arasındaki LD bozulmasıdır. Kantitatif özellik bakımından QTL haritalamada LD kullanımı daha zordur. Ancak ilgili bir özelliği kontrol eden bir QTL pozisyonunun bulunmasına daha kesin bir doğrulukla izin verdiği için ileriye dönük olarak kullanımı uygundur. QTL keşfi için bağlantı ve ilişkilendirme analizi kıyaslandığında, ilişkilendirme analizinin fenotipik etkiye sahip bireysel QTL'lerin yerlerinin daha kesin bir doğrulukla bulunmasına imkân sağlarken, geleneksel bağlantı haritalamasının QTL'ler için genom çapı taramada daha kullanışlı ve önemli olduğu ortaya konmuştur. İlişki haritalaması, QTL etkinliğini incelemede binlerce SNP polimorfizminin dikkate alındığı yeni modern bir yaklaşımdır ve bağlantı analiziyle karşılaştırıldığında binlerce dölden oluşan açılım popülasyonları gerektirmediği için daha uygun ve ekonomiktir. İlişki haritalaması, fenotipik varyasyon ve genetik polimorfizm arasındaki ilişkiyi incelemek için LD'ye odaklanan bir uygulamadır (Mackay, 2001).

İlişki haritalamasında ilgili türlerin çok ebeveynli melezlerinden geliştirilen popülasyonlar ya da çeşitler dahil ıslah materyaline ait koleksiyonların bir araya gelmesiyle oluşan doğal popülasyon setinden geniş karışık örnekler kullanılır. Örnekler, pratikte kullanışlı olarak mevcut popülasyon koleksiyonundaki kadar çok fazla genetik çeşitlilik kapasitesine sahip olmalıdır. Bu örneklem setleri, ilişki haritalama popülasyonu, ilişki haritalama paneli ya da ilişki panelini oluştururlar (Kushwaha ve ark., 2017).

Bu çalışmanın amacı:

- I. Çeşitli gen bankalarından elde edilen Türkiye orijinli yerel yulaf genotiplerinde (171 adet) bazı çimlenme ve erken fide aşama özelliklerini belirlemek,
- II. Temel bileşenler analiziyle (PCA) incelenen özellikler ve genotipler arasındaki ilişkileri uyum ve performans açısından değerlendirmek,
- III. 6K SNP genotipleme verisini kullanarak aday gen ilişki haritalamasıyla CMLM modelini esas alarak çimlenme özellikleri ile ilişkili aday markörleri saptamaktır.



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1. Yulafta Tarımsal Özelliklerle İlgili Yapılan Çalışmalar

Dumlupınar ve ark. (2011), Kahramanmaraş'ın Afşin ilçesinde 2007-2008 yetiştirme sezonunda 193 adet Türkiye ve 12 adet ABD orijinli yulaf genotipini soğuğa dayanıklılık bakımından değerlendirmeyi amaçladıkları denemede çimlenme oranı (ÇO), kıştan çıkan bitki sayısı (KÇBS) ve kıştan çıkan bitki oranı (KÇBO) gibi özellikleri incelemişlerdir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre çimlenme oranı bakımından önemli farklılıklar görülmüştür. E35 çimlenme oranı bakımından en düşük değere sahip (% 11) genotip olurken, E1 genotipi en yüksek orana sahip (% 100) genotip olmuştur. Ayrıca yulaf genotipleri soğuğa dayanıklılık bakımından da önemli varyasyon göstermiştir. On iki ABD hattından Win- Nor- 10 genotipi hariç hepsi, 193 Türk yulafından 22'si (A1, A11, A18, A20, A21, A25, A42, A48, A56, A58, A60, A65, E5, E57, K3, K12, K37, K42, K50, K55, Seydişehir ve Faikbey) kıştan çıkan hatlar olmuştur. Kıştan çıkan bitki oranları bakımından en yüksek değerlere, Win-Nor-1 (%40), NCO-3497 (%33.8), K55 (%23.1), A11 (%22.1), NCO-2429 (%18.8), A20 (%17.3) ve Chekota (%15.7) genotipleri sahip olmuştur.

Sobayoğlu ve Top. (2016), Karaman iklim ve mevsim şartlarında yazlık ekime uygun yulaf çeşit adaylarının belirlenmesi amacıyla 2015 ürün yetiştirme sezonunda 4 tekerrürlü olarak kurulan denemede metrekarede salkım sayısı, bitki boyu, salkım boyu, kavuz oranı, bin tane ağırlığı ve tane verimi gibi agronomik özellikleri incelemeleri sonucu yaptıkları fenotipik ölçümlerde genotiplerin özelliklerin sırasına göre 430.0-532.5 adet, 54.6-72.8 cm, 15.7-18.1 cm, %7.3-%34.5, 25.3-46.9 g, 99.0-241.0 kg/da aralıklarında değişen değerlere sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Güngör ve ark. (2017), bazı ticari ve yerel yulaf genotiplerinin çimlenme ve erken fide dönemlerinde tuz stresine tepkilerini laboratuvar şartlarında incelemişlerdir. 24. saatteki su alım oranı (%), çimlenme yüzdeleri (%), kök uzunlukları (cm), sürgün uzunlukları (cm), kök yaş ağırlıkları (mg/bitki), sürgün yaş ağırlıkları (mg/bitki), kök kuru ağırlıkları (mg/bitki), sürgün kuru ağırlıkları (mg/bitki), tuza dayanıklılık indeksi (%) ve tohum güç indeksi gibi parametrelerin incelendiği araştırmada tüm özellikler yönüyle genotipler, tuz konsantrasyonu ve genotip x tuz konsantrasyonu interaksiyonlarının istatistiksel açıdan önemli düzeyde bulunduğunu bildirmişlerdir.

Kahraman ve ark. (2017), Edirne ve Kırklareli bölgelerinde 2 sezon boyunca 3 farklı lokasyonda 5 standart ve 11 yerel genotip olmak üzere toplam 16 yulaf genotip üzerinde 4 tekerrürlü bir şekilde kurulan denemede tane verimi, kalite ve bazı tarımsal özelliklerin fenotipik varyasyonunu ortaya koymak istediklerini belirterek incelenen özellikler yönünden genotipler ve lokasyonlar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli seviyede olduğunu açıklamışlardır. 2012–2013 yılı Edirne, 2013–2014 yılı Edirne ve Kırklareli lokasyonlarında genotiplerin tane verimi; 281.4–688.3, 349.1–828.0 ve 478.2–993.0 kg/da, bitki boyu; 110.8–156.0, 141.3– 177.5 ve 126.3–171.3 cm, olgunlaşma süresi; 29–37, 33–39 ve 36–43 gün, 1000 tane ağırlığı; 18.7–31.6, 19.6–38.7 ve 22.7–45.0 g, hektolitre ağırlığı; 43.9–55.5, 45.7–60.4 ve 44.0–60.7 kg/hl, protein oranı; %12.7–15.2, %10.9–14.3 ve %9.0–11.3, tane iç oranı %56.1–75.5, 62.5–77.7 ve %61.5–78.4, kavuz oranı; %24.5–43.6, %20.0–37.3 ve %21.6–38.2 ve 2.2 mm elek üstü %25.1–81.9, %17.3–93.7 ve %28.3–95.5 arasında değişim göstermiştir. Ayrıca, araştırmaya konu olan özelliklerin ölçümlendiği genotiplerden uygun özelliklere sahip, kısa boylu ve yatmaya dayanıklı olan 15 nolu hat 2014 yılında tescile gönderilmiştir.

Öner ve ark. (2018), çeşitli tuz konsantrasyonlarında uygulanan gibberellik asit uygulamalarının yulafta bazı çimlenme özellikleri üzerine tepkisini belirlemişlerdir. Araştırmada çimlenme oranı, radikula ve plumula uzunluğu, radikula ve plumula kuru ağırlığı gibi çimlenme parametreleri değerleri ölçülmüştür. Çalışmadaki bulgular sonucunda artan tuz konsantrasyonlarının, yulaftaki incelenen özelliklerden çimlenme oranı, radikula ve plumula uzunluğu üzerine etkisi önemli düzeyde bulunmuştur. 75 mM tuz konsantrasyonunun üzerindeki 150 ve 225 mM konsantrasyonlarda incelenen parametreler çok etkilenmiştir. Ayrıca, 225 mM dozundan çıkış yok denebilecek kadar az miktarda olmuştur. Araştırma bulgularından elde edilen bir diğer sonuç ise GA3 uygulamalarının etkisinin tam olarak görülemeyişi olmuştur. Araştırmacılar, bunun sebeplerinin; yulafin kavuzlu yapıda olması, GA3 dozlarının yeterli düzeyde olmayışı ve GA3 konsantrasyonlarının bekletme sürelerinin biraz daha uzun süreli olması gibi nedenlerden dolayı sonuç alınmadığını belirtmişlerdir.

Şahin ve ark. (2019), Orta Anadolu şartlarında yetiştirilmekte olan ülkesel kışlık yulaf ıslah programı kapsamında kullanılan toplamda 328 adet yulaf genotipinde tane verimi ile incelenen teknolojik özellikler arasındaki korelasyonun belirlenmesini amaçladıkları çalışmada, tane verimi (kg/da), bin tane ağırlığı (g), hektolitre ağırlığı (kg), protein oranı (%), yağ oranı (%), beta glukan (%), asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF)

(%), nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) (%) ve selüloz (%) oranları tespit edilmiştir. Tane verimi ile özellikler arasındaki önemli bulunan korelasyonlar ve regresyonlar incelenmiştir. Yulaf genotiplerinin ortalama tane veriminin 314.40 kg/da, tane verimi potansiyelinin 655 kg/da aralığına kadar çıktığı belirlenmiştir. Tane verimindeki artışa ek olarak, bin tane ağırlığı ve beta glukan oranı değişmemiş, protein oranı, yağ oranı, hektolitre ağırlığı, ADF miktarı azalmış, NDF ve selüloz miktarı artmıştır.

Mazurkievicz ve ark. (2019), 'URS Taura × Leggett' ve 'FL0206B-S-B-S1 × UFRGS 078030-1' melezlerinden geliştirilen F<sub>2</sub> ve F<sub>3</sub> generasyonundaki açılım gösteren iki ayrı yulaf populasyonlarında kalıtım derecesini tahmin etmek ve başaklanma tarihindeki fenotipik varyasyonu incelemek istemişlerdir. Yapılan incelemeler sonucunda her iki popülasyonda başaklanma için gün sayısında geniş bir genetik varyasyon olduğu görülmüştür. Bu iki popülasyonda da 0.48 ve 0.68'lik bir kalıtım katsayısı tahmin edilerek belirlenmiştir. URS Taura × Leggett populasyonunda 563 F<sub>2</sub> bireyleri arasında başaklanma için günler 79 ila 132 gün arasında değişim göstererek fenotipik varyasyona katkısı ortaya konmuştur. Başaklanma için ortalama gün sayısı 100 gün olarak belirlenmiştir. F<sub>2</sub> bireyleri arasında 53 günlük ve ebeveynler arasında 41 günlük geniş bir varyasyon gözlenmiştir. Başaklanma içi ortalama gün sayısı F<sub>3</sub> bireyleri arasında 76'dan 120 güne kadar değişmiştir. Tüm ortalaması ise 92 olarak bulunmuştur. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar her iki popülasyon için başaklanma tarihinin 2016 yılındaki dönemde 2015 yılındaki incelenen döller ve ebeveynlerin olduğu dönemden çok daha kısa olduğunu net bir şekilde ortaya koymuştur. Maksimum günlük sıcaklıkların 2016 yılında 2015 yılından çok daha yüksek bir eğilimde seyrettiği belirtilmiştir. Bu durum da iki sene boyunca başaklanma için gün sayısındaki farklılıkların yıllar arasındaki sıcaklıklardaki varyasyonları sınırlandırabileceğini göstermiştir. Kalıtım derecesi tahminleri, yulafta başaklanma tarihi için seleksiyonlara cevabın kendilemenin ilk generasyonlarında nispeten yavaşça gerçekleşebileceğini ifade etmiştir. Araştırmacılar, bu yüzden moleküler markör destekli seleksiyon yoluyla fenotip ve genotipe dayalı seleksiyonun genetik kazancı pratik olarak hızlandırabileceğini bildirmişlerdir.

## **2.2. Yulafta Tarımsal Özelliklerle İlgili Yapılan Gen Haritalama ve QTL Çalışmaları**

Yu, (2005), elverişli agronomik özelliklere sahip özellikle yüksek  $\beta$ -glukan içeriği olan yulaf hatları geliştirmek için 98 bireyden oluşan BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub> popülasyonunda, ileri geriye melez QTL analizi ve küllemeye dayanıklılık için iki izogenik hatta dayalı

genetik analizin ilk kez raporunu bildirmiştir. Üç lokasyonda, iki yılda BC<sub>2</sub>F<sub>2:5</sub> ve BC<sub>2</sub>F<sub>2:6</sub> hatlarından 11 özelliğin fenotipik verisi QTL tanımlanması için incelenmiştir. Basit aralıklı haritalama yöntemiyle yapılan analizde, 11 özellik için 60 önemli QTL bölgesi etkilenecek çoğu QTL'in en az iki çevrede stabil olduğu belirlenmiştir. Külleme dayanıklılık testleri, dayanıklılığın dominant bir gen tarafından kontrol edildiğini göstermiştir. Ayrıca, 1 kodominant SSR ve 20 AFLP markörünün dayanıklılık geniyle yakından sıkıca bağlı olduğu bulunmuştur.

Hizbai ve ark. (2012), 146 adet hattın oluşan bir RIL (recombinant inbred line) yulaf haritalama populasyonunda yağ asidi, yağ kompozisyonu ve bazı agronomik olarak önemli özellikler için DArT genotipleme yöntemiyle taranarak QTL bölgelerinin tanımlanması, etkilerinin incelenmesi ve haritalanmasını amaçlamışlardır. 40 bağlantı grubu boyunca 1271.8 cM genişliğindeki genomu kapsama aralığına sahip 475 DArT marköründen oluşan bir genom haritası oluşturulmuştur. Yapılan analizler sonucunda, basit ve karmaşık haritalama yaklaşımı kullanılarak yağ içeriği, palmitik asit, stearik asit, oleik asit, linoleik asit ve linolenik asit için belli QTL gruplarının yerleri belirlenerek tanımlanmıştır. Yağ içeriği ile ilişkili lokuslardan 2'sinin çalışmada incelenen yağ asitlerinin tamamıyla bağlantılı olduğu belirlenerek genlerin pleiotropik etkiye sahip olduğu ortaya konmuştur.

Tumino ve ark. (2017), yerel, eski ve modern çeşitlerden oluşan iki farklı sete ayrılmış 137 genotipten oluşan bir yulaf koleksiyonunda bitki boyu ve yatma özellikleri için GWAS gerçekleştirmişlerdir. GWAS analizleri sonucunda, yatma toleransı için iki ve bitki boyu için altı olmak üzere toplam sekiz önemli markör-özellik ilişkisi tespit edilmiştir. Kromozomlarda yeri belirlenen markörlerin bazılarının daha önceki çalışmalarda tanımlanmış bölgelerde haritalandığı görülmüştür. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, yatma toleransının bitki boyu gibi bazı bitkisel özellikler tarafından etkilenen kantitatif bir karakter olmasına rağmen, GWAS haritalamanın, yulafta yatma özelliği ile ilişkili markörleri belirlemede başarılı bir şekilde uygun ve önemli bir araç olarak markör destekli seleksiyona katkı sağlamada belirleyici bir teknik olduğunu ortaya koymuştur.

Carlson ve ark. (2019), yulafta iki farklı çevre koşulunda tohum yağ asidi kompozisyonunun genetik temelini ortaya koymak ve fenotipik varyasyonuyla ilişkili aday lokusları tanımlamak için ilk kez GWAS haritalama yapmışlardır. Üç farklı yaklaşımın kullanıldığı araştırmada, çoklu sabit değişken modelinde diğer PC ve tekli değişkenler

yöntemindeki belirlenen 129 ve 73 SNP markör-özellik ilişkisine kıyasla 148 genom boyu SNP markör-özellik ilişkisi ile sonuçlanmıştır. Araştırmadaki elde edilen sonuçlar ve bulgular, çoklu değişkendeki yağ asitleri arasındaki korelasyon yapısının net modellemesinin tek değişkendeki belirlenmiş tohum yağ asit miktarındaki varyasyonla ilişkili lokus tanımlamaya imkân tanıdığı fark edilebilir bir şekilde ifade edilmiştir.

McNish ve ark. (2020), elit yulaf germplasmında taçlı pasa dayanıklılığı kontrol eden QTL bölgelerini tanımlamak amacıyla genom boyu ilişki haritalama analizi yürütmüşlerdir. Farklı verilerin bir araya getirilip hazır hale getirildikten sonra, Mrg05, Mrg12, Mrg15, Mrg18, Mrg20 ve Mrg33 bağlantı gruplarında taç pası hastalığına dayanıklılığı artıran aday QTL'ler tanımlanmıştır. Bu QTL'lerden her biri Mrg02 bağlantı grubuna düşen başaklanma tarihi için belirlenen QTL için aynı bölgede rastlanılarak allel ilişkilerinin pleiotropik etkisini açığa çıkarmıştır. Bu çalışmanın öngörülebilir sonuçları, haritalama denemelerinde göz ardı edilen doğadaki kalıcı varyasyonun zenginliğine ve gücüne işaret ederek ıslah çalışmalarında önemli keşiflere yol açacağını belirtmiştir.

Haikka ve ark. (2020), kendilenmiş hatlar, çeşitler ve bazı erişime açık hesaplarda deoksinevalenol dayanıklılık özellikleri ve agronomik özellikler üzerinde markör-özellik ilişkilerini bulabilmek için GWAS ve markör etkilerine dayalı genomik tahmin metodunu uygulamışlardır. K modeli ile agronomik özelliklerden olgunlaşma özelliği ile ilişkili markör-özellik ilişkileri belirlenerek kromozom üzerindeki lokasyonlar tanımlanmaya çalışılmıştır. Üç önemli markör ilişkisinden ikisinin Bonferroni testine göre aşırı derecede ilişkili olduğu saptanarak bu markörler (M2425 ve M1103) aynı haplotip blok grubunda yer almıştır. Araştırmada diğer incelenen özellikler için önemli markör-özellik ilişkisine rastlanamamıştır. Çapraz doğrulamada bazı dayanıklılıkla ilişkili özellikler pozitif bir doğruluk sağlayarak genomik tahminin ümitvar bir metot ve çimlenme yeteneği için üretilen genomik ıslah değerlerinin yulaf ıslah programlarında kapasiteli ve genetik kazanca dönüştürmede önemli bir yol olduğunu göstermiştir. Araştırmacılar, denemelerindeki varyasyonun dayanıklılık özellikleri ve SNP'ler arasındaki önemli ilişkileri bulamamalarında yetersizlikten kaynaklanabileceğini ve ıslah materyalindeki varyasyonun daha fazla birikimle dayanıklılık ıslahı için faydalı olabileceğini bildirmişlerdir.



### 3. MATERYAL METOT

#### 3.1. Materyal

Bu çalışmaya konu olan yerel yulaf genotiplerine ait olan tohumlar önceki üretim sezonlarında ekilerek tek bitki seleksiyonuyla çoğaltılmıştır. Çalışmada bitki materyali olarak USDA-ARS-Ulusal Gen Bankasından (United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service, National Small Grains Collection) temin edilen 167 adet yerel yulaf genotipi ve ülkemizde tescilli olan 4 adet çeşit kontrol olarak (Arslanbey, Kahraman, Kırklar ve Yeniçeri) kullanılmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan Türk yulaf genotipleri ve tescilli çeşitler.

| No | Name      | Local Name       | collection No | Botanical Name      | Region    |
|----|-----------|------------------|---------------|---------------------|-----------|
| 1  | Arslanbey |                  |               |                     |           |
| 2  | Kahraman  |                  |               |                     |           |
| 3  | Kırklar   |                  |               |                     |           |
| 4  | Yeniçeri  |                  |               |                     |           |
| 5  | TL6       | 4322             | 168122        | <i>Avena sativa</i> | Afyon     |
| 6  | TL7       | 4327             | 168123        | <i>Avena sativa</i> | Afyon     |
| 7  | TL8       | 4110             | 170936        | <i>Avena sativa</i> | Afyon     |
| 8  | TL9       | 2101             | 119477        | <i>Avena sativa</i> | Ankara    |
| 9  | TL10      | 10342            | 178483        | <i>Avena sativa</i> | Ankara    |
| 10 | TL11      | 6                | 203450        | <i>Avena sativa</i> | Ankara    |
| 11 | TL12      | 83               | 204406        | <i>Avena sativa</i> | Ankara    |
| 12 | TL13      | CAV 2152         | 411399        | <i>Avena sativa</i> | Ankara    |
| 13 | TL15      | 1610             | 168068        | <i>Avena sativa</i> | Antalya   |
| 14 | TL21      | 151c-1           | 577978        | <i>Avena sativa</i> | Artvin    |
| 15 | TL26      | 1172             | 119474        | <i>Avena sativa</i> | Balıkesir |
| 16 | TL28      | 3305             | 168097        | <i>Avena sativa</i> | Balıkesir |
| 17 | TL37      | 3469             | 168101        | <i>Avena sativa</i> | Bursa     |
| 18 | TL38      | Cift Yulaf       | 168102        | <i>Avena sativa</i> | Bursa     |
| 19 | TL42      | Bayrak Sumbuleli | 177861        | <i>Avena sativa</i> | Bursa     |
| 20 | TL53      | 3089             | 168094        | <i>Avena sativa</i> | Çanakkale |
| 21 | TL55      | 5731             | 177852        | <i>Avena sativa</i> | Çanakkale |
| 22 | TL59      | CAV 2145         | 411416        | <i>Avena sativa</i> | Çankırı   |
| 23 | TL61      | 37c-1-1          | 577901        | <i>Avena sativa</i> | Çorum     |
| 24 | TL62      | 46b-1            | 577908        | <i>Avena sativa</i> | Çorum     |
| 25 | TL63      | 3282             | 119478        | <i>Avena sativa</i> | Edime     |
| 26 | TL64      | CAV 3422         | 411408        | <i>Avena sativa</i> | Edime     |

|    |       |             |        |                     |            |
|----|-------|-------------|--------|---------------------|------------|
| 27 | TL65  | CAV 3423    | 411409 | <i>Avena sativa</i> | Edime      |
| 28 | TL67  | CAV 3427    | 411411 | <i>Avena sativa</i> | Edime      |
| 29 | TL69  | CAV 2140    | 411401 | <i>Avena sativa</i> | Elazig     |
| 30 | TL71  | CAV 3438    | 411414 | <i>Avena sativa</i> | Erzurum    |
| 31 | TL72  | 117a-1      | 577946 | <i>Avena sativa</i> | Erzurum    |
| 32 | TL73  | 157c-1      | 577980 | <i>Avena sativa</i> | Erzurum    |
| 33 | TL74  | 3945        | 168108 | <i>Avena sativa</i> | Eskisehir  |
| 34 | TL75  | 4333        | 168124 | <i>Avena sativa</i> | Eskisehir  |
| 35 | TL76  | 3906        | 170934 | <i>Avena sativa</i> | Eskisehir  |
| 36 | TL77  | 4280        | 170937 | <i>Avena sativa</i> | Eskisehir  |
| 37 | TL78  | 9513        | 177860 | <i>Avena sativa</i> | Eskisehir  |
| 38 | TL79  | 2a-1        | 577856 | <i>Avena sativa</i> | Eskisehir  |
| 39 | TL86  | Yulaf       | 167378 | <i>Avena sativa</i> | İçel       |
| 40 | TL89  | 5895        | 178479 | <i>Avena sativa</i> | Istanbul   |
| 41 | TL90  | CAV 2128    | 411432 | <i>Avena sativa</i> | Istanbul   |
| 42 | TL92  | 2002        | 168077 | <i>Avena sativa</i> | Izmir      |
| 43 | TL95  | 7302        | 182482 | <i>Avena sativa</i> | Kars       |
| 44 | TL96  | 79TK099-523 | 470278 | <i>Avena sativa</i> | Kars       |
| 45 | TL97  | 127c.1      | 577953 | <i>Avena sativa</i> | Kars       |
| 46 | TL98  | 132a-1      | 577958 | <i>Avena sativa</i> | Kars       |
| 47 | TL99  | 135b-1      | 577962 | <i>Avena sativa</i> | Kars       |
| 48 | TL100 | 139b-1      | 577967 | <i>Avena sativa</i> | Kars       |
| 49 | TL101 | 144c-1      | 577973 | <i>Avena sativa</i> | Kars       |
| 50 | TL102 | CAV 2147    | 411434 | <i>Avena sativa</i> | Kastamonu  |
| 51 | TL104 | 20e         | 577866 | <i>Avena sativa</i> | Kastamonu  |
| 52 | TL105 | CAV 2142    | 411415 | <i>Avena sativa</i> | Kayseri    |
| 53 | TL106 | CAV 2118    | 411423 | <i>Avena sativa</i> | Kayseri    |
| 54 | TL107 | 2494        | 168081 | <i>Avena sativa</i> | Kırklareli |
| 55 | TL108 | 2523        | 168082 | <i>Avena sativa</i> | Kırklareli |
| 56 | TL109 | 2573        | 168083 | <i>Avena sativa</i> | Kırklareli |
| 57 | TL110 | 2574        | 168084 | <i>Avena sativa</i> | Kırklareli |
| 58 | TL113 | 2588        | 170246 | <i>Avena sativa</i> | Kırklareli |
| 59 | TL114 | CAV 2144    | 411427 | <i>Avena sativa</i> | Kirsehir   |
| 60 | TL119 | 3873        | 168107 | <i>Avena sativa</i> | Konya      |
| 61 | TL120 | 3984        | 168109 | <i>Avena sativa</i> | Konya      |
| 62 | TL121 | 3985        | 168110 | <i>Avena sativa</i> | Konya      |
| 63 | TL122 | 4027        | 168113 | <i>Avena sativa</i> | Konya      |
| 64 | TL123 | 4035        | 168114 | <i>Avena sativa</i> | Konya      |
| 65 | TL124 | 4100        | 168115 | <i>Avena sativa</i> | Konya      |
| 66 | TL125 | 4251        | 168119 | <i>Avena sativa</i> | Konya      |
| 67 | TL126 | 4288        | 168120 | <i>Avena sativa</i> | Konya      |
| 68 | TL127 | 4358        | 168126 | <i>Avena sativa</i> | Konya      |
| 69 | TL128 | 3846        | 170933 | <i>Avena sativa</i> | Konya      |
| 70 | TL129 | 9278        | 177858 | <i>Avena sativa</i> | Konya      |

|     |       |           |         |                        |           |
|-----|-------|-----------|---------|------------------------|-----------|
| 71  | TL130 | 9472      | 177859  | <i>Avena sativa</i>    | Kütahya   |
| 72  | TL133 | 2163      | 168079  | <i>Avena sativa</i>    | Manisa    |
| 73  | TL136 | CAV 2114  | 411428  | <i>Avena sativa</i>    | Maraş     |
| 74  | TL137 | CW 544    | 9101    | <i>Avena sativa</i>    | Muğla     |
| 75  | TL139 | CAV 2143  | 411426  | <i>Avena sativa</i>    | Nevşehir  |
| 76  | TL140 | 2018      | 119476  | <i>Avena sativa</i>    | Niğde     |
| 77  | TL142 | 6957      | 173581  | <i>Avena sativa</i>    | Ordu      |
| 78  | TL143 | 6984      | 173582  | <i>Avena sativa</i>    | Ordu      |
| 79  | TL144 | 6949      | 182479  | <i>Avena sativa</i>    | Ordu      |
| 80  | TL145 | 69        | 577919  | <i>Avena sativa</i>    | Ordu      |
| 81  | TL146 | 70-1      | 577920  | <i>Avena sativa</i>    | Ordu      |
| 82  | TL147 | 71-1      | 577925  | <i>Avena sativa</i>    | Ordu      |
| 83  | TL148 | 72-1      | 577930  | <i>Avena sativa</i>    | Ordu      |
| 84  | TL149 | 74c-1     | 577936  | <i>Avena sativa</i>    | Ordu      |
| 85  | TL152 | 4346      | 168125  | <i>Avena sativa</i>    | Samsun    |
| 86  | TL156 | 5667      | 178477  | <i>Avena sativa</i>    | Samsun    |
| 87  | TL157 | CAV 2151  | 411429  | <i>Avena sativa</i>    | Samsun    |
| 88  | TL158 | 67a-1     | 577914  | <i>Avena sativa</i>    | Samsun    |
| 89  | TL160 | CAV 2148  | 411402  | <i>Avena sativa</i>    | Sinop     |
| 90  | TL162 | 29a-1-1   | 577875  | <i>Avena sativa</i>    | Sinop     |
| 91  | TL165 | NSGC 7351 | 606326  | <i>Avena sativa</i>    | Sinop     |
| 92  | TL166 | 4171      | 168117  | <i>Avena sativa</i>    | Sivas     |
| 93  | TL167 | 9014      | 177857  | <i>Avena sativa</i>    | Sivas     |
| 94  | TL168 | 309       | 204858  | <i>Avena sativa</i>    | Sivas     |
| 95  | TL170 | 87a-1     | 577938  | <i>Avena sativa</i>    | Sivas     |
| 96  | TL171 | 169-1     | 577985  | <i>Avena sativa</i>    | Sivas     |
| 97  | TL172 | 170c-1    | 577988  | <i>Avena sativa</i>    | Sivas     |
| 98  | TL173 | 172b-1    | 577990  | <i>Avena sativa</i>    | Sivas     |
| 99  | TL174 | 175b-1    | 577992  | <i>Avena sativa</i>    | Sivas     |
| 100 | TL175 | 176b-1    | 577998  | <i>Avena sativa</i>    | Sivas     |
| 101 | TL184 | 5872      | 178478  | <i>Avena sativa</i>    | Tekirdağ  |
| 102 | TL187 | CAV 2149  | 411438  | <i>Avena sativa</i>    | Tokat     |
| 103 | TL188 | 57a-1     | 577911  | <i>Avena sativa</i>    | Tokat     |
| 104 | TL189 | 7086      | 172382  | <i>Avena sativa</i>    | Trabzon   |
| 105 | TL191 | CAV 2141  | 411439  | <i>Avena sativa</i>    | Yozgat    |
| 106 | TL194 |           | TR35074 | <i>Avena sativa</i>    | Adapazarı |
| 107 | TL196 |           | TR35457 | <i>Avena byzantina</i> | Burdur    |
| 108 | TL199 |           | TR37371 | <i>Avena sativa</i>    | Çorum     |
| 109 | TL210 |           | TR26318 | <i>Avena byzantina</i> | Muğla     |
| 110 | TL220 |           | TR26681 | <i>Avena byzantina</i> | Balıkesir |
| 111 | TL222 |           | TR12106 | <i>Avena sativa</i>    | Muğla     |

|     |       |                      |                                                           |         |
|-----|-------|----------------------|-----------------------------------------------------------|---------|
| 112 | TL223 | TR12198              | <i>Avena sativa</i>                                       | Aydın   |
| 113 | TL238 | TR12269              | <i>Avena byzantina</i>                                    | Antalya |
| 114 | TL240 | TR40667              | <i>Avena sativa</i>                                       | Muğla   |
| 115 | TL242 | TR40730              | <i>Avena sativa</i>                                       | Mersin  |
| 116 | TL243 | TR46568              | <i>Avena sativa</i>                                       | Antalya |
| 117 | TL252 | TR68745              | <i>Avena sativa</i>                                       | Bilecik |
| 118 | TL255 | 40/4                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 119 | TL256 | 40/5                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 120 | TL258 | 40/7                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 121 | TL261 | 45/2                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 122 | TL264 | 36/5                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 123 | TL265 | 39/2                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 124 | TL280 | 44/4                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 125 | TL281 | 39/4                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 126 | TL283 | 37/2                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 127 | TL284 | 36/4                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 128 | TL285 | 50/5                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 129 | TL287 | 50/4                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 130 | TL289 | 36/12                | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 131 | TL291 | 36/8                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 132 | TL293 | 49/4                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 133 | TL294 | 39/1                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 134 | TL296 | 37/7                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 135 | TL297 | 38/8                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 136 | TL299 | 40/3                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 137 | TL300 | 44/1                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 138 | TL306 | 36/1                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 139 | TL307 | 37/1                 | <i>Avena sativa</i>                                       | Konya   |
| 140 | TL308 | AVE 1900/84          | <i>Avena sativa</i> L. var. mutica Alef                   |         |
| 141 | TL313 | AVE 4348/88 No:4693  | <i>Avena</i> sp.                                          |         |
| 142 | TL315 | AVE 3462             | Turkei <i>Avena</i> sp.                                   |         |
| 143 | TL318 | AVE 3490/98 No:5325. | Turkei <i>Avena</i> sp                                    |         |
| 144 | TL319 | AVE 4217/77          | APEKA <i>Avena</i> sp.                                    |         |
| 145 | TL320 | AVE 442/84           | <i>Avena sativa</i> L. var Pilasa                         |         |
| 146 | TL326 | AVE 3460/98          | <i>Avena</i> sp. Turkei                                   |         |
| 147 | TL332 | AVE 1310/99          | Eskişehir 253 <i>Avena sativa</i> L. var. aristata Krause |         |

|     |       |                         |                                                                         |
|-----|-------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 148 | TL333 | AVE 1312/78             | Eskişehir 255 <i>Avena sativa</i> L. var. <i>mutica</i> Alef            |
| 149 | TL337 | AVE 3448/99             | <i>Avena</i> sp. Turkei                                                 |
| 150 | TL340 | AVE 2834/99             | <i>Avena sativa</i> L. var. <i>Aurea</i> Körn                           |
| 151 | TL341 | AVE 463/92              | <i>Avena byzantina</i> Koch subsp. <i>byzantina</i>                     |
| 152 | TL342 | AVE 1304                | Turkish Oat Nr 4289 <i>Avena byzantina</i> Koch subsp. <i>byzantina</i> |
| 153 | TL343 | AVE 4841/98             | <i>Avena</i> sp.                                                        |
| 154 | TL345 | AVE 3642/98             | <i>Avena</i> sp.                                                        |
| 155 | TL346 | AVE 216/91              | Eskişehir 497 <i>Avena sativa</i> L. var. <i>mutica</i> Alef            |
| 156 | TL347 | AVE 1119/75             | <i>Avena sativa</i> L. var. <i>mutica</i> Alef                          |
| 157 | TL352 | AVE 3485/98<br>No: 4678 | <i>Avena</i> sp.                                                        |
| 158 | TL353 | AVE 441/84              | <i>Avena sativa</i> L. var. <i>grisea</i> Körn                          |
| 159 | TL357 | AVE 289/86              | <i>Avena sativa</i> L. var. <i>Pilosa</i>                               |
| 160 | TL358 | AVE 4186/77             | <i>Avena</i> sp. Turkei                                                 |
| 161 | TL362 | AVE 1386/85             | <i>Avena sativa</i> L. var. <i>Krausei</i> Körn                         |
| 162 | TL363 | AVE 3818/89             | Ankara 76                                                               |
| 163 | TL366 | AVE 4105/89<br>No:5910  | <i>Avena</i> sp.                                                        |
| 164 | TL368 | AVE 4785/99             | <i>Avena</i> sp.                                                        |
| 165 | TL372 | AVE 4554 No:<br>4675    | <i>Avena</i> sp.                                                        |
| 166 | TL373 | AVE 1387/82             | <i>Avena sativa</i> L. var. <i>Brunea</i> Körn                          |
| 167 | TL374 | AVE 3532 KN<br>325      | <i>Avena</i> sp.                                                        |
| 168 | TL376 | AVE 4395/88<br>No:4692  | <i>Avena</i> sp.                                                        |
| 169 | TL377 | AVE 1118/75             | <i>Avena sativa</i> L. var. <i>mutica</i> Alef                          |
| 170 | TL380 | AVE 4345/88<br>No: 4689 | <i>Avena</i> sp.                                                        |
| 171 | TL382 | AVE 4338/89<br>No: 4688 | <i>Avena</i> sp.                                                        |

## **3.2. Metot**

### **3.2.1. Laboratuvar Çalışmaları**

#### **3.2.1.1. Deneme Şartları ve Çimlendirme Testi**

Çalışmada 167 yerel genotip ve 4 kontrol çeşit olmak üzere toplam 171 adet yulaf genotipinden oluşan bir ilişki haritalama paneline ait tohumlar bitki materyali olarak kullanılmıştır. Araştırma, laboratuvar şartlarında bazı çimlenme özelliklerinin (koleoptil uzunluğu, plumula uzunluğu, radikula uzunluğu, çimlenme hızı, çimlenme gücü, tohum vigor indeksi) fenotipik olarak incelenmesi, bu özelliklerle ilişkili aday markörlerin belirlenmesi için augmented deneme deseni planına göre 6 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Bu amaçla, öncelikle her genotipten 25 tane tohum sayılıp zarflarla ayrılmıştır. Tohumlar %1'lik NaOCl (sodyum hipoklorit asit) solüsyon çözeltisi ile yüzey sterilizasyonu işlemine tabi tutularak ekim öncesinde hijyenli bir ortamın oluşması sağlanmıştır. Her genotipe ait 25 adet tohum saf suyun içinde bulunduğu karıştırıcıda 1 dakika boyunca hızlıca çalkalandıktan sonra eleğe dökülerek ekim işlemine hazır hale getirilmiştir. 171 adet yulaf genotipine ait fenotipik varyasyonu ve büyüme gelişimini incelemek için otoklavlanmış petri kaplarının içindeki çift katlı steril filtre kağıtlarına genotip başına 25 adet olacak şekilde tohumlar birbirine değmeden elle serpiştirilerek ekim işlemi tamamlanmıştır. Petri kaplarının içinde her tekerrürdeki tohumlar 8 gün boyunca 25 °C'de kültür odasında çimlenmeye bırakılarak gelişimleri takip edilmiştir. İki güne bir bitkilerin büyüme ve gelişimi için ihtiyaç duyduğu yeterli miktardaki su verilerek gerekli kültürel işlem yapılmıştır. Tohumların çürümemesi, gelişimini ve çimlenmesini engelleyecek kontaminasyon ortamının oluşumunu engellemek için bitkilere çok aşırı düzeyde sulama yapılmamış olup, tohumun embriyosunu besleyeceği kadar ihtiyaç duyduğu miktarda saf su verilmiştir. Çimlenen tohumların gelişimleri her gün kontrol edilerek gerekli gözlemler alınmıştır. Tohumların kökçüğü en az 2 mm'ye ulaştığında tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir. Denemede ilk 4 gün çimlenme hızı; 8. günde ise çimlenme gücü, koleoptil uzunluğu, plumula uzunluğu, radikula uzunluğu, tohum vigor indeksi gibi bazı çimlenme özellikleri fenotiplenerek veriler kayıt edilmiştir. Çimlenmeyen ve yeterli düzeyde olgunlaşamamış genotiplerdeki tohumların kökçüklerinin istenilen büyüklüğe gelmesi için tohumların ekimleri yeniden yapılarak çimlenmeler gerçekleşinceye kadar testlemelere devam edilmiştir.

### **3.2.2. İncelenen Özellikler (Fenotipleme)**

Araştırmada incelenen çimlenme özellikleri Dumlupınar (2005) 'ın uyguladığı prosedüre göre esas alınarak ölçülmüş ve özelliklerle ilgili gerekli açıklamalar aşağıda belirtilmiştir.

#### **3.2.2.1. Çimlenme Hızı (%)**

İlk 4 gün içerisinde çimlenen tohumların sayısı belirlenmiş ve % olarak hesaplanmıştır.

#### **3.2.2.2. Çimlenme Gücü (%)**

Çimlenmenin 8. günü sonunda çimlenen tohumlar sayılıp % olarak oranı belirlenmiştir.

$$\text{Çimlenme Oranı} = (\text{Çimlenen Tohum Sayısı} / \text{Toplam Tohum Sayısı}) \times 100$$

#### **3.2.2.3. Koleoptil Uzunluğu (mm)**

Çimlenmenin 8. günü sonunda çimlenen tohumlardaki koleoptil uzunluğunun ölçülmesiyle bulunmuştur.

#### **3.2.2.4. Plumula Uzunluğu (mm)**

Çimlenmenin 8. günü sonunda çimlenen tohumlardaki plumula uzunluğunun ölçülmesiyle bulunmuştur.

#### **3.2.2.5. Radikula Uzunluğu (mm)**

Çimlenmenin 8. günü sonunda çimlenen tohumlardaki radikula uzunluğunun ölçülmesiyle bulunmuştur.

#### **3.2.2.6. Tohum Vigor İndeksi**

Kök uzunluğu ve sürgün uzunluğunun çimlenme yüzdesi ile çarpılması sonucu hesaplanmıştır.

### **3.2.3. Fenotipik Verilerin İstatistiksel Analizi**

Laboratuvardaki incelemeler sonucu elde edilerek toplanan fenotipik veriler augmented deneme planına göre JMP istatistik paket programı kullanılarak her bir özellik için ayrı ayrı varyans analizine (F testi) tâbi tutulmuştur. Ortalamaların karşılaştırılması da aynı paket programı aracılığıyla çoklu karşılaştırma testlerinden olan Duncan testine dayalı yapılarak tablolar halinde varyans analizinin sonuçları verilip elde

edilen rakamsal değerlerin genotipler arasındaki istatistiksel önem farklılıkları belirlenmiştir. Temel bileşen değerleri, özelliklerin ve genotiplerin ortalama verileri üzerinden biplot analiz yaklaşımıyla incelenmiştir (JMP, 2020).

### 3.2.4. Fenotip ile Genotip Arasında Aday Gen İlişki Haritalama Analizi

Yulafta bazı çimlenme özellikleri ile 6K çip setindeki SNP markörleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için GAPİT Version 2 (Tang ve ark., 2016) yazılımı kullanılmıştır. R istatistiksel programlama dilindeki son ilerleme ve kayda değer gelişmeler ilişkilendirme analizleri için kullanıcı dostu paket programlara olan ihtiyacı doğurmuştur. GAPİT, GWAS ve genomik seleksiyon uygulayan halka açık, ücretsiz ve faydalı bir R tabanlı program olup, günümüzde birçok araştırma grubu tarafından popülaritesi kanıtlanarak yaygın bir şekilde analizlerde tercih edilmeye devam etmektedir. Programın en önemli avantajları, geniş sayıda SNP markörlerini ele alarak genomik verileri depolamaya ve riske atmayacak şekilde yoğun hesaplama gücünü azaltmak gibi yeterli özelliklere sahip olmasıdır. Çalışmada, markörlerin minör allel frekans değeri % 5'in altında olanlar ( $MAF < 0.05$ ) ayıklanarak çıkarılmış ve yüksek kalitede ham SNP'ler elde edilmiştir. Heterozigotluk frekansı hem bireyler hem de markörler arasında hesaplanmıştır. Sonrasında da aynı programda markörler arasındaki LD (linkage disequilibrium)'yi hesaplamak için önemli bir kriter olan markör yoğunluğu belirlenerek fiziksel mesafedeki LD bozulması ve markör yoğunluğu arasındaki karşılaştırmayla markörlerin yeterince LD yoğunluğuna sahip olup olmadığı plot grafikte sunulmuştur. LD analizinde markörlerin birbirleriyle karşılıklı olarak mutasyon ve geçmişine dayalı rekombinasyonunu belirten LD azalışının, yayılım grafiğinde düştüğü  $r^2$  değeri hesaplanmıştır. İlişkilendirme çalışmasında genotipleri gruplara dağıtan, grupların genetik etkilerini rastgele etkiyle ilişkilendirerek geniş örneklerde zaman diliminin korunmasıyla istatistiksel gücü teşvik eden Baskılandırılmış Karışık Doğrusal Model (CMLM) yönteminin seçilmesiyle fenotip (P), genotip (G), popölasyon yapısını ifade eden PCA ve akrabalık katsayısı (K) verileri bir araya getirildikten sonra aday gen haritalama analizi gerçekleştirilmiştir. İlişkilendirme analizi sonucu markörlerin x eksenindeki farklı kromozomlarda genomik pozisyonu ve y eksenindeki p değerlerinin logaritmik ( $-\log_{10} p$ ) gösterimi Manhattan plot, beklenen ve gözlenen p değerleriyse Quantile-quantile (Q-Q) plot grafiğinde görselleştirilerek sunulmuştur. Ayrıca, Van Raden (2008)'in yöntemini izleyerek genotip bireylerinin kinship matrisine dayalı



genetik ve akrabalık köken ilişkisini gösteren bir ısı haritası ve populasyon yapısını ifade eden 3D PC plotu oluşturulmuştur.



#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yerel yulaf genotiplerinin incelenen bazı çimlenme özelliklerindeki performanslarının belirlenmesi amacıyla laboratuvar şartlarında yürütülen deneme sonucu elde edilen rakamsal değerler istatistiki olarak değerlendirilmiş, varyans analiz tablolarındaki ve denemeden toplanan fenotipik verilerdeki değerler aşağıdaki gibi sırasıyla sunulmuştur.

##### 4.1. Çimlenme Hızı (%)

Çizelge 4.1. Yulaf genotiplerinde çimlenme hızına ait varyans analiz tablosu

| Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri |
|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|
| <b>Blok</b>          | 5                   | 550.000         | 110.000            |          |
| <b>Genotip</b>       | 177                 | 19063.697       | 107.704            | 1.1955   |
| <b>Hata</b>          | 15                  | 1351.333        | 90.089             |          |
| <b>Genel</b>         | 197                 | 21516.040       |                    |          |

\*\* % 1 ve \* % 5 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.2. Yulaf genotiplerinde çimlenme hızına ait denemede veri değerleri

| Genotip   | Çimlenme Hızı | Genotip | Çimlenme Hızı |
|-----------|---------------|---------|---------------|
| Arslanbey | 41            | TL12    | 24            |
| Kahraman  | 43            | TL13    | 24            |
| Kırklar   | 43            | TL15    | 24            |
| Yeniçeri  | 39            | TL21    | 40            |
| TL6       | 24            | TL26    | 48            |
| TL7       | 32            | TL28    | 48            |
| TL8       | 48            | TL37    | 36            |
| TL9       | 48            | TL38    | 28            |
| TL10      | 56            | TL42    | 44            |
| TL11      | 44            | TL53    | 32            |

Çizelge 4.2. (Devamı) Yulaf genotiplerinde çimlenme hızına ait denemede ki veri değ erleri

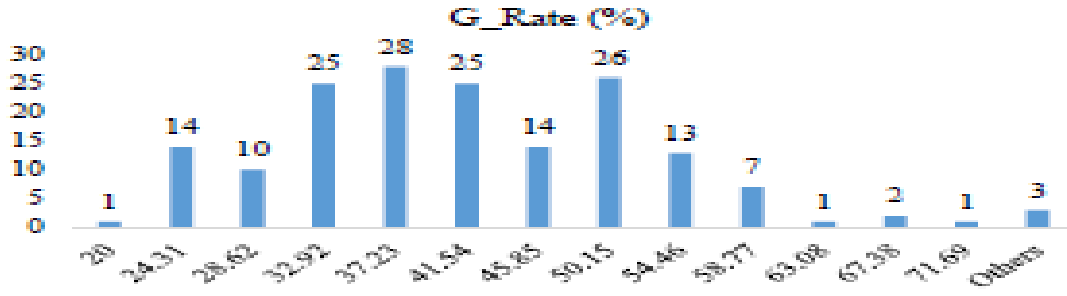
|      |    |       |    |
|------|----|-------|----|
| TL55 | 20 | TL99  | 36 |
| TL59 | 40 | TL100 | 36 |
| TL61 | 72 | TL101 | 24 |
| TL62 | 40 | TL102 | 24 |
| TL63 | 32 | TL104 | 32 |
| TL64 | 24 | TL105 | 28 |
| TL65 | 32 | TL106 | 44 |
| TL67 | 36 | TL107 | 56 |
| TL69 | 32 | TL108 | 52 |
| TL71 | 40 | TL109 | 40 |
| TL72 | 24 | TL110 | 28 |
| TL73 | 48 | TL113 | 24 |
| TL74 | 32 | TL114 | 32 |
| TL75 | 36 | TL119 | 24 |
| TL76 | 48 | TL120 | 48 |
| TL77 | 36 | TL121 | 40 |
| TL78 | 48 | TL122 | 36 |
| TL79 | 28 | TL123 | 48 |
| TL86 | 48 | TL124 | 32 |
| TL89 | 36 | TL125 | 40 |
| TL90 | 48 | TL126 | 24 |
| TL92 | 28 | TL127 | 48 |
| TL95 | 32 | TL128 | 32 |
| TL96 | 36 | TL129 | 32 |
| TL97 | 76 | TL130 | 48 |
| TL98 | 40 | TL133 | 60 |

Çizelge 4.2. (Devamı) Yulaf genotiplerinde çimlenme hızına ait denemede ki veri değ erleri

|       |    |       |    |
|-------|----|-------|----|
| TL136 | 24 | TL174 | 28 |
| TL137 | 40 | TL175 | 32 |
| TL139 | 36 | TL184 | 36 |
| TL140 | 52 | TL187 | 48 |
| TL142 | 32 | TL188 | 36 |
| TL143 | 52 | TL189 | 48 |
| TL144 | 44 | TL191 | 40 |
| TL145 | 48 | TL194 | 40 |
| TL146 | 52 | TL196 | 52 |
| TL147 | 36 | TL199 | 32 |
| TL148 | 48 | TL210 | 52 |
| TL149 | 68 | TL220 | 24 |
| TL152 | 40 | TL222 | 44 |
| TL156 | 36 | TL238 | 64 |
| TL158 | 32 | TL240 | 48 |
| TL160 | 24 | TL242 | 52 |
| TL162 | 28 | TL243 | 48 |
| TL165 | 28 | TL252 | 44 |
| TL166 | 48 | TL253 | 56 |
| TL168 | 40 | TL254 | 48 |
| TL167 | 32 | TL257 | 44 |
| TL168 | 40 | TL258 | 48 |
| TL170 | 48 | TL259 | 48 |
| TL171 | 32 | TL261 | 36 |
| TL172 | 36 | TL264 | 56 |
| TL173 | 36 | TL265 | 36 |

Çizelge 4.2. (Devamı) Yulaf genotiplerinde çimlenme hızına ait denemede ki veri değ erleri

|       |    |       |    |
|-------|----|-------|----|
| TL280 | 36 | TL333 | 36 |
| TL281 | 36 | TL337 | 40 |
| TL283 | 44 | TL340 | 48 |
| TL284 | 40 | TL341 | 32 |
| TL285 | 48 | TL342 | 32 |
| TL287 | 36 | TL343 | 40 |
| TL288 | 56 | TL346 | 44 |
| TL289 | 52 | TL347 | 40 |
| TL291 | 52 | TL352 | 44 |
| TL293 | 32 | TL353 | 56 |
| TL294 | 32 | TL357 | 52 |
| TL296 | 36 | TL358 | 44 |
| TL297 | 44 | TL362 | 36 |
| TL299 | 40 | TL363 | 48 |
| TL300 | 36 | TL366 | 52 |
| TL305 | 24 | TL368 | 64 |
| TL306 | 36 | TL372 | 52 |
| TL307 | 48 | TL373 | 56 |
| TL308 | 40 | TL374 | 28 |
| TL313 | 40 | TL375 | 40 |
| TL315 | 44 | TL376 | 40 |
| TL318 | 32 | TL377 | 32 |
| TL319 | 36 | TL380 | 40 |
| TL320 | 32 | TL382 | 56 |
| TL326 | 36 | TL223 | 40 |
| TL332 | 28 |       |    |



Şekil 4.1. Yerel yulaf genotiplerinin çimlenme hızına ait histogram grafiği

Çimlenme hızı bakımından yulaf genotipleri arasında önemli farklılık bulunmamıştır (Çizelge 4.1.). Araştırmada yerel genotiplere ait çimlenme hızı değerleri % 20-76 arasında değişirken, kontrol çeşitlerde bu değer % 39-43 arasında değişim göstermektedir. (Şekil 4.1.). Laboratuvarında kurulan denemede çimlenme hızı özelliği incelenmiş ve TL149, TL61 ve TL97 numaralı genotiplerin çimlenme hızı yüzdelerinin ortalama değerleri sırasıyla % 68, % 72 ve % 76 olarak bulunurken, TL 55, TL6, TL12, TL13, TL15, TL64, TL72, TL126, TL119, TL113, TL102, TL102, TL101, TL136, TL160, TL220 ve TL305 numaralı genotiplerin çimlenme hızı yüzdelerinin ortalama değerleri sırasıyla % 20 ve % 24 olarak tespit edilmiştir.

Akyol (2014) 'a göre yulaf çeşitlerinin farklı pH ve ıslatma seviyelerindeki çimlenme performanslarını belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada çimlenme hızının, pH seviyeleri, ıslatma x çeşit interaksyonu ( $p < 0.05$ ), çeşitler ve çeşit x pH interaksyonu bakımından ( $p < 0.01$ ) istatistiki olarak önemli bulunduğunu bildirmiştir. . Ayrıca, yulaf çeşitlerinin çimlenme performanslarının birbirine göre farklılık gösterdiği tespit edilerek farklı pH seviyelerinin çimlenme performanslarına etkisinde dolaylı olarak pH 7' de olumlu tepki verdiği ve ıslatma seviyelerinin çimlenme performanslarına hiçbir istatistiki etkisinin olmadığı görülmüştür.

#### 4.2. Çimlenme Gücü (%)

Çizelge 4.3. Yulaf genotiplerinde çimlenme gücüne ait varyans analiz tablosu

| Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri |
|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|
| <b>Blok</b>          | 5                   | 133.333         | 26.6666            |          |
| <b>Genotip</b>       | 177                 | 26450.424       | 149.437            | 4.4712** |
| <b>Hata</b>          | 15                  | 501.333         | 33.422             |          |
| <b>Genel</b>         | 197                 | 29187.556       |                    |          |

\*\*% 1 ve \*% 5 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.4. Yulaf genotiplerinde çimlenme gücüne ait denemedeki veri değerleri

| Genotip   | Çimlenme Gücü | Genotip | Çimlenme Gücü |
|-----------|---------------|---------|---------------|
| Arslanbey | 82            | TL28    | 76            |
| Kahraman  | 80            | TL37    | 72            |
| Kırklar   | 83            | TL38    | 76            |
| Yeniçeri  | 81            | TL42    | 92            |
| TL6       | 68            | TL53    | 68            |
| TL7       | 64            | TL55    | 56            |
| TL8       | 96            | TL59    | 80            |
| TL9       | 96            | TL61    | 100           |
| TL10      | 100           | TL62    | 80            |
| TL11      | 100           | TL63    | 88            |
| TL12      | 56            | TL64    | 64            |
| TL13      | 56            | TL65    | 56            |
| TL15      | 64            | TL67    | 84            |
| TL21      | 60            | TL69    | 88            |
| TL26      | 64            | TL71    | 96            |

Çizelge 4.4. (Devamı) Yulaf genotiplerinde çimlenme gücüne ait denemedeki veri değerleri.

| <b>Genotip</b> | <b>Çimlenme Gücü</b> | <b>Genotip</b> | <b>Çimlenme Gücü</b> |
|----------------|----------------------|----------------|----------------------|
| TL72           | 72                   | TL109          | 64                   |
| TL73           | 92                   | TL110          | 64                   |
| TL74           | 68                   | TL113          | 52                   |
| TL75           | 60                   | TL114          | 56                   |
| TL76           | 60                   | TL119          | 52                   |
| TL77           | 88                   | TL120          | 84                   |
| TL78           | 56                   | TL121          | 92                   |
| TL79           | 68                   | TL122          | 56                   |
| TL86           | 64                   | TL123          | 68                   |
| TL89           | 84                   | TL124          | 68                   |
| TL90           | 60                   | TL125          | 80                   |
| TL92           | 64                   | TL126          | 56                   |
| TL95           | 64                   | TL127          | 88                   |
| TL96           | 60                   | TL128          | 68                   |
| TL97           | 96                   | TL129          | 56                   |
| TL98           | 94                   | TL130          | 56                   |
| TL99           | 64                   | TL133          | 72                   |
| TL100          | 60                   | TL136          | 88                   |
| TL101          | 56                   | TL137          | 88                   |
| TL102          | 68                   | TL139          | 76                   |
| TL104          | 92                   | TL140          | 80                   |
| TL105          | 68                   | TL142          | 80                   |
| TL106          | 60                   | TL143          | 68                   |
| TL107          | 72                   | TL144          | 64                   |
| TL108          | 60                   | TL145          | 84                   |

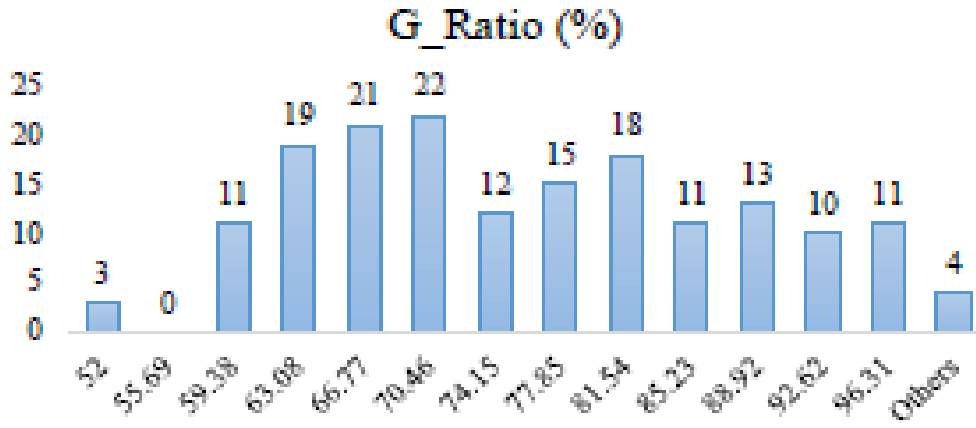


Çizelge 4.4. (Devamı) Yulaf genotiplerinde çimlenme gücüne ait denemedeki veri değerleri.

| <b>Genotip</b> | <b>Çimlenme Gücü</b> | <b>Genotip</b> | <b>Çimlenme Gücü</b> |
|----------------|----------------------|----------------|----------------------|
| TL146          | 80                   | TL194          | 80                   |
| TL147          | 60                   | TL196          | 92                   |
| TL148          | 76                   | TL199          | 64                   |
| TL149          | 100                  | TL210          | 76                   |
| TL152          | 88                   | TL220          | 60                   |
| TL156          | 80                   | TL222          | 64                   |
| TL157          | 96                   | TL238          | 88                   |
| TL158          | 80                   | TL240          | 60                   |
| TL160          | 72                   | TL242          | 64                   |
| TL162          | 64                   | TL243          | 60                   |
| TL165          | 64                   | TL252          | 52                   |
| TL166          | 68                   | TL253          | 76                   |
| TL167          | 64                   | TL254          | 68                   |
| TL168          | 80                   | TL255          | 84                   |
| TL170          | 92                   | TL256          | 92                   |
| TL171          | 60                   | TL257          | 68                   |
| TL172          | 60                   | TL258          | 96                   |
| TL173          | 76                   | TL259          | 76                   |
| TL174          | 76                   | TL261          | 68                   |
| TL175          | 96                   | TL264          | 80                   |
| TL184          | 60                   | TL265          | 60                   |
| TL187          | 60                   | TL280          | 72                   |
| TL188          | 64                   | TL281          | 68                   |
| TL189          | 92                   | TL283          | 76                   |
| TL191          | 72                   | TL284          | 76                   |

Çizelge 4.4. (Devamı) Yulaf genotiplerinde çimlenme gücüne ait denemedeki veri değerleri

| <b>Genotip</b> | <b>Çimlenme Gücü</b> | <b>Genotip</b> | <b>Çimlenme Gücü</b> |
|----------------|----------------------|----------------|----------------------|
| TL285          | 76                   | TL340          | 84                   |
| TL287          | 76                   | TL341          | 68                   |
| TL288          | 80                   | TL342          | 96                   |
| TL289          | 88                   | TL343          | 88                   |
| TL291          | 88                   | TL345          | 96                   |
| TL293          | 72                   | TL346          | 72                   |
| TL294          | 68                   | TL347          | 64                   |
| TL296          | 68                   | TL352          | 80                   |
| TL297          | 68                   | TL353          | 84                   |
| TL299          | 60                   | TL357          | 92                   |
| TL300          | 72                   | TL358          | 84                   |
| TL305          | 68                   | TL362          | 80                   |
| TL306          | 84                   | TL363          | 76                   |
| TL307          | 96                   | TL366          | 76                   |
| TL308          | 60                   | TL368          | 88                   |
| TL313          | 64                   | TL372          | 84                   |
| TL315          | 68                   | TL373          | 76                   |
| TL318          | 68                   | TL374          | 64                   |
| TL319          | 76                   | TL375          | 88                   |
| TL320          | 80                   | TL376          | 68                   |
| TL326          | 68                   | TL377          | 92                   |
| TL332          | 80                   | TL380          | 72                   |
| TL333          | 88                   | TL382          | 80                   |
| TL337          | 72                   | TL223          | 68                   |



Şekil 4.2. Yerel yulaf genotiplerinin çimlenme gücüne ait histogram grafiği

Yapılan varyans analizi neticesinde, çimlenme gücü özelliği genotip, genel faktörleri bakımından % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Araştırmada yerel genotiplere ait çimlenme gücü değerleri %52-100, kontrol çeşitlerdeyse %80-83 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.2.). Laboratuvarında kurulan denemede çimlenme gücü özelliği incelenmiş ve TL71, TL97, TL157, TL175, TL258, TL345, TL10, TL11, TL61 ve TL149 numaralı genotiplerin çimlenme gücü yüzdelерinin ortalama değerleri sırasıyla % 96 ile % 100 olarak bulunup en yüksek değere sahip olurken, TL113, TL119, TL252, TL12, TL55, TL65, TL78, TL101, TL114, TL122, TL126, TL129 ve TL130 numaralı genotiplerin çimlenme gücü yüzdelерinin ortalama değerleri sırasıyla % 52 ile % 56 olarak bulunup en düşük değere sahip olanlar arasında öne çıkmışlardır. (Çizelge 4.4).

Araştırmadaki bulgularımızın Dumlupınar ve ark. (2011)'nin bulguları ile benzer uyumluluk içerisinde olduğu görülmektedir. Yulafta çok düşük sıcaklıklarda yetiştirilen genotiplerin daha çimlenme döneminde kaybolmasına yol açacağı, bu durumun sanıldığı gibi aksine yulafta çimlenme değerini arttırdığı ifade edilerek, genotiplerin kavuz oranları ve diğer tohum özelliklerinin de ekim sonrasında çimlenme ve çıkış oranlarının farklılık göstermesinde rol oynadığı bildirilmiştir (Dumlupınar, 2010).

#### 4.3. Radikula Uzunluğu (mm)

Çizelge 4.5. Yulaf genotiplerinde radikula uzunluğuna ait varyans analiz tablosu.

| Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri |
|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|
| <b>Blok</b>          | 5                   | 64.9705         | 12.9941            |          |
| <b>Genotip</b>       | 177                 | 3013.5880       | 17.0259            | 2.8159*  |
| <b>Hata</b>          | 15                  | 90.6939         | 6.0463             |          |
| <b>Genel</b>         | 197                 | 3696.4280       |                    |          |

\*\* % 1 ve \* % 5 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.6. Yulaf genotiplerinde radikula uzunluğuna ait denemedeki veri değeri.

| Genotip   | Radikula Uzunluğu (mm) | Genotip | Radikula Uzunluğu (mm) |
|-----------|------------------------|---------|------------------------|
| Arslanbey | 12.72                  | TL38    | 14.20                  |
| Kahraman  | 13.44                  | TL42    | 13.33                  |
| Kırklar   | 13.49                  | TL53    | 15.56                  |
| Yeniçeri  | 13.48                  | TL55    | 12.00                  |
| TL6       | 9.17                   | TL59    | 10.60                  |
| TL7       | 8.00                   | TL61    | 14.75                  |
| TL8       | 8.71                   | TL62    | 12.40                  |
| TL9       | 15.00                  | TL63    | 12.00                  |
| TL10      | 16.89                  | TL64    | 10.50                  |
| TL11      | 14.75                  | TL65    | 9.67                   |
| TL12      | 16.00                  | TL67    | 11.67                  |
| TL13      | 9.40                   | TL69    | 12.83                  |
| TL15      | 19.00                  | TL71    | 12.33                  |
| TL21      | 13.00                  | TL72    | 11.89                  |
| TL26      | 12.56                  | TL73    | 16.00                  |
| TL28      | 11.17                  | TL74    | 13.00                  |
| TL37      | 12.36                  | TL75    | 13.40                  |

Çizelge 4.6. (Devamı) Yulaf genotiplerinde radikula uzunluğuna ait denemede ki veri değ erleri.

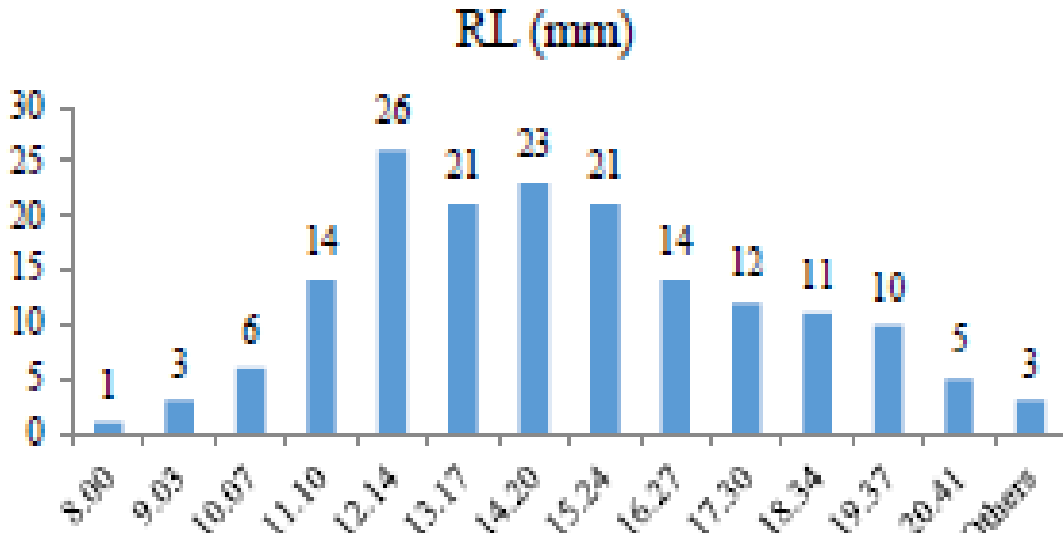
| <b>Genotip</b> | <b>Radikula Uzunluğ u (mm)</b> | <b>Genotip</b> | <b>Radikula Uzunluğ u (mm)</b> |
|----------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|
| TL76           | 19.42                          | TL119          | 10.27                          |
| TL77           | 14.80                          | TL120          | 11.33                          |
| TL78           | 17.00                          | TL121          | 10.13                          |
| TL79           | 19.83                          | TL122          | 14.00                          |
| TL86           | 14.33                          | TL123          | 17.50                          |
| TL89           | 13.08                          | TL124          | 12.25                          |
| TL90           | 12.57                          | TL125          | 19.75                          |
| TL92           | 14.50                          | TL126          | 14.25                          |
| TL95           | 11.82                          | TL127          | 19.35                          |
| TL96           | 16.12                          | TL128          | 11.50                          |
| TL97           | 12.00                          | TL129          | 19.29                          |
| TL98           | 15.17                          | TL130          | 12.17                          |
| TL99           | 20.80                          | TL133          | 15.91                          |
| TL100          | 17.67                          | TL136          | 18.50                          |
| TL101          | 13.43                          | TL137          | 15.77                          |
| TL102          | 17.31                          | TL139          | 13.70                          |
| TL104          | 18.64                          | TL140          | 14.00                          |
| TL105          | 17.45                          | TL142          | 17.00                          |
| TL106          | 16.00                          | TL143          | 17.00                          |
| TL107          | 17.00                          | TL144          | 12.00                          |
| TL108          | 14.00                          | TL145          | 19.91                          |
| TL109          | 14.70                          | TL146          | 15.00                          |
| TL110          | 12.50                          | TL147          | 14.30                          |
| TL113          | 18.00                          | TL148          | 14.50                          |
| TL114          | 19.00                          | TL149          | 15.60                          |

Çizelge 4.6. (Devamı) Yulaf genotiplerinde radikula uzunluğuna ait denemedeki veri değerleri.

| <b>Genotip</b> | <b>Radikula Uzunluğu (mm)</b> | <b>Genotip</b> | <b>Radikula Uzunluğu (mm)</b> |
|----------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|
| TL152          | 17.88                         | TL220          | 17.00                         |
| TL156          | 13.09                         | TL222          | 18.00                         |
| TL157          | 16.48                         | TL238          | 19.00                         |
| TL158          | 16.00                         | TL240          | 11.07                         |
| TL160          | 13.75                         | TL242          | 16.63                         |
| TL162          | 14.38                         | TL243          | 12.00                         |
| TL165          | 11.70                         | TL252          | 11.00                         |
| TL166          | 17.00                         | TL253          | 16.25                         |
| TL167          | 10.80                         | TL254          | 21.00                         |
| TL168          | 11.50                         | TL255          | 10.80                         |
| TL170          | 12.45                         | TL256          | 11.39                         |
| TL171          | 11.50                         | TL257          | 14.40                         |
| TL172          | 14.50                         | TL258          | 10.11                         |
| TL173          | 13.42                         | TL259          | 11.00                         |
| TL174          | 10.91                         | TL261          | 11.80                         |
| TL175          | 14.20                         | TL264          | 13.00                         |
| TL184          | 15.11                         | TL265          | 9.00                          |
| TL187          | 12.33                         | TL280          | 17.40                         |
| TL188          | 16.00                         | TL281          | 12.43                         |
| TL189          | 15.75                         | TL283          | 11.60                         |
| TL191          | 14.00                         | TL284          | 18.50                         |
| TL194          | 14.31                         | TL285          | 11.75                         |
| TL196          | 17.50                         | TL287          | 13.38                         |
| TL199          | 15.00                         | TL288          | 12.00                         |
| TL210          | 14.86                         | TL289          | 11.89                         |

Çizelge 4.6. (Devamı) Yulaf genotiplerinde radikula uzunluğuna ait denemede ki veri değ erleri.

| <b>Genotip</b> | <b>Radikula Uzunluğ u (mm)</b> | <b>Genotip</b> | <b>Radikula Uzunluğ u (mm)</b> |
|----------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|
| TL291          | 13.38                          | TL342          | 18.40                          |
| TL293          | 12.00                          | TL343          | 21.44                          |
| TL294          | 18.40                          | TL345          | 13.67                          |
| TL296          | 12.00                          | TL346          | 15.60                          |
| TL297          | 11.50                          | TL347          | 11.00                          |
| TL299          | 12.00                          | TL352          | 13.40                          |
| TL300          | 11.50                          | TL353          | 15.18                          |
| TL305          | 12.00                          | TL357          | 13.00                          |
| TL306          | 15.33                          | TL358          | 16.65                          |
| TL307          | 12.78                          | TL362          | 10.09                          |
| TL308          | 10.00                          | TL363          | 12.00                          |
| TL313          | 16.00                          | TL366          | 17.00                          |
| TL315          | 14.33                          | TL368          | 14.00                          |
| TL318          | 18.00                          | TL372          | 13.67                          |
| TL319          | 20.00                          | TL373          | 15.24                          |
| TL320          | 12.44                          | TL374          | 10.67                          |
| TL326          | 16.50                          | TL375          | 15.00                          |
| TL332          | 14.09                          | TL376          | 11.67                          |
| TL333          | 8.57                           | TL377          | 10.06                          |
| TL337          | 17.50                          | TL380          | 10.00                          |
| TL340          | 14.00                          | TL382          | 10.79                          |
| TL341          | 12.60                          | TL223          | 21.00                          |



Şekil 4.3. Yerel yulaf genotiplerinin radikula uzunluğuna ait histogram grafiği

Yapılan varyans analizi neticesinde, radikula uzunluğu özelliği genotip, genel faktörleri bakımından % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.5.). Yerel genotiplere ait radikula uzunluğu değerleri 8.00 ile 21.44, kontrol çeşitlerdeyse 12.72 ile 13.49 arasında değişim gösterdiği görülebilmektedir (Şekil 4.3.). Laboratuvarında kurulan denemede radikula uzunluğu özelliği incelenmiş ve TL99 ile TL343 numaralı genotiplerin radikula uzunluğu verilerinin ortalamaları sırasıyla 20.80 ve 21.44 olarak bulunup en yüksek değerleri yansıtırken, TL7 ve TL333 numaralı genotiplerde radikula uzunluğu verilerinin ortalamaları sırasıyla 8.00 ve 8.57 olarak tespit edilerek en düşük değerde oldukları belirlenmiştir (Çizelge 4.6.).

Araştırmadaki bulgu ve sonuçlarımız, Öner ve ark. (2018)'nın belirli tuz konsantrasyonlarında uygulanmış olan gibberellik asidin bazı çimlenme özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürüttükleri çalışmada tuzun radikula uzunluğu üzerine çok önemli etkisinin olduğunu ( $p < 0.0001$ ) rapor ettikleri bulgulardaki rastlantıyla farklılık göstermiştir. Ayrıca, artan tuz konsantrasyonlarının yulaftaki bazı çimlenme parametrelerine karşı etkinlik göstermesine karşın, 225 Mm konsantrasyonlarında araştırılan çimlenme özelliklerine etkisinin olduğu bildirilmiştir. Araştırmadan kaniya varılan bir diğer sonuca değinilecek olursa; GA3 dozu uygulamalarının net olarak görülememiş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



#### 4.4. Koleoptil Uzunluğu (mm)

Çizelge 4.7. Yulaf genotiplerinde koleoptil uzunluğuna ait varyans analiz tablosu

| Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri |
|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|
| <b>Blok</b>          | 5                   | 81.2271         | 16.245             |          |
| <b>Genotip</b>       | 177                 | 6716.5377       | 37.946             | 6.5988** |
| <b>Hata</b>          | 15                  | 86.2572         | 5.7505             |          |
| <b>Genel</b>         | 197                 | 7854.4897       |                    |          |

\*\*% 1 ve \*% 5 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.8. Yulaf genotiplerinde koleoptil uzunluğuna ait denemedeki veri değerleri

| Genotip   | Koleoptil Uzunluğu (mm) | Genotip | Koleoptil Uzunluğu (mm) |
|-----------|-------------------------|---------|-------------------------|
| Arslanbey | 25.95                   | TL21    | 18.33                   |
| Kahraman  | 24.92                   | TL26    | 17.63                   |
| Kırklar   | 24.92                   | TL28    | 23.00                   |
| Yeniçeri  | 23.65                   | TL37    | 17.00                   |
| TL6       | 17.40                   | TL38    | 23.63                   |
| TL7       | 12.33                   | TL42    | 36.33                   |
| TL8       | 18.00                   | TL53    | 45.00                   |
| TL9       | 33.00                   | TL55    | 18.00                   |
| TL10      | 34.00                   | TL59    | 18.60                   |
| TL11      | 38.40                   | TL61    | 25.45                   |
| TL12      | 39.41                   | TL62    | 22.67                   |
| TL13      | 22.00                   | TL63    | 26.00                   |
| TL15      | 30.00                   | TL64    | 16.75                   |

Çizelge 4.8. (Devamı) Yulaf genotiplerinde koleoptil uzunluğuna ait denemede ki veri değerler

| <b>Genotip</b> | <b>Koleoptil Uzunluğu (mm)</b> | <b>Genotip</b> | <b>Koleoptil Uzunluğu (mm)</b> |
|----------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|
| TL65           | 20.50                          | TL105          | 33.57                          |
| TL67           | 31.50                          | TL106          | 19.45                          |
| TL69           | 21.40                          | TL107          | 29.45                          |
| TL71           | 27.00                          | TL108          | 26.67                          |
| TL72           | 16.78                          | TL109          | 25.50                          |
| TL73           | 28.50                          | TL110          | 31.00                          |
| TL74           | 37.00                          | TL113          | 24.33                          |
| TL75           | 34.52                          | TL114          | 33.00                          |
| TL76           | 33.41                          | TL119          | 25.00                          |
| TL77           | 35.00                          | TL120          | 37.09                          |
| TL78           | 36.00                          | TL121          | 30.00                          |
| TL79           | 32.00                          | TL122          | 32.00                          |
| TL86           | 41.00                          | TL123          | 34.00                          |
| TL89           | 34.00                          | TL124          | 32.00                          |
| TL90           | 35.42                          | TL125          | 31.00                          |
| TL92           | 30.00                          | TL126          | 27.00                          |
| TL95           | 29.00                          | TL127          | 31.00                          |
| TL96           | 31.48                          | TL128          | 24.00                          |
| TL97           | 35.00                          | TL129          | 36.00                          |
| TL98           | 33.00                          | TL130          | 23.20                          |
| TL99           | 36.00                          | TL133          | 30.00                          |
| TL100          | 36.00                          | TL136          | 32.36                          |
| TL101          | 19.25                          | TL137          | 31.00                          |
| TL102          | 32.00                          | TL139          | 32.00                          |
| TL104          | 32.00                          | TL140          | 34.86                          |

Çizelge 4.8. (Devamı) Yulaf genotiplerinde koleoptil uzunluğuna ait denemede ki veri değerler

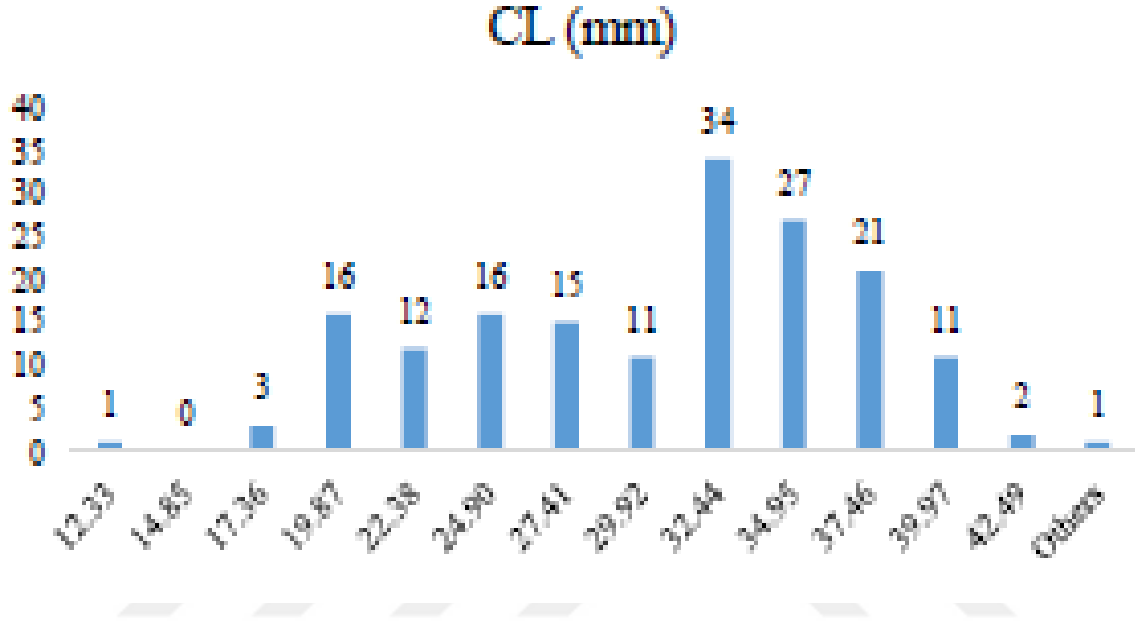
| <b>Genotip</b> | <b>Koleoptil Uzunluğu (mm)</b> | <b>Genotip</b> | <b>Koleoptil Uzunluğu (mm)</b> |
|----------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|
| TL142          | 32.00                          | TL187          | 39.00                          |
| TL143          | 33.00                          | TL188          | 34.00                          |
| TL144          | 40.00                          | TL189          | 30.00                          |
| TL145          | 35.00                          | TL191          | 31.00                          |
| TL146          | 35.00                          | TL194          | 31.00                          |
| TL147          | 34.00                          | TL196          | 27.00                          |
| TL148          | 34.00                          | TL199          | 30.00                          |
| TL149          | 38.00                          | TL210          | 27.46                          |
| TL152          | 35.00                          | TL220          | 31.00                          |
| TL156          | 33.00                          | TL222          | 31.00                          |
| TL157          | 37.00                          | TL238          | 18.00                          |
| TL158          | 35.00                          | TL240          | 19.67                          |
| TL160          | 34.00                          | TL242          | 33.00                          |
| TL162          | 32.80                          | TL243          | 31.00                          |
| TL165          | 35.00                          | TL252          | 21.00                          |
| TL166          | 34.00                          | TL253          | 33.00                          |
| TL167          | 31.50                          | TL254          | 27.00                          |
| TL168          | 31.00                          | TL255          | 22.00                          |
| TL170          | 31.00                          | TL256          | 32.62                          |
| TL171          | 24.64                          | TL257          | 23.00                          |
| TL172          | 28.00                          | TL258          | 19.75                          |
| TL173          | 33.42                          | TL259          | 36.50                          |
| TL174          | 32.00                          | TL261          | 23.60                          |
| TL175          | 34.00                          | TL264          | 27.60                          |
| TL184          | 35.56                          | TL265          | 26.50                          |

Çizelge 4.8. (Devamı) Yulaf genotiplerinde koleoptil uzunluğuna ait denemede ki veri değerler

| <b>Genotip</b> | <b>Koleoptil Uzunluğu (mm)</b> | <b>Genotip</b> | <b>Koleoptil Uzunluğu (mm)</b> |
|----------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|
| TL280          | 28.33                          | TL333          | 26.50                          |
| TL281          | 24.29                          | TL337          | 34.00                          |
| TL283          | 39.11                          | TL340          | 33.00                          |
| TL284          | 26.40                          | TL341          | 20.75                          |
| TL285          | 36.33                          | TL342          | 38.83                          |
| TL287          | 19.43                          | TL343          | 39.17                          |
| TL288          | 17.50                          | TL345          | 35.33                          |
| TL289          | 27.75                          | TL346          | 31.00                          |
| TL291          | 39.00                          | TL347          | 35.00                          |
| TL293          | 20.50                          | TL352          | 29.00                          |
| TL294          | 22.20                          | TL353          | 31.60                          |
| TL296          | 21.44                          | TL357          | 31.13                          |
| TL297          | 17.50                          | TL358          | 27.00                          |
| TL299          | 34.00                          | TL362          | 22.00                          |
| TL300          | 21.00                          | TL363          | 23.00                          |
| TL305          | 25.80                          | TL366          | 24.50                          |
| TL306          | 27.67                          | TL368          | 18.45                          |
| TL307          | 26.50                          | TL372          | 23.50                          |
| TL308          | 33.80                          | TL373          | 23.38                          |
| TL313          | 31.00                          | TL374          | 17.50                          |
| TL315          | 38.00                          | TL375          | 35.58                          |
| TL318          | 30.00                          | TL376          | 29.22                          |
| TL319          | 38.22                          | TL377          | 19.62                          |
| TL320          | 23.60                          | TL380          | 29.69                          |
| TL326          | 35.00                          | TL382          | 24.67                          |

Çizelge 4.8. (Devamı) Yulaf genotiplerinde koleoptil uzunluğuna ait denemede ki veri değerleri

| Genotip | Koleoptil Uzunluğu (mm) | Genotip | Koleoptil Uzunluğu (mm) |
|---------|-------------------------|---------|-------------------------|
| TL332   | 38.17                   | TL223   | 33.00                   |



Şekil 4.4. Yerel yulaf genotiplerinin koleoptil uzunluğuna ait histogram grafiği

Yapılan varyans analizi neticesinde, koleoptil uzunluğu özelliği genotip, genel faktörleri bakımından % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7). Araştırmada yerel genotiplere ait koleoptil uzunluğu değerleri 12.33-45.00, kontrol çeşitlerdeyse 23.65-25.95 arasında değişim gösterdiği öne çıkmaktadır. (Şekil 4.4). Laboratuvar da kurulan denemede koleoptil uzunluğu özelliği incelenmiş ve TL86 ile TL53 numaralı genotiplerin koleoptil uzunluğu verilerinin ortalamaları sırasıyla 41.00 ile 45.00 olarak bulunup en yüksek değeri aldıkları, TL7 ile TL64 numaralı genotiplerin koleoptil uzunluğu verilerinin ortalamaları sırasıyla 12.33 ile 16.75 olarak belirlenip en düşük değeri aldıkları görülmektedir (Çizelge 4.8).

Araştırmadan ortaya çıkan bulgu ve sonuçlarımız, Dumlupınar, (2005)'ın farklı seviyelerde uygulanan yüksek gerilimli elektrik akımı ve NaCl (tuz) konsantrasyonları faktörlerinin makarnalık buğday tohumundaki çimlenme performansına etkisini belirlemek amacıyla yürütülen denemede ki elektrik akımı x tuz konsantrasyonları interaksiyonlarının koleoptil uzunluğuna etkisinin % 5 önemli bulunduğu çalışmanın bulgularıyla benzer bir

uyum içerisinde olduğu görülerek örtüşmüştür. Ayrıca, artış gösteren tuz konsantrasyonunun elektrik akımı şiddetine rağmen koleoptil uzunluğuna etkisini olumsuz etkilediği yinelenmiştir.

#### 4.5. Plumula Uzunluğu (mm)

Çizelge 4.9. Yulaf genotiplerinde plumula uzunluğuna ait varyans analiz tablosu

| Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri |
|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|
| <b>Blok</b>          | 5                   | 68.4080         | 13.6816            |          |
| <b>Genotip</b>       | 177                 | 1398.7414       | 7.9024             | 1.9987   |
| <b>Hata</b>          | 15                  | 59.3063         | 3.95375            |          |
| <b>Genel</b>         | 197                 | 1639.7342       |                    |          |

\*\* % 1 ve \* % 5 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.10. Yulaf genotiplerinde plumula uzunluğuna ait denemedeki veri değerleri

| Genotip   | Plumula Uzunluğu (mm) | Genotip | Plumula Uzunluğu (mm) |
|-----------|-----------------------|---------|-----------------------|
| Arslanbey | 15.46                 | TL13    | 12.88                 |
| Kahraman  | 14.79                 | TL15    | 14.22                 |
| Kırklar   | 17.13                 | TL21    | 23.00                 |
| Yeniçeri  | 15.41                 | TL26    | 12.20                 |
| TL6       | 14.27                 | TL28    | 19.17                 |
| TL7       | 16.20                 | TL37    | 25.38                 |
| TL8       | 19.00                 | TL38    | 13.55                 |
| TL9       | 10.36                 | TL42    | 14.14                 |
| TL10      | 13.29                 | TL53    | 14.14                 |
| TL11      | 16.27                 | TL55    | 23.50                 |
| TL12      | 16.43                 | TL59    | 18.44                 |

Çizelge 4.10. (Devamı) Yulaf genotiplerinde plumula uzunluğuna ait denemede ki veri değerleri

| <b>Genotip</b> | <b>Plumula Uzunluğu (mm)</b> | <b>Genotip</b> | <b>Plumula Uzunluğu (mm)</b> |
|----------------|------------------------------|----------------|------------------------------|
| TL61           | 16.86                        | TL97           | 18.48                        |
| TL62           | 12.00                        | TL98           | 14.11                        |
| TL63           | 18.00                        | TL99           | 10.43                        |
| TL64           | 14.67                        | TL100          | 10.67                        |
| TL65           | 9.45                         | TL101          | 20.75                        |
| TL67           | 28.45                        | TL102          | 20.86                        |
| TL69           | 23.55                        | TL104          | 23.20                        |
| TL71           | 13.67                        | TL105          | 14.00                        |
| TL72           | 12.20                        | TL106          | 16.25                        |
| TL73           | 20.27                        | TL107          | 12.50                        |
| TL74           | 14.63                        | TL108          | 9.50                         |
| TL75           | 10.67                        | TL109          | 10.00                        |
| TL76           | 8.00                         | TL110          | 12.11                        |
| TL77           | 11.00                        | TL113          | 14.14                        |
| TL78           | 15.00                        | TL114          | 18.50                        |
| TL79           | 11.10                        | TL119          | 15.00                        |
| TL86           | 13.75                        | TL120          | 10.89                        |
| TL89           | 28.08                        | TL121          | 14.68                        |
| TL90           | 13.33                        | TL122          | 9.50                         |
| TL92           | 17.44                        | TL123          | 10.20                        |
| TL95           | 16.13                        | TL124          | 9.89                         |
| TL96           | 18.62                        | TL125          | 10.00                        |

Çizelge 4.10. (Devamı) Yulaf genotiplerinde plumula uzunluğuna ait denemede ki veri değerleri

| <b>Genotip</b> | <b>Plumula Uzunluğu (mm)</b> | <b>Genotip</b> | <b>Plumula Uzunluğu (mm)</b> |
|----------------|------------------------------|----------------|------------------------------|
| TL126          | 7.75                         | TL166          | 20.00                        |
| TL127          | 12.00                        | TL167          | 12.14                        |
| TL128          | 2.00                         | TL168          | 9.90                         |
| TL129          | 12.00                        | TL170          | 9.29                         |
| TL130          | 13.00                        | TL171          | 10.80                        |
| TL133          | 10.20                        | TL172          | 11.33                        |
| TL136          | 20.50                        | TL173          | 8.71                         |
| TL137          | 14.36                        | TL174          | 9.50                         |
| TL139          | 12.78                        | TL175          | 10.50                        |
| TL140          | 12.75                        | TL184          | 13.50                        |
| TL142          | 22.17                        | TL187          | 15.10                        |
| TL143          | 9.00                         | TL188          | 9.83                         |
| TL144          | 11.12                        | TL189          | 9.50                         |
| TL145          | 13.10                        | TL191          | 8.25                         |
| TL146          | 9.17                         | TL194          | 9.40                         |
| TL147          | 13.50                        | TL196          | 8.08                         |
| TL148          | 9.50                         | TL199          | 15.29                        |
| TL149          | 12.56                        | TL210          | 11.25                        |
| TL152          | 16.60                        | TL220          | 18.00                        |
| TL156          | 11.10                        | TL222          | 13.00                        |
| TL157          | 12.74                        | TL238          | 18.00                        |
| TL158          | 17.64                        | TL240          | 15.67                        |
| TL160          | 12.45                        | TL242          | 20.33                        |
| TL162          | 22.50                        | TL243          | 20.67                        |
| TL165          | 10.00                        | TL252          | 15.60                        |

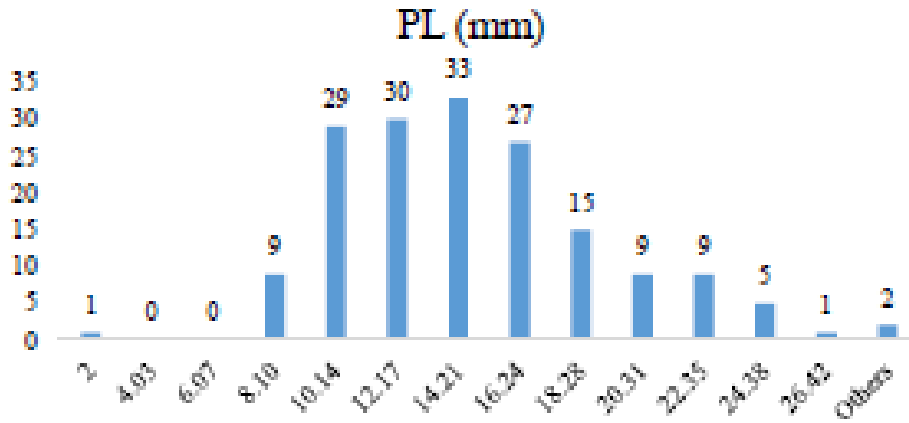


Çizelge 4.10. (Devamı) Yulaf genotiplerinde plumula uzunluğuna ait denemede ki veri değ erleri

| <b>Genotip</b> | <b>Plumula Uzunluğ u<br/>(mm)</b> | <b>Genotip</b> | <b>Plumula Uzunluğ u<br/>(mm)</b> |
|----------------|-----------------------------------|----------------|-----------------------------------|
| TL253          | 9.00                              | TL306          | 9.83                              |
| TL254          | 8.00                              | TL307          | 8.25                              |
| TL255          | 7.50                              | TL308          | 8.00                              |
| TL256          | 11.14                             | TL313          | 14.00                             |
| TL258          | 8.25                              | TL315          | 12.33                             |
| TL259          | 9.50                              | TL318          | 9.67                              |
| TL261          | 10.50                             | TL319          | 16.70                             |
| TL264          | 9.86                              | TL320          | 13.08                             |
| TL65           | 15.45                             | TL326          | 6.67                              |
| TL280          | 13.40                             | TL332          | 13.92                             |
| TL281          | 10.63                             | TL333          | 15.93                             |
| TL283          | 16.50                             | TL337          | 14.00                             |
| TL284          | 8.43                              | TL340          | 11.00                             |
| TL285          | 10.33                             | TL341          | 20.14                             |
| TL287          | 8.43                              | TL342          | 20.76                             |
| TL288          | 16.45                             | TL343          | 14.64                             |
| TL289          | 16.13                             | TL345          | 9.61                              |
| TL291          | 7.63                              | TL346          | 8.44                              |
| TL293          | 14.52                             | TL347          | 8.00                              |
| TL294          | 7.78                              | TL352          | 15.14                             |
| TL296          | 8.75                              | TL353          | 21.67                             |
| TL297          | 11.75                             | TL357          | 15.10                             |
| TL299          | 15.00                             | TL358          | 17.00                             |
| TL300          | 15.44                             | TL362          | 12.67                             |
| TL305          | 7.60                              | TL363          | 16.00                             |

Çizelge 4.10. (Devamı) Yulaf genotiplerinde plumula uzunluğuna ait denemede veri değerleri

| Genotip | Plumula Uzunluğu (mm) | Genotip | Plumula Uzunluğu (mm) |
|---------|-----------------------|---------|-----------------------|
| TL366   | 18.16                 | TL376   | 22.06                 |
| TL368   | 12.00                 | TL377   | 14.13                 |
| TL372   | 10.71                 | TL380   | 13.67                 |
| TL373   | 21.15                 | TL382   | 10.75                 |
| TL374   | 15.00                 | TL223   | 10.00                 |
| TL375   | 15.91                 |         |                       |



Şekil 4.5. Yerel yulaf genotiplerinin plumula uzunluğuna ait histogram grafiği

Yapılan varyans analizi neticesinde, plumula uzunluğu özelliği blok, genel faktörleri bakımından % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.9). Araştırmada yerel genotiplere ait plumula uzunluğu değerleri 2.00-28.45, kontrol çeşitlerdeyse 14.79-17.13 arasında değişkenlik göstermiştir (Şekil 4.5.). Laboratuvarında kurulan denemede plumula uzunluğu özelliği incelenmiş ve TL89 ile TL67 numaralı genotiplerin plumula uzunluğu verilerinin ortalamaları sırasıyla 28.08 ve 28.45 olarak bulunup en yüksek değeri alırken, TL128 ile TL326 numaralı genotiplerin plumula uzunluğu verilerinin ortalamaları sırasıyla 2.00 ve 6.67 olarak bulunup en düşük değere sahip oldukları belirlenmiştir (Çizelge 4.10.).

Araştırmadaki bulgu ve sonuçlarımız, Öner ve ark. (2018)'nın yulafta yürüttükleri deneme sonucu gibberellik asidin ve gibberellik asit x tuz interaksiyonunun plumula uzunluğu üzerine etkisinin önemsiz olduğu, tuzun ise çok önemli ( $p < 0.001$ ) bulunduğu çalışmadaki bulgularla farklılık içerisinde olmuştur.

#### 4.6. Tohum Vigor İndeksi

Çizelge 4.11. Yulaf genotiplerinde tohum vigor indeksine ait varyans analiz tablosu.

| Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri |
|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|
| <b>Blok</b>          | 5                   | 1350175         | 270.035            |          |
| <b>Genotip</b>       | 177                 | 119472576       | 674.986            | 10.87**  |
| <b>Hata</b>          | 15                  | 931404          | 62094              |          |
| <b>Genel</b>         | 197                 | 130096648       |                    |          |

\*\*% 1 ve \*% 5 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.12. Yulaf genotiplerinde tohum vigor indeksine ait denemedeki veri değerleri.

| Genotip   | Plumula Uzunluğu (mm) | Genotip | Plumula Uzunluğu (mm) |
|-----------|-----------------------|---------|-----------------------|
| Arslanbey | 3163.38               | TL37    | 2113.71               |
| Kahraman  | 3068.00               | TL38    | 2874.70               |
| Kırklar   | 3171.88               | TL53    | 4117.78               |
| Yeniçeri  | 2986.26               | TL55    | 1680.00               |
| TL6       | 1806.53               | TL59    | 2336.00               |
| TL7       | 1301.33               | TL61    | 4020.00               |
| TL8       | 2564.57               | TL62    | 2805.33               |
| TL9       | 4608.00               | TL63    | 3344.00               |
| TL10      | 5089.47               | TL64    | 1744.00               |
| TL11      | 5315.00               | TL65    | 1689.33               |
| TL12      | 3102.96               | TL67    | 3626.00               |
| TL13      | 1758.40               | TL69    | 3012.53               |
| TL15      | 3136.00               | TL71    | 3776.00               |
| TL21      | 1880.00               | TL72    | 2064.00               |
| TL26      | 1931.56               | TL73    | 4094.00               |
| TL28      | 2596.67               | TL74    | 2875.20               |

Çizelge 4.12. (Devamı) Yulaf genotiplerinde tohum vigor indeksine ait denemedeki veri değerleri

| <b>Genotip</b> | <b>Plumula Uzunluğu<br/>(mm)</b> | <b>Genotip</b> | <b>Plumula Uzunluğu<br/>(mm)</b> |
|----------------|----------------------------------|----------------|----------------------------------|
| TL75           | 2875.20                          | TL109          | 2572.80                          |
| TL76           | 3169.60                          | TL110          | 2784.00                          |
| TL77           | 4382.40                          | TL113          | 2201.16                          |
| TL78           | 2968.00                          | TL114          | 2912.00                          |
| TL79           | 3524.67                          | TL119          | 1833.87                          |
| TL86           | 3541.33                          | TL120          | 4067.64                          |
| TL89           | 3955.00                          | TL121          | 3691.50                          |
| TL90           | 2879.29                          | TL122          | 2576.00                          |
| TL92           | 2848.00                          | TL123          | 3502.00                          |
| TL95           | 2612.36                          | TL124          | 3009.00                          |
| TL96           | 2855.86                          | TL125          | 4060.00                          |
| TL97           | 4512.00                          | TL126          | 2310.00                          |
| TL98           | 4624.00                          | TL127          | 4430.80                          |
| TL99           | 3635.20                          | TL128          | 2414.00                          |
| TL100          | 3220.00                          | TL129          | 3096.00                          |
| TL101          | 1830.00                          | TL130          | 1980.53                          |
| TL102          | 3352.92                          | TL133          | 3305.74                          |
| TL104          | 4658.55                          | TL136          | 4475.43                          |
| TL105          | 3469.77                          | TL137          | 4115.69                          |
| TL106          | 2127.00                          | TL139          | 3473.20                          |
| TL107          | 3344.40                          | TL140          | 3908.57                          |
| TL108          | 2440.00                          | TL142          | 3920.00                          |

Çizelge 4.12. (Devamı) Yulaf genotiplerinde tohum vigor indeksine ait denemede ki veri değ erleri

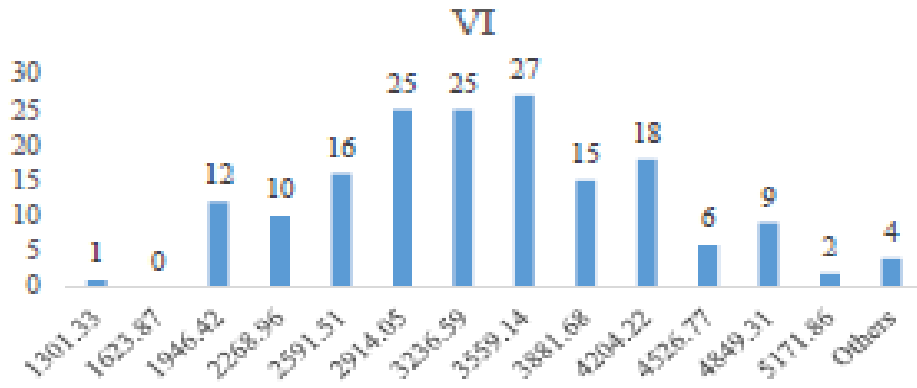
| Genotip | Plumula Uzunluğ u (mm) | Genotip | Plumula Uzunluğ u (mm) |
|---------|------------------------|---------|------------------------|
| TL143   | 3400.00                | TL184   | 3040.00                |
| TL144   | 3328.00                | TL187   | 3080.00                |
| TL145   | 4612.36                | TL188   | 3200.00                |
| TL146   | 4000.00                | TL189   | 4209.00                |
| TL147   | 2898.00                | TL191   | 3240.00                |
| TL148   | 3686.00                | TL194   | 3624.62                |
| TL149   | 5360.00                | TL196   | 4094.00                |
| TL152   | 4653.00                | TL199   | 2880.00                |
| TL156   | 3687.27                | TL210   | 3216.22                |
| TL157   | 5133.91                | TL220   | 2880.00                |
| TL158   | 4080.00                | TL222   | 3136.00                |
| TL160   | 3438.00                | TL238   | 3256.00                |
| TL162   | 3019.20                | TL240   | 1844.29                |
| TL165   | 2988.80                | TL242   | 3176.00                |
| TL166   | 3468.00                | TL243   | 2580.00                |
| TL167   | 2707.20                | TL252   | 1664.00                |
| TL168   | 3400.00                | TL253   | 3743.00                |
| TL170   | 3997.82                | TL254   | 3264.00                |
| TL171   | 2168.18                | TL255   | 2755.20                |
| TL172   | 2550.00                | TL256   | 4048.39                |
| TL173   | 3559.33                | TL257   | 2543.20                |
| TL174   | 3261.09                | TL258   | 2866.67                |
| TL175   | 4627.20                | TL259   | 3610.00                |

Çizelge 4.12. (Devamı) Yulaf genotiplerinde tohum vigor indeksine ait denemede ki veri değ erleri

| <b>Genotip</b> | <b>Plumula Uzunluğu (mm)</b> | <b>Genotip</b> | <b>Plumula Uzunluğu (mm)</b> |
|----------------|------------------------------|----------------|------------------------------|
| TL261          | 2407.20                      | TL313          | 3008.00                      |
| TL264          | 3248.00                      | TL315          | 3558.67                      |
| TL265          | 2130.00                      | TL318          | 3264.00                      |
| TL280          | 3292.80                      | TL319          | 4424.89                      |
| TL281          | 2496.57                      | TL320          | 2883.56                      |
| TL283          | 3854.04                      | TL326          | 3502.00                      |
| TL284          | 3412.40                      | TL332          | 4180.61                      |
| TL285          | 3654.33                      | TL333          | 3086.29                      |
| TL287          | 2493.07                      | TL337          | 3708.00                      |
| TL288          | 2360.00                      | TL340          | 3948.00                      |
| TL289          | 3488.22                      | TL341          | 2267.80                      |
| TL291          | 4609.00                      | TL342          | 5494.40                      |
| TL293          | 2340.00                      | TL343          | 5333.17                      |
| TL294          | 2760.80                      | TL345          | 4703.68                      |
| TL296          | 2274.22                      | TL346          | 3355.20                      |
| TL297          | 1972.00                      | TL347          | 2944.00                      |
| TL299          | 2760.00                      | TL352          | 3392.00                      |
| TL300          | 2340.00                      | TL353          | 3929.67                      |
| TL305          | 2570.40                      | TL357          | 4059.50                      |
| TL306          | 3612.00                      | TL358          | 3666.60                      |
| TL307          | 3770.67                      | TL362          | 2567.27                      |
| TL308          | 2628.00                      | TL363          | 2660.00                      |

Çizelge 4.12. (Devamı) Yulaf genotiplerinde tohum vigor indeksine ait denemede ki veri değ erleri

| Genotip | Plumula Uzunluğu (mm) | Genotip | Plumula Uzunluğu (mm) |
|---------|-----------------------|---------|-----------------------|
| TL366   | 3154.00               | TL376   | 2780.44               |
| TL368   | 2855.00               | TL377   | 2730.03               |
| TL372   | 3122.00               | TL380   | 2209.85               |
| TL373   | 2934.76               | TL382   | 2836.49               |
| TL374   | 1802.67               | TL223   | 3672.00               |
| TL375   | 4450.95               |         |                       |



Şekil 4.6. Yerel yulaf genotiplerinin tohum vigor indeksine ait histogram grafiğ i

Yapılan varyans analizi neticesinde, tohum vigor indeksi özelliğ i blok, genotip, genel faktörleri bakımından % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.11.). Araştırmada kurulan denemede yerel genotiplere ait tohum vigor indeksi özelliğ i değ erleri 1301.33-5494.40.00, kontrol gruplarda 2986.26-3171.88 arasında değ iş kenlik göstermiştir (Şekil 4.6.). Laboratuvarda kurulan denemede tohum vigor indeksi özelliğ i incelenmiş ve TL149 ile TL342 numaralı genotiplerin tohum vigor indeksi verilerinin ortalamaları sırasıyla 5360.00 ile 5494.40 olarak bulunup en yüksek değ eri aldıkları, TL7 ile TL252 numaralı genotiplerin tohum vigor indeksi verilerinin ortalamaları sırasıyla 1301.33 ile 1664.00 olarak bulunup en düşük değ eri aldıkları belirlenmiştir (Çizelge 4.12.).

Araştırmadaki bulgu ve sonuçlarımız, Güngör ve ark. (2017) 'nın yulafta yürütmüş oldukları denemede tohum vigor indeksi bakımından genotiplerin birbirinden farklılık gösterdiği çalışmadaki sonuçlarla benzerlik göstererek örtüşmüş, en yüksek düzeydeki tohum vigor indeksinin Yeniçeri, en düşüğün ise Sebat genotipinde görüldüğü gözlenerek artan tuz konsantrasyonları miktarının da tohum güç indeksi değerlerini büyük ölçüde azalttığı tespit edilmiştir.

#### **4.7. Temel Bileşen Biplot Analiz (PCA) Bulguları**

Temel bileşen (PCA) biplot analizleri bitki ıslahı çalışmaları ve tarımsal araştırmalarda genotiplerden üstün uyum yeteneğine sahip olanları seçerken önemli bir rol oynamasının yanı sıra, sadece genotiplerin yeterli bir şekilde değerlendirilmesinde değil, aynı zamanda özelliklerin birbiriyle olumlu ya da olumsuz olarak ilişkilerinin belirlenmesinde de aktif olarak fayda sağlamaktadır (Yan ve Tinker, 2006). Bu araştırmada, laboratuvar denemesinde incelenen Türk orijinli yulaf genotipleri ile radikula uzunluğu, koleoptil uzunluğu, plumula uzunluğu, çimlenme hızı, çimlenme gücü ve tohum vigor indeksi gibi bazı çimlenme özellikleri arasındaki pozitif ya da negatif ilişkiler biplot analiz grafiği oluşturularak değerlendirilmiş ve aşağıdaki gibi görsel olarak gösterilmiştir (Şekil 4.7.). Çalışmada, biplot grafiğini oluşturan PC1 değeri % 41.5 ve PC2 değeri % 21.5 olarak bulunup, toplam varyasyonun % 63'ünü açıklamış ve her iki bileşenin üzerinde bir ortalama değere sahip olduğu görülmüştür. Şekle bakıldığında göz önünde bulundurulan özellikler açısından genotiplerin hangilerinin daha iyi bir yönde performans gösterdiği ve bu özelliklerin birbirleriyle olumlu ve olumsuz ilişkileri görülebilmektedir. Araştırmada incelenen yerel yulaf genotiplerinde çimlenme hızı ile çimlenme gücü arasında, radikula uzunluğu ile koleoptil uzunluğu arasında, tohum vigor indeksi ile koleoptil uzunluğu arasında ve tohum vigor indeksi ile radikula uzunluğu arasında kuvvetli pozitif ilişkilerin ortaya çıktığı belirlenmiştir. Ayrıca, plumula uzunluğu ile koleoptil uzunluğu, radikula uzunluğu, tohum vigor indeksi; çimlenme hızı ve çimlenme gücü ile radikula uzunluğu ve koleoptil uzunluğu arasındaki vektör açıları 90°'den büyük olduğu için önemli negatif ilişkiler belirlenmiştir.

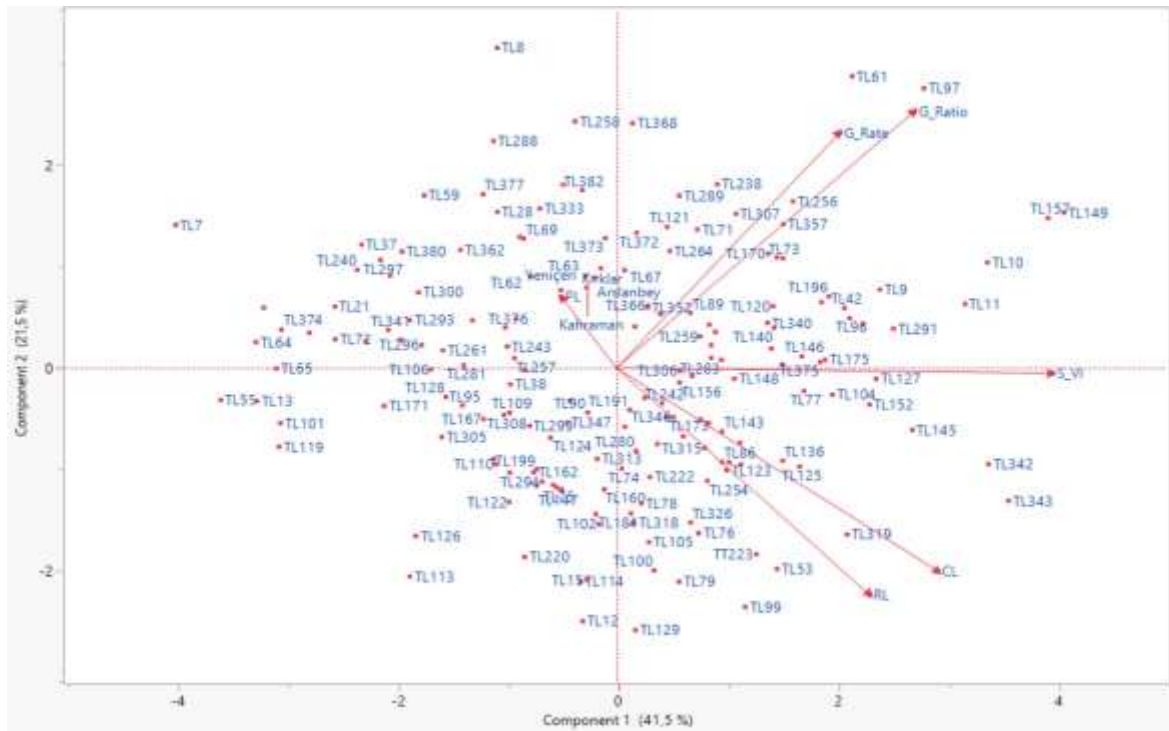
TL9, TL10, TL11, TL42, TL53, TL61, TL67, TL71, TL73, TL74, TL76, TL77, TL78, TL79, TL86, TL89, TL91, TL97, TL98, TL99, TL100, TL104, TL105, TL120, TL121, TL123, TL125, TL127, TL129, TL136, TL140, TL143, TL145, TL146, TL148, TL152, TL156, TL157, TL170, TL173, TL175, TL191, TL196, TL222, TL223, TL238, TL242, TL256, TL259, TL264, TL280, TL283, TL289, TL291, TL306, TL307, TL315,



TL318, TL319, TL326, TL340, TL342, TL343, TL346, TL352, TL357, TL366, TL368, TL372, TL375 numaralı genotipler çimlenme hızı, çimlenme gücü, tohum vigor indeksi, radikula uzunluğu, koleoptil uzunluğu özellikleri ile ilişkili olarak koordinat düzleminin sağ çeyreğinde yer almıştır. Kontrol gruplardan yine Kahraman ve Arslanbey genotipleri de koordinat düzleminin sağ çeyreğinde yer alarak eş değer bir duruma sahip olmuşlardır.

TL7, TL8, TL12, TL13, TL15, TL21, TL28, TL37, TL38, TL55, TL59, TL62, TL63, TL64, TL65, TL69, TL72, TL75, TL90, TL95, TL101, TL102, TL106, TL109, TL110, TL113, TL114, TL119, TL122, TL124, TL126, TL128, TL147, TL160, TL162, TL167, TL171, TL184, TL199, TL220, TL240, TL243, TL257, TL258, TL261, TL281, TL288, TL293, TL294, TL296, TL297, TL299, TL300, TL305, TL308, TL313, TL333, TL341, TL347, TL362, TL373, TL377, TL380, TL382 numaralı genotipler sadece plumula uzunluğu özelliği ile ilişki içerisinde olarak koordinat düzleminin sol çeyreğinde yer alarak öne çıkmışlardır. Kontrol gruplardan ise Yeniçeri ve Kırklar isimli genotipler koordinat düzleminin sol çeyreğinde yer alarak yerel genotiplerle eş tutum sergilemiştir.

Güngör ve ark. (2021)'nın tohum çimlenmesi ve erken vejetatif dönemi boyunca 33 adet yulaf genotipinin 4 farklı tuz stresine (0, 30, 60, 90 mM) maruz bırakılması suretiyle morfo-fizyolojik tepkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada yaptıkları biplot temel bileşen analizleri sonucunda PC1 bileşenin %33.9 PC2 değerinin de %16.4 olmak üzere her iki bileşenin toplam varyasyonunun %50.3'ünü açıklayarak ortalamanın üzerinde bir değere sahip olduğunu ifade ederek çalışmadaki bulgularımızla örtüşmüştür.



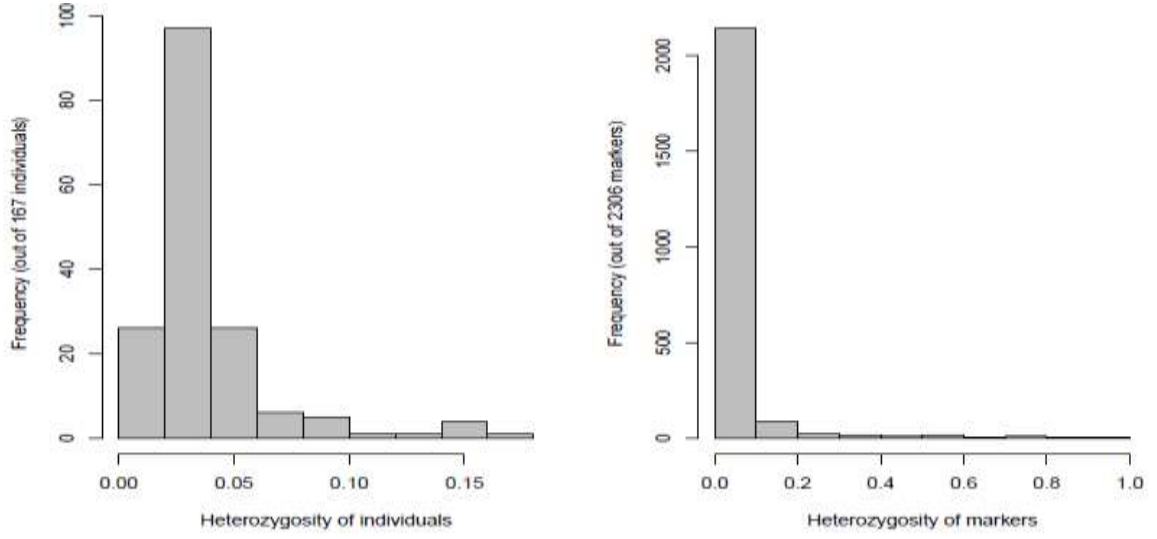
Şekil 4.7. Araştırmada incelenen bazı çimlenme özelliklerinin koordinat düzleminde gruplandırılması ve Türk orijinli yulaf genotipleriyle ilişkisine ait Biplot grafiği

#### 4.8. Genotip Kalite Kontrolü, Populasyon Yapısı ve Kinship Analiz Bulguları

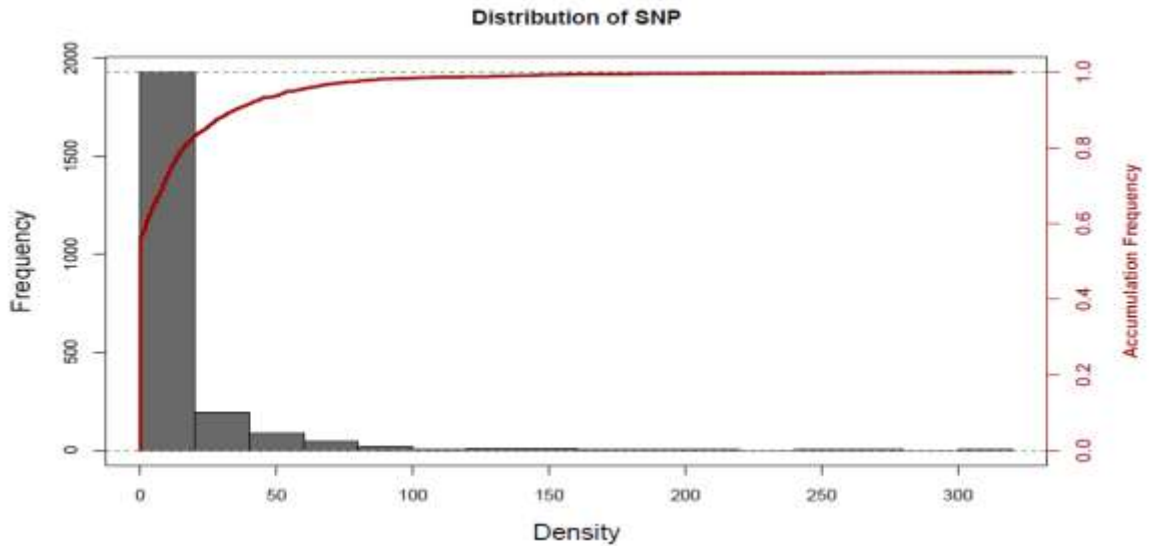
Bitkilerde ilişki haritalamasının gerçekleştirilmesi; en uygun, işlevselliği hızlı sonuçlar veren markör sistemlerinin seçimi, araştırılan populasyonun boyutu, çalışılan bitkinin genomik yapısı ve özelliği, projedeki bütçe maliyeti gibi bazı faktörler vasıtasıyla farklı yönlerden veride yeterliliği bütünleştirecek altyapıları gerektirir. Genotipik veri elde edilir edilmez fenotip ile genotip arasında yapılacak ilişkilendirme analizleri öncesi formatlama işlemiyle genotip kalite kontrol aşamasının uygulanması hatalı ve istenmeyecek sonuçlara sebebiyet vermemek için önemli bir kriter olup, anlamlı ilişkiler bulmada göze çarpmaktadır. Genotip kalite kontrolündeki aşamalarda normal ilişki analizi çalışmaları için sık olarak yapılabilen markör filtreleme, populasyon durumuna göre atasal kökenden gelen akrabalığa dayalı homozigot ya da heterozigot bireylerin tespiti, duplike olan örneklerin devre dışı bırakılması, LD'deki markörler için ayıklanan veri setindeki dağılım esas alınmaktadır (Pavan ve ark., 2020).

Çalışmada Türk orijinli yulaf genotiplerinden 167 bireyde ve 6K çip SNP markörlerinden 2306'sında genotip kalite kontrol testi yürütülerek her ikisinin de heterozigotluk frekansları belirlenmiş ve bireylerle markörlerin histogram yığılım grafiğinde normal bir dağılımdan uzak bir tutumda oldukça uzak sapmalarla

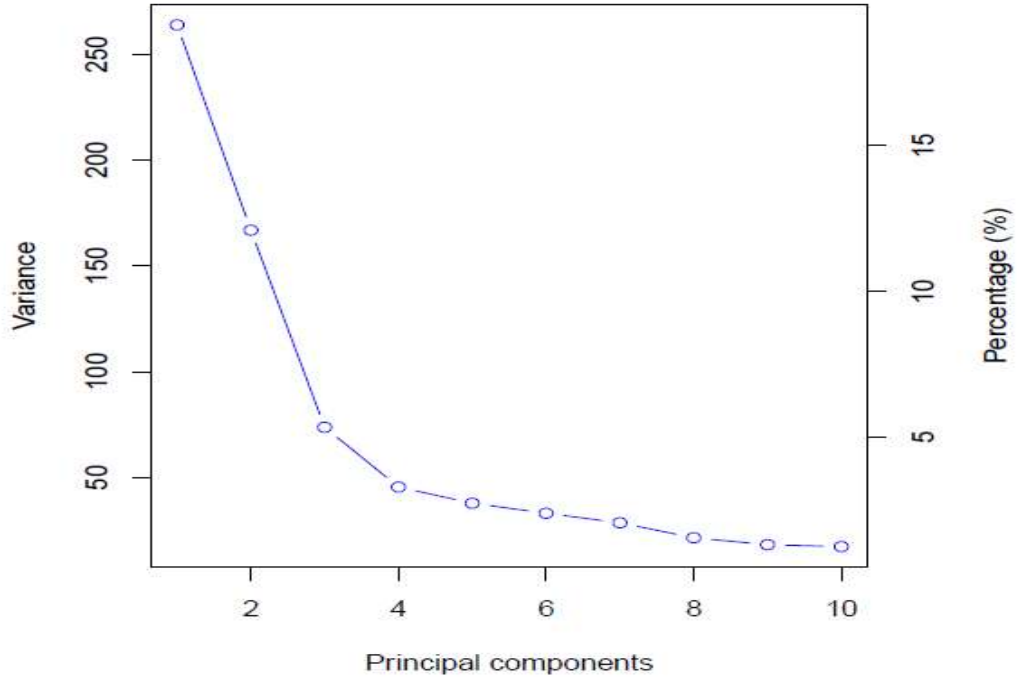
heterozigotluklarının bazılarında sağ düzleme doğru % 50'nin üzerinde bir yayılım içinde olduğu görülmektedir (Şekil 4.8.). Daha sonra, markör çiftleri arasındaki LD'yi hesaplamak için önemli bir kriter olan markör yoğunluğu test edilerek, markör yoğunluğu ve LD bozulması arasındaki karşılaştırmayla markörlerin iyi bir LD yoğunluğuna elverişliliğinin yeterli düzeyde olup olmadığı histogram grafiğinde gösterilmiştir (Şekil 4.9.). SNP'lerin yayılım grafiğindeki dağılım durumları incelendiğinde, frekansları 1000'den sonra artan bir eğilimde devam ederek 2000'de; yığılım frekanslarıysa 0.6'dan başlayarak 1.0'da son bulduğu belirlenmiştir.



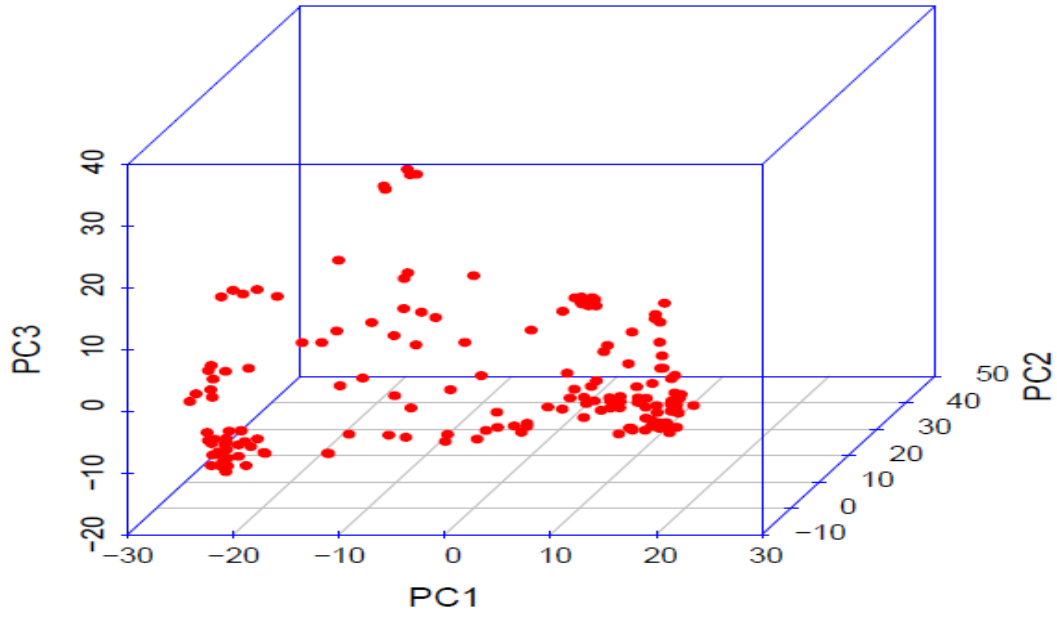
Şekil 4.8. Türk yulaf genotiplerindeki bireyler ve 6K SNP çip markörlerindeki heterozigotluk frekanslarının histogram grafiğinde dağılım durumları



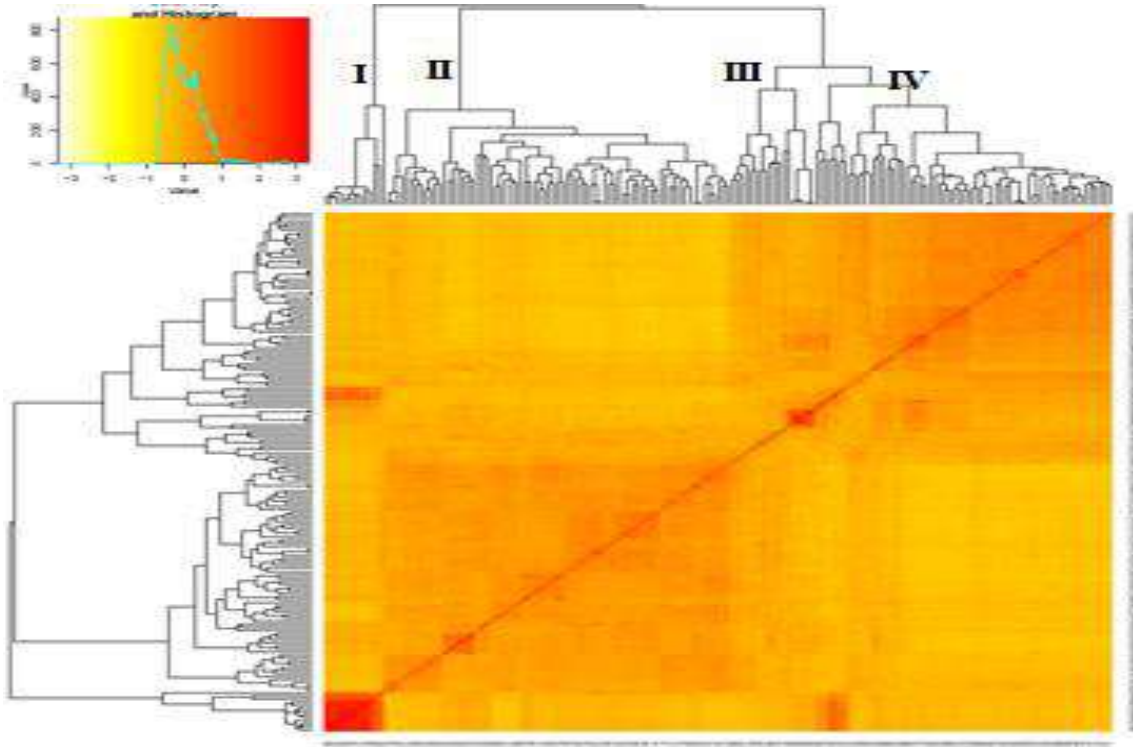
Şekil 4.9. Markör yoğunlukları ve yığılım frekanslarının histogram grafiğinde dağılım durumları



Şekil 4.10. Ana bileşenlerin tarama plotu



Şekil 4.11. Türk yulaf genotiplerinin popülasyon yapısının 3D kümelenmiş görüntüsü



Şekil 4.12. 6K SNP çip markörleri kullanarak Türk yulaf genotipleri arasındaki ilişkiyi gösteren çift yönlü kinship matrisi ve genetik kümeleme ısı haritası

Populasyon yapısını belirlemek için, GAPİT'te mevcut parametre ayarlarıyla R scriptleri girilip PC değerinin optimal K olarak belirlendiği eigenvalue, 3D PC ve Van Raden (2008)'in modeli esas alınarak kinship matrisine dayalı ısı haritası plotu EMMA algoritmasıyla oluşturuldu. Varyans bileşenlerinden 4'üncü PC'deki kırılma noktasında önemli bir değişim yaşanırken, bu durum ilk 4 ana bileşenin birikim frekansını iyi yansıttığı ifade edilerek varyans bileşenlerinin % 50'sini açıklamış olduğunu göstermektedir (Şekil 4.10). 3D PC pilotunda genotiplerin önemli bir kısmının PC2'ye yakın olarak sıkıca kümelendiği, diğer kısımlarının ise sol tarafta PC3'e yakın bir tarafta konumlanarak birbirlerinden ayrıştığı göze çarpmaktadır (Şekil 4.11.). Çift yönlü kinship matrisinde genotiplerin eşleşme durumlarına göre bakıldığında; populasyon yapısının atasal kökenleri dikkate alınarak 4 farklı gruba ayrıldığı, ısı haritasındaki renk diyagramlarının sarıdan kırmızıya bağlı değişim gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.12.).

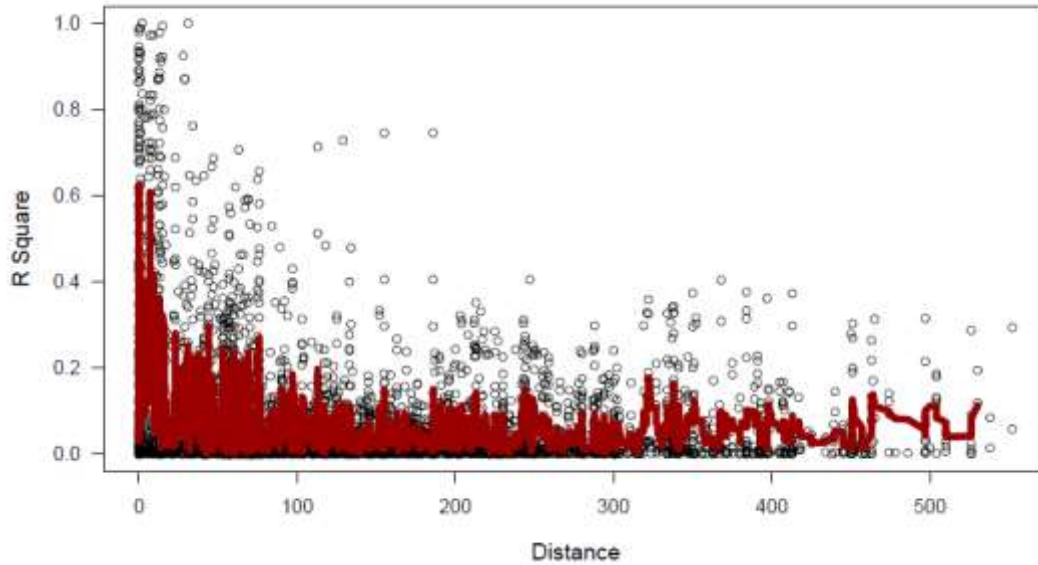
Wang ve ark. (2017)'nin 105 elit buğday çeşidi ve ileri generasyon ıslah hatlarından oluşan ilişki haritalama panelinde yürüttükleri GWAS çalışmasında 90K İllumina SNP markörleriyle genotiplemeleri sonucu gerçekleştirilen populasyon yapısı ve kinship analizlerinde varyans bileşenlerinin ilk 8'inci PC değerinde önemli bir değişiklik gördüklerini, ilk üç PC değerinin üç boyutlu plotta farklı kümeler halinde ayrıştığını

ve panelin kinship matrisine ait ısı haritasının dendogramında 3 gruba göre sınıflandığını ortaya çıkararak bulgularımızdan farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

#### 4.9. Bağlantı Dengesizliği (Linkage Disequilibrium)

Jennings tarafından 1917’de ilk kez tanımlanan ve Lewtonin tarafından 1964’de ilk kez sayısal değeri ifade edilen LD kavramı, bir popülasyondaki bireylerde bulunan farklı lokuslardaki allellerin rastgele olmayan ilişkisini tanımlayan bir olgudur. Bağlantı sürüklenmesi, karışım, seleksiyon, yeni ortaya çıkan mutasyonlar, autogami, epistatik etkileşim, genetik izolasyon, popülasyon boyutu, kromozomlardaki genomik düzenlemeler LD artışından sorumlu olan önemli faktörlerden olmasının yanı sıra, popülasyondan popülasyona, bireyden bireye, türden türe göre değişkenlik gösteren bir tutumda izlenerek ilişki haritalamasının başarısında pay sahibi olarak farklı izler taşır (Flint-Garcia ve ark., 2003; Nadeem ve ark., 2018).

Burada gösterilen LD bozulmasının yayılım grafiğinde SNP markörlerinin yüzeysel alandaki kapsayıcılığı ve birbirleriyle olan ilişkisi görülebilmektedir. LD azalışı, maksimum  $r^2$  değerinin yarısına düştüğünde ortalaması olarak bulunmuştur. Araştırmadaki bulgularımızda, LD 0.6’dan kısa bir mesafede 0.3’e düşmüştür (Şekil 4.13.). Bu şekilde bulgularımız, yine aynı ilişki haritalama panelindeki  $r^2$  değerini 0.2 bularak LD gözlemlediğini ifade eden Kılınç (2020)’ın bulguları ile benzer bir uyum içinde olmuştur.



Şekil 4.13. LD bozulmasının yayılım grafiği

#### 4.10. Aday Gen İlişki Haritalama Analizi

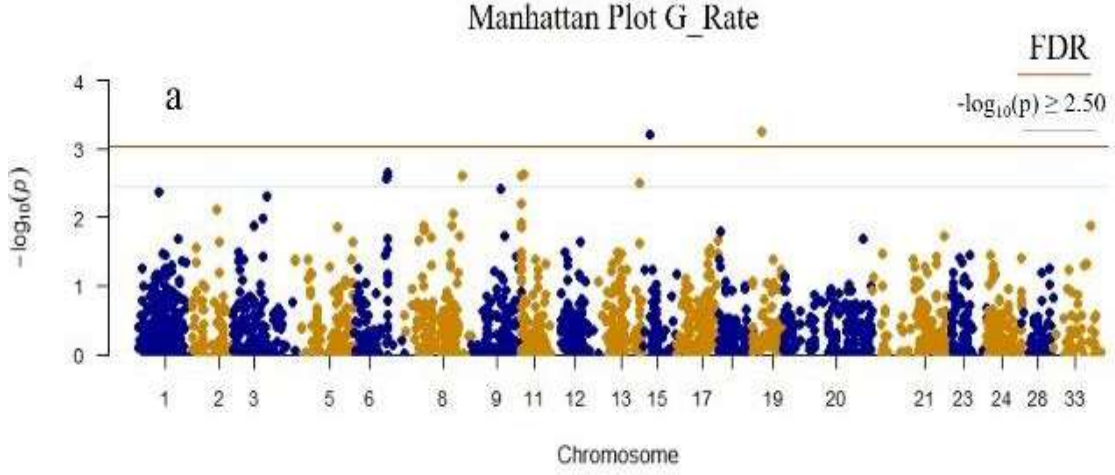
Aday gen ilişki haritalamasında fenotiple genotip arasındaki bağı kurarken en popüler yöntemlerden biri olan tek lokusa dayalı CMLM (baskılandırılmış karmaşık doğrusal yöntem) istatistiksel metodu genellikle yaygın problem olan akrabalık ve populasyon yapısından kaynaklanan tip- I hatasını (yanlış pozitifleri) azaltıp, testin güvenilirliğini sağlamasına karşılık; çok fazla miktarda hesaplama gücünün kaçınılmaz olmasıyla farklı algoritma arayışlarına kapıyı aralamıştır (Şakiroğlu, 2020). CMLM’de genotip (G), fenotip (P), populasyonun yapısını temsil eden PCA ve akrabalık matrisi verileri (K) beraber kullanılarak ilişkilendirmede analizler gerçekleştirilmektedir. Araştırmada incelenen 6 özellikteki (çimlenme hızı, çimlenme gücü, radikula uzunluğu, koleoptil uzunluğu, plumula uzunluğu, tohum vigor indeksi) verilerin ortalamaları alınarak CMLM modelinde ilişkilendirme analizleri yapılmış ve her özellikle ilişkili aday markörler ve QTL’lerin kromozomal bölgelerdeki yerleri Manhattan plot grafiğinde, gözlenen ve beklenen p değerleri ise Q-Q plot grafiğinde sunulurak görselleştirilmiştir. CMLM metodu düşük aralıklı kinship matrisini ön planda tutarak istatistiksel gücü geliştirir ve bireyleri benzer genotiplere göre gruplara ayıran bir kümeleme algoritmasını kullanır. İlişkilendirme çalışmalarında çok sayıda istatistiksel test gerçekleştirilerek en anlamlı markörler  $-\log_{10}(p)$  eşğine göre belirlenip anlamlı kabul edilir. Yapılan ilişkilendirme analizinde teste tabi tutulan her bir markör için minör etkideki sınırlamayı kaldırıp güçlü olanları seçmek için  $-\log_{10} \geq 2.50$  önem düzeyi esas alarak  $p < 0.01-0.001$  aralığındaki markörler anlamlı kabul edilmiş ve çoklu karşılaştırma testi FDR ile işlemler sonlandırılmıştır.

##### 4.10.1. Çimlenme Hızı ile İlişkili Aday Markörler

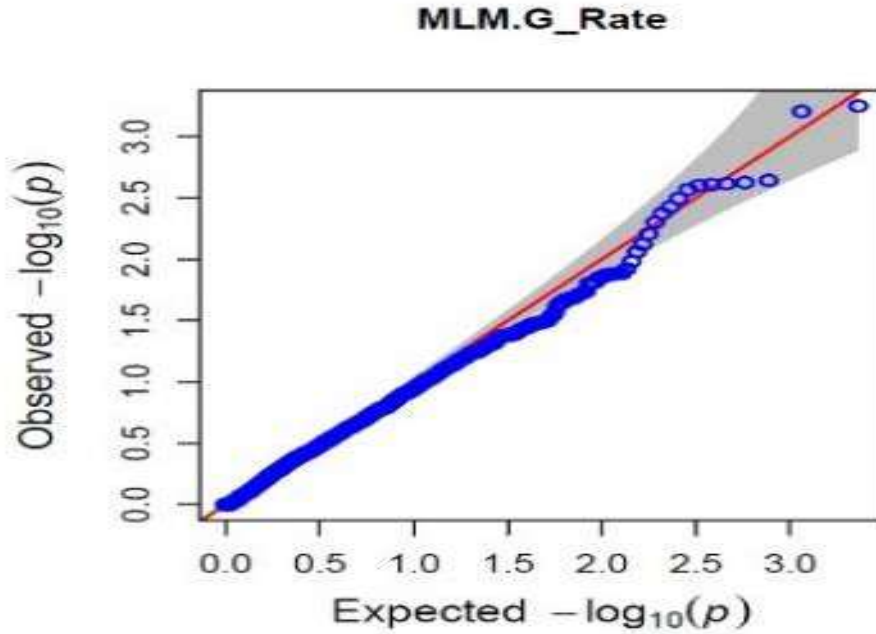
Çimlenme özelliklerinden çimlenme hızı için fenotipik verilere ait ortalamalar kullanılarak CMLM modeliyle yapılan aday gen ilişkilendirme analizi sonucunda 8 adet aday markör saptanmıştır ( $-\log_{10} \geq 2.50$  ve  $p < 0.01$ ). Bu aday markörlerin 19, 15, 6, 11 ve 8’inci kromozomlarda yer alarak 221, 164, 1023, 88, 1628, 37 ve 1002 cM uzunluğundaki pozisyonel mesafelere düştüğü belirlenmiştir (Şekil 4.14). Çimlenme hızı özelliğinin markör yüzdesini açıklayan fenotipik varyansının ( $R^2$ ); tüm markörlerde 0.09 ile 0.12, minör allel frekansının (MAF) 0.01 ile 0.40 arasında değişkenlik gösterdiği Çizelge 4.13’ten izlenebilmektedir. Q-Q plot grafikleri beklenen ve gözlenen değerlerin yanlış pozitifleri kontrol etme başarısını doğrulamada önemli bir yer edinerek sonuçları görsel biçimde



sunmaktadır. Q-Q plot grafiği incelenecek olursa, gözlenen ve beklenen  $-\log_{10}(p)$  değerinin 1.5'a kadar üniform bir dağılımla doğrusal çizgi üzerinde hareket etme eğiliminde olduğu izlenerek yanlış pozitifleri kontrol etme başarısına olan etkinliğin iyi tutum sergilediği söylenebilir.  $-\log_{10}(p)$  değerinin yaklaşık 2'nin üzerinde başlangıçtaki sapma durumu önemli markör-özellik ilişkilerinin varlığını ortaya koymuştur (Şekil 4.15).



Şekil 4.14. Çimlenme hızı ile ilişkili SNP markörlerinin genomik pozisyonları ve  $-\log_{10}(p)$  değerlerinin önem seviyesine ait Manhattan plot grafiği



Şekil 4.15. Gözlenen ve beklenen  $-\log_{10}(p)$  değerinin çimlenme hızı yönünden Q-Q plot eşleştirme grafiği



Çizelge 4.13. Çimlenme hızı özelliği için CMLM ilişkilendirme sonuç çizelgesi

| SNP                 | Kromozom | Pozisyon | P değeri | R <sup>2</sup> | MAF  | FDR    |
|---------------------|----------|----------|----------|----------------|------|--------|
| GMI_DS_LB_1076      | 19       | 221      | 0.00562  | 0.12           | 0.03 | 0.0031 |
| GMI_GBS_50325       | 15       | 164      | 0.00622  | 0.11           | 0.24 | 0.0031 |
| GMI_ES14_c2965_193  | 6        | 1023     | 0.002275 | 0.10           | 0.06 | 0.0033 |
| GMI_ES02_c24507_561 | 11       | 88       | 0.002364 | 0.10           | 0.22 | 0.0033 |
| GMI_ES_LB_9817      | 6        | 1023     | 0.002415 | 0.10           | 0.05 | 0.0033 |
| GMI_GBS_13916       | 8        | 1628     | 0.002454 | 0.10           | 0.12 | 0.0033 |
| GMI_ES14_c5428_351  | 11       | 37       | 0.002503 | 0.10           | 0.40 | 0.0033 |
| GMI_GBS_95238       | 6        | 1002     | 0.002694 | 0.10           | 0.01 | 0.0033 |

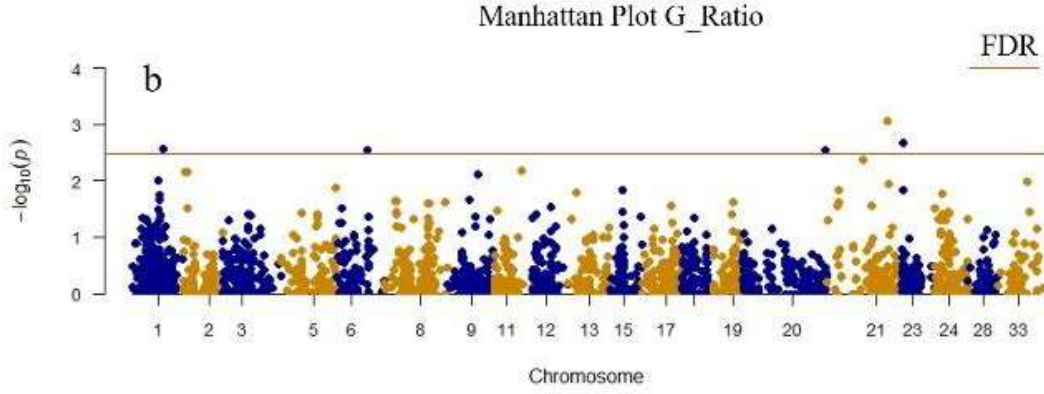
R<sup>2</sup>: Markörün fenotipik varyasyonu açıklama katsayısı P değeri: Markörün ilişkiyi belirlemedeki anlamlılık düzeyi MAF: Minör Allel Frekansı FDR: Hatalı Keşif Oranı

GMI\_DS\_LB\_1076 aday markörü Mrg19 bağlantı grubuna düşerek daha önceden yayınlanan yulaf referans consensus haritalarında (Oat-2014-CrownRust, Oat-2016-AxM, Oat-2016-Consensus (221 cM uzunluğunda) yer almaktadır (Lin ve ark., 2014; Caffin ve ark., 2016; Bekele ve ark., 2018). GMI\_DS\_LB\_1076 aday markörü Mrg19 bağlantı grubunda önceden bildirilen yulaf consensus haritalarında (Oat-2016-AxM- Oat-2016-AxM\_22) olduğu bilinmektedir (Caffin ve ark., 2016).

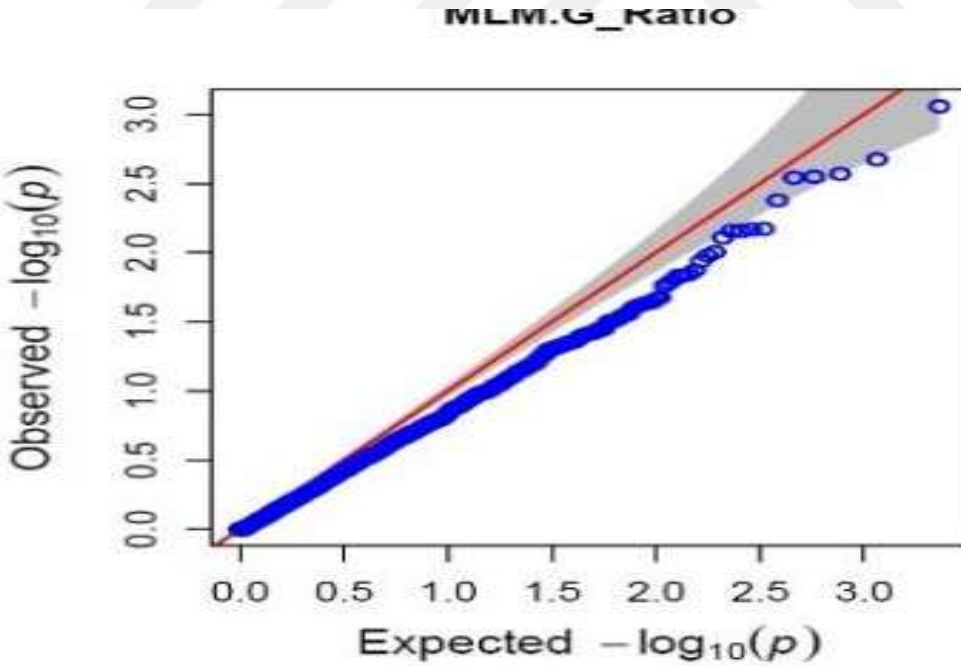
#### 4.10.2. Çimlenme Gücü ile İlişkili Aday Markörler

Çimlenme özelliklerinden çimlenme gücü için fenotipik verilere ait ortalamalar kullanılarak CMLM modeliyle yapılan aday gen ilişkilendirme analizi sonucunda 5 adet aday markör saptanmıştır ( $-\log_{10} \geq 2.50$  ve  $p < 0.01-0.001$ ). Bu aday markörlerin 21, 23, 1, 6 ve 20'nci kromozomlarda yer alarak 1720, 232, 866, 1002 ve 2491 cM uzunluğundaki pozisyonel mesafelere düştüğü belirlenmiştir. (Şekil 4.16). Çimlenme gücü özelliğinin markör yüzdesini açıklayan fenotipik varyansının (R<sup>2</sup>); tüm markörlerde 0.06 ile 0.07, minör allel frekansının (MAF) 0.01 ile 0.46 arasında değişkenlik gösterdiği Çizelge 4.14'ten izlenebilmektedir. Q-Q plot grafiği incelendiğinde, gözlenen ve beklenen  $-\log_{10}(p)$  değerinin 0.5'a kadar üniform bir dağılımla doğrusal çizgi üzerinde hareket etme

eğilimi olduğu gözlenmiş, bunun aksine grafiğin başında görülen çok sayıda sapma da yanlış pozitifleri işaret etmiştir.  $-\log_{10}(p)$  değerinin 0.5'tan sonra dağılıma aykırı sapma göstererek doğrusal çizgiden ayrılması markör-özellik ilişkilerinin varlığını ortaya koymaktadır (Şekil 4.17).



Şekil 4.16. Çimlenme gücü ile ilişkili SNP markörlerinin genomik pozisyonları ve  $-\log_{10}(p)$  değerlerinin önem seviyesine ait Manhattan plot grafiği



Şekil 4.17. Gözlenen ve beklenen  $-\log_{10}(p)$  değerinin çimlenme gücü yönünden Q-Q plot eşleştirme grafiği

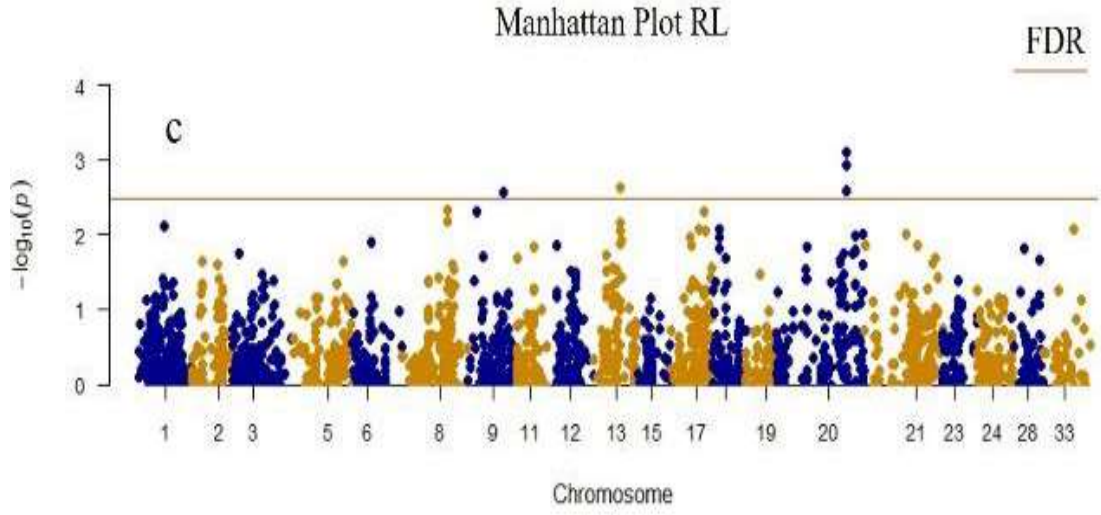
Çizelge 4.14. Çimlenme gücü özelliği için CMLM ilişkilendirme sonuç çizelgesi

| SNP                   | Kromozom | Pozisyon | P değeri | R <sup>2</sup> | MAF  | FDR    |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------------|------|--------|
| GMI_ESI_c12749_234    | 21       | 1720     | 0.000875 | 0.07           | 0.43 | 0.0028 |
| GMI_ES05_c1006_442    | 23       | 232      | 0.00212  | 0.06           | 0.17 | 0.0028 |
| GMI_ES05_c2760_657    | 1        | 866      | 0.002698 | 0.06           | 0.41 | 0.0028 |
| GMI_GBS_95238         | 6        | 1002     | 0.00283  | 0.06           | 0.01 | 0.0028 |
| GMI_ES14_lrc18344_662 | 20       | 2491     | 0.002873 | 0.06           | 0.46 | 0.0028 |

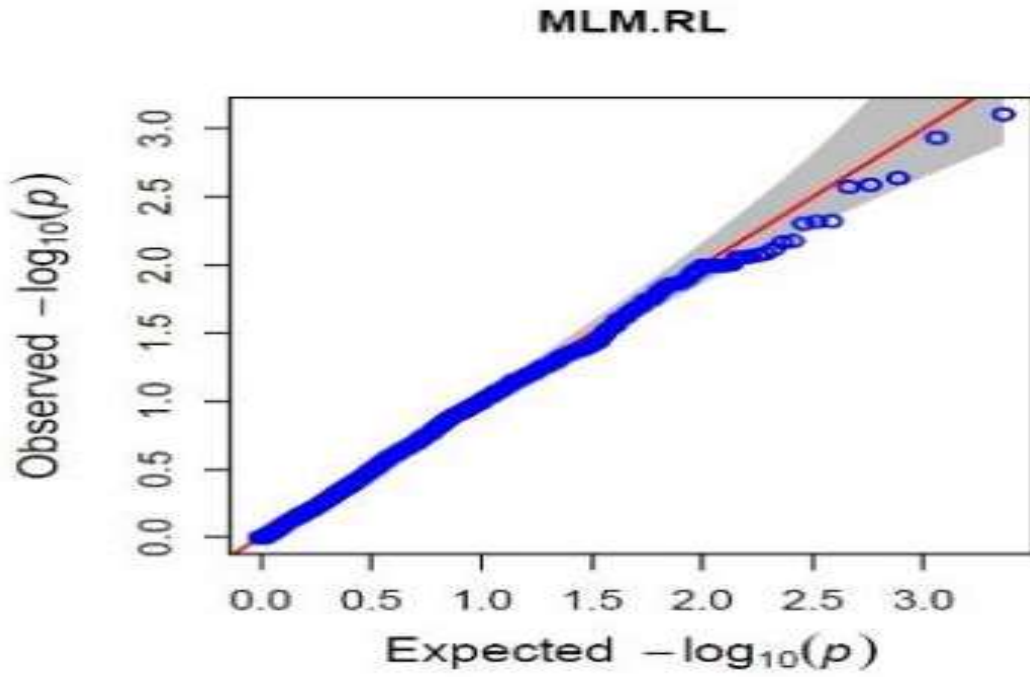
GMI\_ES01\_c12749\_234 aday markörü Mrg21 bağlantı grubunda yer edinerek daha önceden yayınlanan yulaf referans consensüs haritalarında (Oat-2014-CrownRust, Oat-2016-AxM\_16, Oat-2016-Consensus-21, Oat-2018-Consensus\_Mrg21 (1720 cM uzunluğunda) olduğu bilinmektedir (Lin ve ark., 2014; Caffin ve ark., 2016; Bekele ve ark., 2018).

#### 4.10.3. Radikula Uzunluğu ile İlişkili Aday Markörler

Çimlenme özelliklerinden radikula uzunluğu için fenotipik verilere ait ortalamalar kullanılarak CMLM modeliyle yapılan aday gen ilişkilendirme analizi sonucunda 5 adet aday markör saptanmıştır ( $-\log_{10} \geq 2.50$  ve  $p < 0.01-0.001$ ). Bu aday markörlerin 9, 13 ve 20'nci kromozomlarda yer alarak 983, 714, 2035 ve 2051 cM uzunluğundaki pozisyonel mesafelere düştüğü belirlenmiştir. (Şekil 4.18). Radikula uzunluğu özelliği için markör yüzdesini açıklayan fenotipik varyansının ( $R^2$ ) bütün markörlerde 0.10 ile 0.11, minör allel frekansının (MAF) 0.41 ile 0.48 arasında değişkenlik gösterdiği Çizelge 4.15'ten izlenebilmektedir. Q-Q plot grafiği incelendiğinde, gözlenen ve beklenen  $-\log_{10}(p)$  değerinin 2.0'a kadar uniform bir dağılımla doğrusal çizgi üzerinde hareket etme eğilimine sahip olduğu gözlenerek yanlış pozitifleri kontrol etme başarı ve performansının oldukça iyi olduğu söylenebilir.  $-\log_{10}(p)$  değerinin 2.0'dan sonra doğrusal çizgi üzerindeki dağılımdan ayrılarak sapma göstermesi markör-özellik ilişkilerinin varlığını ortaya koymuştur (Şekil 4.19.).



Şekil 4.18. Radikula uzunluğu ile ilişkili SNP markörlerinin genomik pozisyonları ve  $-\log_{10}(p)$  değerlerinin önem seviyesine ait Manhattan plot grafiği



Şekil 4.19. Gözlenen ve beklenen  $-\log_{10}(p)$  değerinin radikula uzunluğu yönünden Q-Q plot eşleştirme grafiği

Çizelge 4.15. Radikula uzunluğu özelliği için CMLM ilişkilendirme sonuç çizelgesi

| SNP                 | Kromozom | Pozisyon | P değeri | R <sup>2</sup> | Maf  | FDR    |
|---------------------|----------|----------|----------|----------------|------|--------|
| GMI_ES_LB_11026     | 20       | 2035     | 0.000782 | 0.11           | 0.46 | 0.0026 |
| GMI_ES_LB_11028     | 20       | 2035     | 0.001162 | 0.11           | 0.45 | 0.0026 |
| GMI_ES01_c10216_255 | 13       | 714      | 0.002302 | 0.10           | 0.46 | 0.0026 |
| GMI_ES05_c2715_265  | 20       | 2051     | 0.002573 | 0.10           | 0.48 | 0.0026 |
| GMI_GBS_50940       | 9        | 983      | 0.002665 | 0.10           | 0.41 | 0.0026 |

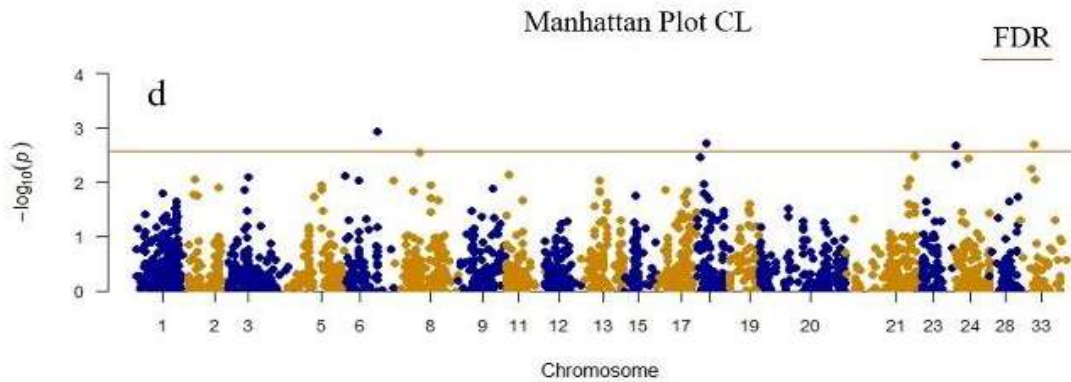
GMI\_ES\_LB\_11026 aday markörünün Mrg20 bağlantı grubunda yer edinerek daha önceden yayınlanan yulaf referans consensüs haritalarında (Oat-2016-BxG\_19a, Oat-2016-Consensus-20, Oat-2016-OxP\_16b, Oat-2016-PxB\_14, Oat-2016-SxH\_6, Oat-2018-Consensus\_Mrg20 (2035 cM uzunluğunda) olduğu bilinmektedir (Caffin ve ark., 2016; Bekele ve ark., 2018).

Zimmer ve ark. (2020) subtropikal bölgelere adapte olmuş farklı ıslah programlarından elde edilerek oluşturulan UFRGS yulaf ilişki haritalama panelinde  $\beta$ -glucan özelliği için GBS genotipleme, çalıştıkları özelliğin enzimatik ve NIRS verilerini bir araya getirip topladıktan sonra yaptıkları analizler sonucu, bu özellik için 7 QTL bölgesi tanımladıklarını, bu QTL'lerin 37.50 ve 85.20 cM uzunluğundaki avgbs2\_50181.1.51, avgbs\_cluster\_30914.1.60 markörleri ile ilişkili olarak Mrg02, 62.90 ve 72.10 cM uzunluğundaki avgbs\_cluster\_39442.1.33, avgbs\_70809.1.19 markörleri ile ilişkili olarak Mrg06, 3.70, 7.20, 8.80, 52.80, 39.20, 45.60, 49.80 ve 37.90 cM uzunluğundaki avgbs2\_86064.1.51, avgbs2\_86064.1.6, avgbs\_200620.1.64, avgbs2\_44135.1.36, avgbs\_42869.1.46, avgbs\_104028.1.28, avgbs2\_25762.1.10, avgbs2\_96603.1.42, avgbs\_104028.1.28, avgbs\_62906.1.35, avgbs\_72741.1.47, avgbs\_cluster\_13360.1.22, avgbs\_72741.1.47, avgbs2\_96603.1.42 markörleri ile ilişkili olarak Mrg11, 56.70 ve 59.40 cM uzunluğundaki avgbs\_cluster\_33876.1.64, avgbs\_cluster\_30172.1.9 markörleri ile ilişkili olarak Mrg12, 70.10 ve 76.30 cM uzunluğundaki avgbs\_cluster\_32091.1.36, avgbs\_cluster\_39780.1.13 markörleri ile ilişkili olarak Mrg19, 79.70 cM uzunluğundaki avgbs\_cluster35845.1.61 markörü ile ilişkili olarak Mrg20 bağlantı grubuna dahil olmasının yanı sıra, Mrg02, Mrg06 ve Mrg11'de

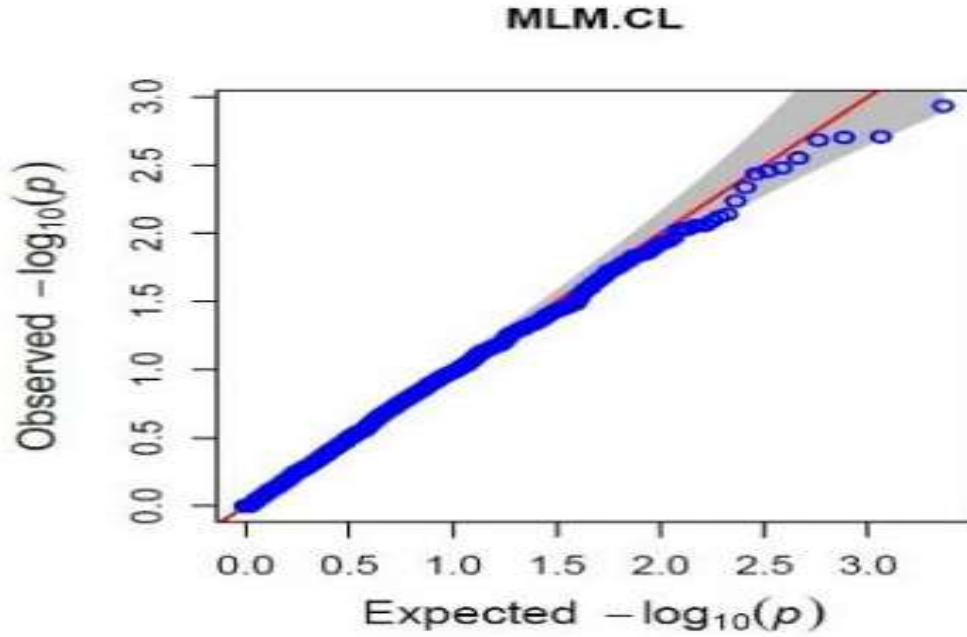
konumlanan QTL'lerin arpadaki genomik bölgeler ile sentetik görüldüğünü, bu QTL bölgelerinin subtropikal çevrelerde yulafta  $\beta$ -glucan özelliği ıslahının gelişmesine yol açarak genetik olarak hızlandırılmasında faydalı olacağını bildirmişlerdir. Araştırmadaki bulgularımızda Zimmer ve ark. (2020)'nın  $\beta$ -glucan içeriği ile ilişkili tanımladığı Mrg02, Mrg06, Mrg11, Mrg12, Mrg19, Mrg20 bağlantı gruplarına ek olarak radikula uzunluğu ile ilişkili Mrg09 ve Mrg13 bağlantı grupları yulaf genomunda belirlenmiştir.

#### 4.10.4. Koleoptil Uzunluğu ile İlişkili Aday Markörler

Çimlenme özelliklerinden koleoptil uzunluğu için fenotipik verilere ait ortalamalar kullanılarak CMLM modeliyle yapılan aday gen ilişkilendirme analizi sonucunda 8 adet aday markör saptanmıştır ( $-\log_{10} \geq 2.50$  and  $p < 0.01$ ). Bu aday markörlerin 6, 8, 18, 23 ve 33'üncü kromozomlarda yer alarak 1045, 814, 231, 1106 ve 380 cM uzunluğundaki pozisyonel mesafelere düştüğü belirlenmiştir (Şekil 4.20). Koleoptil uzunluğu özelliği için markör yüzdesini açıklayan fenotipik varyansının ( $R^2$ ); bütün markörlerde 0.07 ile 0.08 minör allel frekansının (MAF) 0.07 ile 0.41 arasında değişkenlik gösterdiği Çizelge 4.16'ten izlenebilmektedir. Q-Q plot grafiği incelendiğinde, gözlenen ve beklenen  $-\log_{10}(p)$  değerinin 2.0'a kadar üniform bir dağılımla doğrusal çizgi üzerinde hareket etme eğiliminin olduğu görülerek yanlış pozitifleri kontrol etme başarı ve performansının oldukça iyi olduğu söylenebilir.  $-\log_{10}(p)$  değerinin 2.0'dan sonra doğrusal çizgi üzerindeki dağılımdan ayrılarak sapma göstermesi markör-özellik ilişkilerinin varlığını ortaya koymuştur (Şekil 4.21).



Şekil 4.20. Koleoptil uzunluğu ile ilişkili SNP markörlerinin genomik pozisyonları ve  $-\log_{10}(p)$  değerlerinin önem seviyesine ait Manhattan plot grafiği



Şekil 4.21. Gözlenen ve beklenen  $-\log_{10}(p)$  değerinin koleoptil uzunluğu yönünden Q-Q plot eşleştirme grafiği

Çizelge 4.16. Koleoptil uzunluğu özelliği için CMLM ilişkilendirme sonuç çizelgesi

| SNP                   | Kromozom | Pozisyon | P değeri | R <sup>2</sup> | Maf  | FDR    |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------------|------|--------|
| GMI_ES15_c5315_156    | 6        | 1045     | 0.001165 | 0.08           | 0.14 | 0.0036 |
| GMI_ES_15_lrc19156_98 | 18       | 231      | 0.001961 | 0.07           | 0.41 | 0.0036 |
| GMI_ES22_c9827_183    | 33       | 380      | 0.001986 | 0.07           | 0.26 | 0.0036 |
| GMI_DS_LB_9600        | 23       | 1106     | 0.002074 | 0.07           | 0.07 | 0.0036 |
| GMI_GBS_78545         | 8        | 814      | 0.002805 | 0.07           | 0.13 | 0.0036 |

GMI\_ES15\_c5315\_156 aday markörünün Mrg06 bağlantı grubunda yer edinerek daha önceden yayınlanan yulaf referans konsensüs haritalarında (Oat-2014-CrownRust, Oat-2016-AxM, Oat-2016-Consensus, Oat-2016-PxB, Oat-2018-Consensus (1045 cM uzunluğundaki) olduğu bilinmektedir (Lin ve ark., 2014; Caffin ve ark., 2016; Bekele ve ark., 2018).

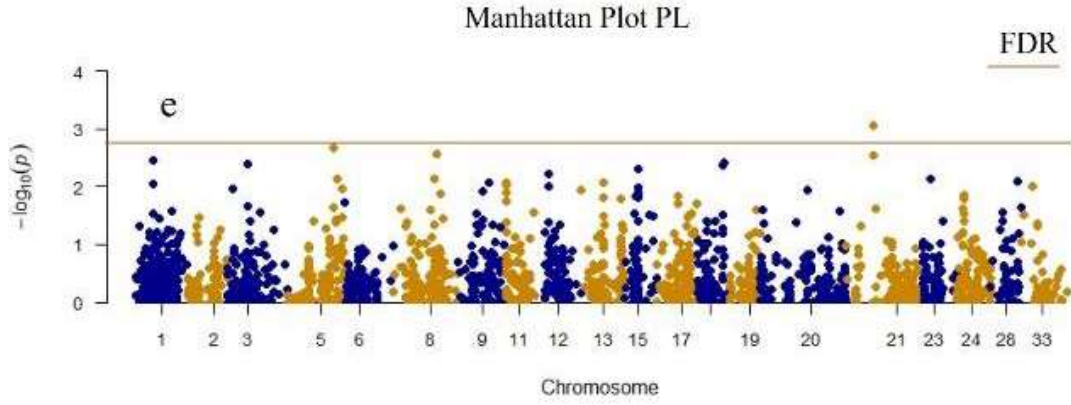
McCartney ve ark. (2019) kültürü yapılan yulafta kara pas hastalığına dayanıklılığı yaygın bir şekilde kanıtlanmış olan *Pg13* genini hem linkage (bağlantı), hem de

ilişkilendirme analiziyle haritalamayı, 6K Infinium ve *Pg13* bağlantı grubuna ait olan SNP'leri yulaf ıslahında kullanımını kolaylaştırmak için KASP markörlerine dönüştürmeyi amaçladıklarını, bu genin bağlantı haritalamasıyla yaklaşık 67.7 cM'da Bekele ve ark. (2018)'nin bildirdiği consensüs haritadaki gibi Mrg18 bağlantı grubunun 7C-18A translokasyon bölgesinde lokalize olduğunu, bu genle ilişkili GMI\_ES15\_c2701\_67 ve GMI\_ES05\_c8955\_177 aday markörlerinin ilişki haritalamasında da Mrg18 bağlantı grubuna düşerek 67.7 cM mesafede yer aldığını, KASP markörlerinin de çok iyi bir fonksiyonel görünüm sağlayarak yüksek kalitede kümeler ile sonuçlanıp gelecekteki kara pas epidemilerine karşı koruma sağlayacak yeni yulaf çeşitlerinin geliştirilmesinde *Pg13* genini diğer *Pg* genleri ile piramitlemede değerli bir kaynak olduklarını rapor etmişlerdir. Araştırmadaki bulgularımızda McCartney ve ark. (2019)'nın kara pas hastalığı ile ilişkili belirlediği Mrg18 bağlantı grubuna ek olarak Mrg06, Mrg08, Mrg23 ve Mrg33 bağlantı grupları yulaf genomunda belirlenmiştir.

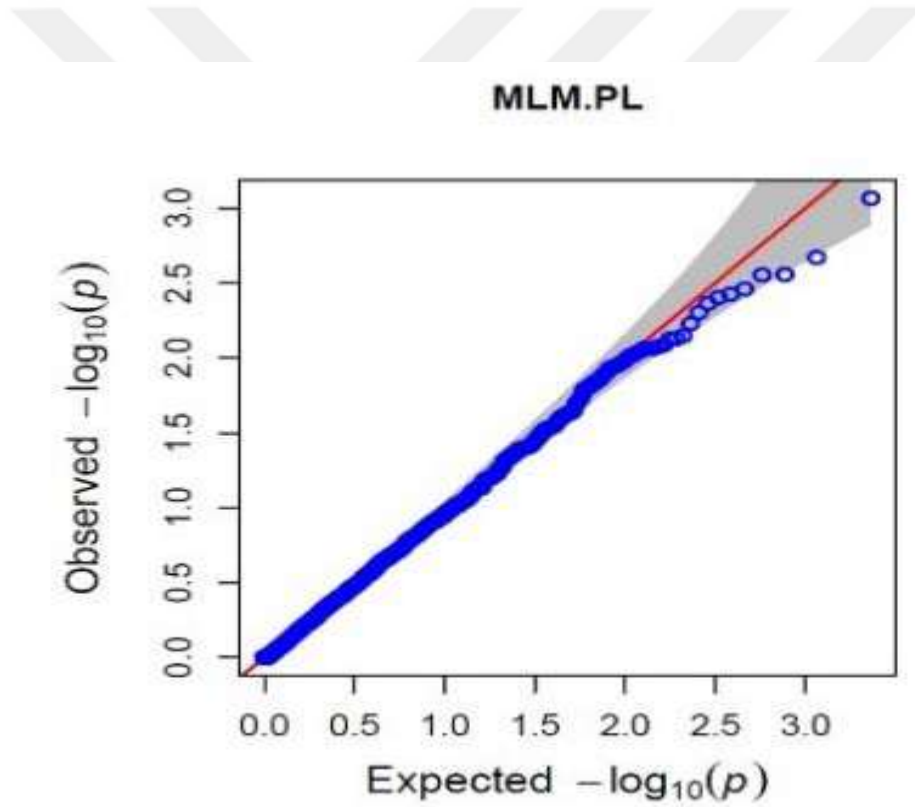
#### **4.10.5. Plumula Uzunluğu ile İlişkili Aday Markörler**

Çimlenme özelliklerinden plumula uzunluğu için fenotipik verilere ait ortalamalar kullanılarak CMLM modeliyle yapılan aday gen ilişkilendirme analizi sonucunda 4 adet aday markör saptanmıştır ( $-\log_{10} \geq 2.50$   $p < 0.01-0.001$ ). Bu aday markörlerin 5, 8 ve 21'inci kromozomlarda yer alarak 1251, 1296 ve 777 cM uzunluğundaki pozisyonel mesafelere düştüğü belirlenmiştir. (Şekil 4.22). Plumula uzunluğu özelliği için markör yüzdesini açıklayan fenotipik varyansının ( $R^2$ ); bütün markörlerde 0,10 ile 0,11 minör allel frekansının (MAF) 0,06 ile 0,26 arasında değişkenlik gösterdiği Çizelge 4.17'den izlenebilmektedir. Q-Q plot grafiği incelendiğinde, gözlenen ve beklenen  $-\log_{10}(p)$  değerlerinin 2.0'a kadar uniform bir dağılımla doğrusal çizgi üzerinde hareket etme eğilimi içinde olduğu gözlenerek yanlış pozitifleri kontrol etme başarı ve performansının oldukça iyi olduğu söylenebilir.  $-\log_{10}(p)$  değerinin 2.0'dan sonra doğrusal çizgi üzerindeki dağılımdan ayrılarak sapma göstermesi markör-özellik ilişkilerinin varlığını ortaya koymuştur (Şekil 4.23).





Şekil 4.22. Plumula uzunluğu ile ilişkili SNP markörlerinin genomik pozisyonları ve  $-\log_{10}(p)$  değerlerinin önem seviyesine ait Manhattan plot grafiği



Şekil 4.23. Gözlenen ve beklenen  $-\log_{10}(p)$  değerinin plumula uzunluğu yönünden Q-Q plot eşleştirme grafiği

Çizelge 4.17. Plumula uzunluğu özelliği için CMLM ilişkilendirme sonuç çizelgesi

| SNP                | Kromozom | Pozisyon | P değeri | R <sup>2</sup> | Maf  | FDR    |
|--------------------|----------|----------|----------|----------------|------|--------|
| GMI_DS_LB_4204     | 21       | 777      | 0.000858 | 0.11           | 0.06 | 0.0039 |
| GMI_ES01_c3435_183 | 5        | 1251     | 0.002128 | 0.10           | 0.26 | 0.0039 |
| GMI_ES15_c1855_452 | 8        | 1296     | 0.002768 | 0.10           | 0.18 | 0.0039 |
| GMI_DS_LB_10835    | 21       | 777      | 0.002786 | 0.10           | 0.11 | 0.0039 |

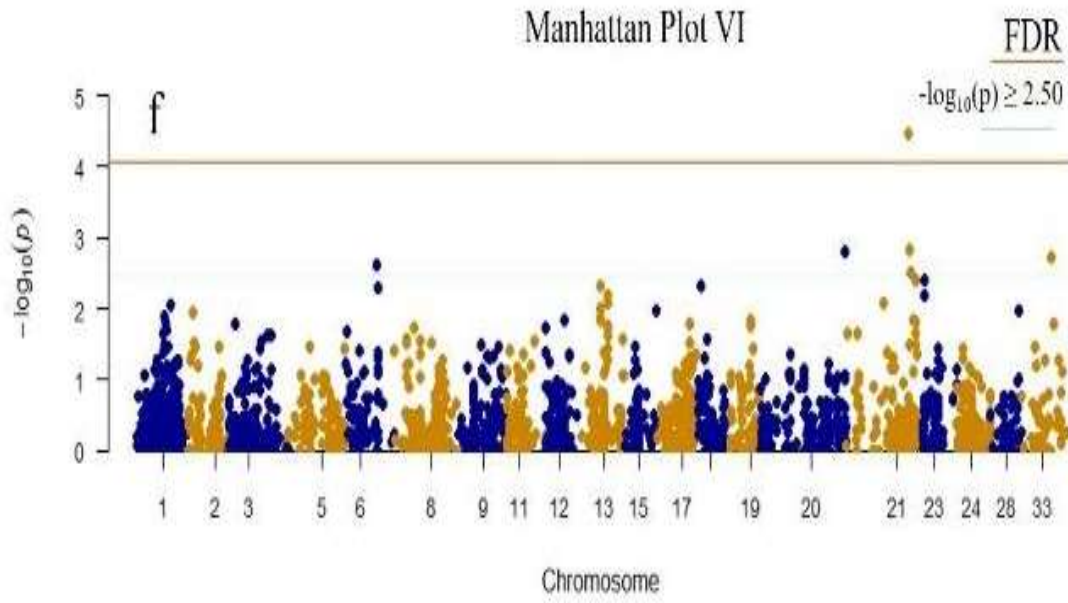
GMI\_DS\_LB\_4204 aday markörünün Mrg21 bağlantı grubunda yer edinerek daha önceden yayınlanan yulaf referans consensüs haritalarında (Oat-2014-CrownRust, Oat-2016-AxM, Oat-2016-Consensus, Oat-2016-KxO, Oat-2018-Consensus (777 cM uzunluğunda) olduğu bilinmektedir (Lin ve ark., 2014; Caffin ve ark., 2016; Bekele ve ark., 2018).

Mohler, (2021) tarafından yulaf taçlı pas hastalığına karşı dayanıklı olduğu kabul edilen *Pm3* dayanıklılık geninin yulaf kromozomunun 1A setini temsil ettiği son zamanlarda belirlenmiş consensüs haritasının Mrg18 bağlantı grubundaki markörlere göre linkage yöntemiyle haritalandığı, bu genin; taçlı ve kara pas hastalığı dayanıklılık genleri *Pg13*, *Pc91* ve çok sayıda kümelenmiş dayanıklılık gen analoglarının daha önceden haritalanmış olduğu bir pozisyon olan Mrg18 bağlantı grubunda 67.7-72.6 cM uzunluğunda bir mesafeye düşerek konumlandığı, sıkıca yakın bağlı bir markör olan GMI\_ES03\_c2277\_336'nın popülasyonlardaki gen varsayım çalışmalarında *Pm3*'ün tahmininde başarılı bir şekilde kullanımı için iyi bir başlangıç noktası olduğu bildirilmiştir. Araştırmadaki bulgularımızda Mohler, (2021)'in çalışmasında yer alan Mrg18 bağlantı grubuna ek olarak plumula uzunluğu ile ilişkili Mrg05, Mrg08 ve Mrg21 bağlantı grupları yulaf genomunda tespit edilmiştir.

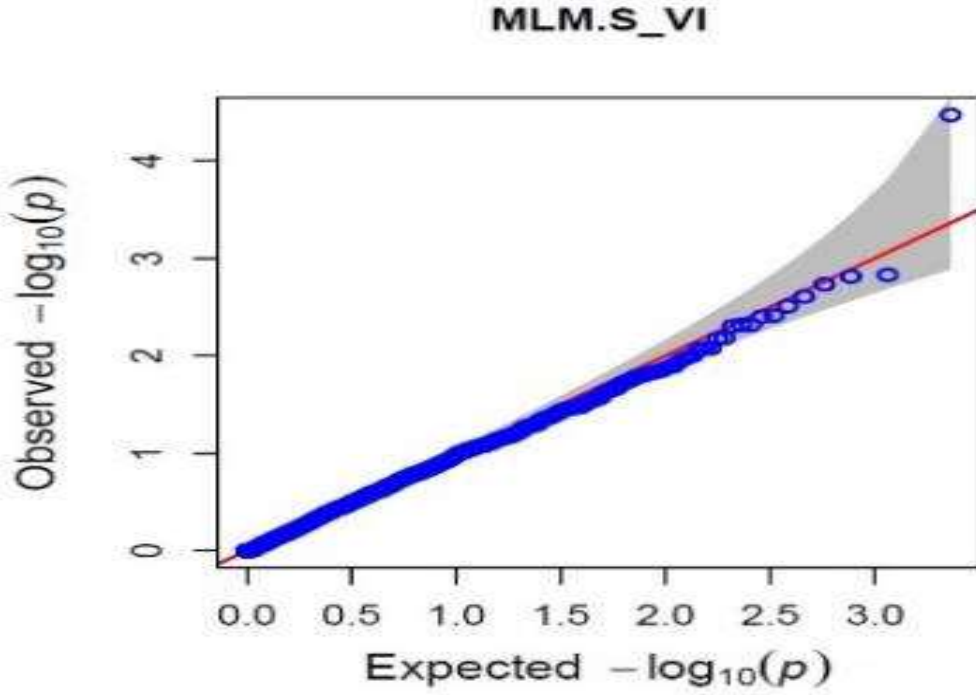
#### 4.10.6. Tohum Vigor İndeksi ile İlişkili Aday Markörler

Çimlenme özelliklerinden tohum vigor indeksi için fenotipik verilere ait ortalamalar kullanılarak CMLM modeliyle yapılan aday gen ilişkilendirme analizi sonucunda 6 adet aday markör saptanmıştır ( $-\log_{10} \geq 2.50$  ve  $p < 0.01-0.0001$ ). Bu aday markörlerin 6, 20, 21 ve 33'üncü kromozomlarda yer alarak 1002, 2491, 1720, 1747, 1723 ve 820 cM uzunluğundaki pozisyonel mesafelere düştüğü belirlenmiştir (Şekil 4.24).

Tohum vigor indeksi özelliği için markör yüzdesini açıklayan fenotipik varyansının ( $R^2$ ); bütün markörlerde 0.05 ile 0.11, minör allel frekansının (MAF) 0,01 ile 0,46 arasında değişkenlik gösterdiği Çizelge 4.18'den izlenebilmektedir. Q-Q plot grafiği incelenecek olursa, gözlenen ve beklenen  $-\log_{10}(p)$  değerlerinin 2.0'a kadar üniform bir dağılımla doğrusal çizgi üzerinde hareket etme eğiliminde olduğu gözlenerek yanlış pozitifleri kontrol etme başarı ve performansının oldukça iyi olduğu söylenebilir.  $-\log_{10}(p)$  değerinin 2.0'dan sonra doğrusal çizgi üzerindeki dağılımdan ayrılarak sapma göstermesi markör-özellik ilişkilerinin varlığını ortaya koymuştur (Şekil 4.25).



Şekil 4.24. Tohum vigor indeksi ile ilişkili SNP markörlerinin genomik pozisyonları ve  $-\log_{10}(p)$  değerlerinin önem seviyesine ait Manhattan plot grafiği



Şekil 4.25. Gözlenen ve beklenen  $-\log_{10}(p)$  değerinin tohum vigor indeksi yönünden Q-Q plot eşleştirme grafiği

Çizelge 4.18. Tohum vigor indeksi özelliği için CMLM ilişkilendirme sonuç çizelgesi

| SNP                   | Kromozom | Pozisyon | P değeri | R <sup>2</sup> | Maf  | FDR     |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------------|------|---------|
| GMI_ESI_c12749_234    | 21       | 1720     | 3.39E-05 | 0.11           | 0.43 | 0.00027 |
| GMI_ES22_c7747_621    | 21       | 1747     | 0.001483 | 0.06           | 0.39 | 0.0037  |
| GMI_ES14_lrc18344_662 | 20       | 2491     | 0.001536 | 0.06           | 0.46 | 0.0037  |
| GMI_ES22_c9230_196    | 33       | 820      | 0.00185  | 0.06           | 0.21 | 0.0037  |
| GMI_GBS_95238         | 6        | 1002     | 0.002459 | 0.05           | 0.01 | 0.0039  |
| GMI_ES_CC10682_318    | 21       | 1783     | 0.003098 | 0.05           | 0.23 | 0.0039  |

GMI\_ES01\_c12749\_234 aday markörünün Mrg21 bağlantı grubunda yer edinerek daha önceden yayınlanan yulaf referans konsensüs haritalarında (Oat-2014-CrownRust, Oat-2016-AxM, Oat-2016-Consensus, Oat-2018-Consensus (1720 cM uzunluğunda) olduğu bilinmektedir (Lin ve ark., 2014; Caffin ve ark., 2016; Bekele ve ark., 2018).

Huang ve ark. (2020), CORE (Collaborative Oat Research Enterprise) materyalinden 650 elit yulaf ıslah hattında yeni bir fenotipleme sistemini oluşturarak iki farklı lokasyonda yürüttükleri denemelerde tohum vigor özellikleriyle ilişkili (RN, RSA, SL, AVRSA, RG, RRGR, SG, SRGR) FarmCPU güçlü istatistiksel metoduna dayalı ilk kez GWAS haritalamayla aday markör ve QTL belirlediklerini, tohum vigoruna etki eden kök özellikleri için belirlenen 41 SNP genomik bölgesinden 2'sinin haritalanmadığını, bunun dışındaki markörlerin 16 bağlantı grubuna dağıldığını, diğer tohum vigoru etmen faktörü olan gövde özellikleri ile ilişkili 16 SNP'ten birisi haritalanamasa da diğer markörlerin 10 bağlantı grubuna düştüğünü belirterek tohum vigoruyla ilişkili bu özellikler yönünden saptanmış olan markörlerin diğer genetik geçmişlerdeki belirleyici varyasyonları keşfetmede dikkat çekeceğini bildirmişlerdir. Huang ve ark. (2020)'nın tohum vigoru özelliklerinden kök ve gövde bileşenleriyle ilişkili bulduğu markörler Mrg01, Mrg02, Mrg03, Mrg04, Mrg05, Mrg06, Mrg08, Mrg09, Mrg11, Mrg12, Mrg13, Mrg15, Mrg17, Mrg18, Mrg20, Mrg21, Mrg23, Mrg24, Mrg28 bağlantı gruplarında yer almasına karşılık, bizim bulgularımızda da tohum vigor indeksiyle ilişkili bulunan markörlere ait bağlantı gruplarıyla benzerlik olduğu görülerek uyum içerisinde örtüşmüştür.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kahramanmaraş'ta Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanmış geniş bir çeşitliliği temsil eden ilişki haritalama paneline ait 167 adet yerel genotiplerin kullanılarak yürütüldüğü çalışmada; çimlenme hızı, çimlenme gücü, radikula uzunluğu, koleoptil uzunluğu, plumula uzunluğu ve tohum vigor indeksi gibi bazı çimlenme özelliklerinin laboratuvar koşullarında test edilerek performanslarının incelenip, temel bileşen biplot analizleriyle özellikler ve genotiplerin birbiriyle uyum yönüyle değerlendirilmesi ve ilk kez bazı belirgin çimlenme özellikleri ile 6K Illumina SNP genotipleme verisinin ilişkilendirilmesi sonucunda aday QTL ve markörlerin bulunması amaçlanmıştır.

İncelenen özellikler ve genotiplerin ortalama verilerine dayalı gerçekleştirilen temel bileşen ve biplot analizi sonucunda PC1 bileşen değeri % 41.5, PC2 bileşen değeri % 21.5 olarak belirlenip toplam varyasyonun % 63'ünü açıkladığı tespit edilerek ortalamanın üzerinde bir değeri yansıtmıştır. Yulaf genotiplerinde incelenen çimlenme parametreleri yönünden çimlenme hızı ile çimlenme gücü, radikula uzunluğu ile koleoptil uzunluğu, tohum vigor indeksi ile koleoptil uzunluğu ve radikula uzunluğu arasında güçlü pozitif ilişkiler belirlenirken, plumula uzunluğu ile koleoptil uzunluğu, radikula uzunluğu, tohum vigor indeksi; çimlenme hızı ve çimlenme gücü ile radikula uzunluğu ve koleoptil uzunluğu arasındaki vektör açıları 90°'den büyük olduğu için önemli negatif ilişkiler belirlenmiştir.

CMLM modeliyle yapılan aday gen ilişki haritalama analiz bulgularına göre çimlenme hızı ile ilişkili 8 QTL, çimlenme gücü ile ilişkili 5 QTL, radikula uzunluğu ile ilişkili 5 QTL, koleoptil uzunluğu ile ilişkili 5 QTL, plumula uzunluğu ile ilişkili 4 QTL, tohum vigor indeksi ile ilişkili 6 QTL dahil olmak üzere toplamda 33 genomik bölge saptanmıştır. Bu QTL'lerin bazıları literatürde yer alan çalışmalardakilerle benzer olmasının yanında ilk kez yeni belirlenen genomik bölgelere de rastlanılmıştır. Sonuç olarak, çalışmada belirlenen bu QTL'lere ait aday markörlerin gelecekteki çalışmalarda hem çoklu tarla denemelerinde hem de güncel olarak gelişen çoklu lokus model algoritmalarıyla doğrulanıp gerçek QTL olup olmadığının tespitiyle haplotip analizi, genomik seleksiyon gibi yaklaşımlara entegre edilmesi sonucu çimlenme yönünden ümitvar genotiplerin seçiminin markör destekli seleksiyonla başarısında başlangıç noktası için önemli bir rol oynayarak yulaf üretiminin arttırılmasında pay sahibi olabilir.

## KAYNAKLAR

- Akyol, Z., (2014). Farklı PH seviyelerinin ve ıslatma sürelerinin yulaf çeşitlerinin çimlenmesine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş. 50s.
- Anonim, 2020. Oat Seed Germination, Period, Temperature, Process.
- Anonim, 2020. Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Kahraman, T., Avcı, R., Kurt, R., (2017). Bazı Yulaf Genotiplerinin Tane Verimi, Kalite ve Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 26 (Özel Sayı): 74-79.
- Becher, R. (2007). EST-derived microsatellites as a rich source of molecular markers for oats. Plant Breeding, 126: 274-278.
- Bekele, W.A., Wight, C.P., Chao, S., Howarth, C.J., Tinker, N.A. (2018). Haplotype-based genotyping-by-sequencing in oat genome research. Plant Biotechnology Journal, 16: 1452-1463.
- Bradbury, P.J., Zhang, Z., E., Kroon, D. E., Casstevens, T.M., Ramdoss, Y., Buckler, E.S. (2007). TASSEL: Software for association mapping of complex traits in diverse samples. Bioinformatics, 23: 2633-2635.
- Buckler, E., Gore, M., Yu, J., Zhu, C. (2008). Status and prospects of association mapping in Plants. The Plant Genome, Vol. 1, No. 1 pp. 5-20.
- Chaffin, A.S., Huang, Y.F., Smith, S., Bekele, W.A., Babiker, E., Gnanesh, B.N., Foresman, B.J. (2016). A consensus map in cultivated hexaploid oat reveals conserved grass synteny with substantial sub-genome rearrangement. Plant Genome, 9, <https://doi.org/10.3835/plantgenome2015.10.0102>.
- Carlson, O.M., Bascon, M.G., Hoekenga, A.O., Tinker, A.N., Poland, J., Baseggio, M., Sorrels, E.M., Jannink, L.J., Gore, A.M., Yeats, H.T. (2019). Multivariate genome-wide association analyses reveal the genetic basis of seed fatty acid composition in oat (*Avena sativa* L.). The Genes, Genomes, Genetics, 2963-2975.
- Çalışkan, M., Koç, A., (2019). Batı Akdeniz Bölgesi'ne ait yerel yulaf genotiplerinin morfolojik karakterizasyonu. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, 28(1): 7-18.
- Ducrochq, S., Madur, D., Veyrieras, J.B., Kulandaivelu, L.C., Maitz, M.K., Presterl, T., Ouzunova, M., Manicacci, D., Charcosset, A. (2008). Key impact of Vgt1 on flowering time adaptation in maize: Evidence from association mapping and ecogeographical information. Genetics, 178: 2433-2437.
- Dumlupınar, Z., (2005). Elektrik akımı ve tuz konsantrasyonlarının makarnalık buğdayda çimlenmeye etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş. 52s.

- Dumlupınar, Z., (2010). Türkiye orijinli yerel yulaf genotiplerinin avenin proteinleri morfolojik, fenolojik ve agronomik özellikler yönünden karakterizasyonu. Doktora Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş. 112s.
- Dumlupınar, Z., Meral, H., Kara, R., Dokuyucu, T., Akkaya, A. (2011a). Evaluation of Turkish oat landraces based on grain yield, yield components and some quality traits. Turkish Journal of Field Crops, 16, 190-196.
- Dumlupınar, Z., Dokuyucu T., Akkaya, A. (2011b). Türkiye ve ABD orijinli yulaf genotiplerinin Kahramanmaraş-Afşin koşullarında soğuğa dayanıklılıklarının belirlenmesi. KSÜ Doğa Bil. Derg, 14(2), 35-42.
- FAO, (2020). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. (Erişim Tarihi:18.03.2021).
- Flint-Garcia, S.A., Thornsberry, J.M., and Buckler, E. (2003). Structure of linkage disequilibrium in plants. Annual Review of Plant Biology, 54(1), 357-374pp.
- Gazal, A., Dar, Z.A., Zaffar, G., Lone, A.A., Abidi, I., Shabir, A., and Khan, Y.N. (2014). Trends in breeding oat for nutritional grain quality- An overview. Journal of Applied and Natural Science, 6(2): 904-912.
- Güngör, H., Çıkılı, Y., Dumlupınar, Z. (2017). Bazı ticari ve yerel yulaf genotiplerinin çimlenme ve fide gelişimi üzerine tuz stresinin tepkileri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 20(Özel Sayı): 263-267.
- Güngör, H., Çıkılı, Y., Dumlupınar, Z. (2021). Screening of oat varieties and landraces at early vegetative stage under salt stress conditions: Morpho-physiological and PCA biplot analysis. Cereal Research Communications, 49(4): 587-597.
- Gnanesh, B.N., McCartney, C.A., Eckstein, P.E., Mitchel-Fetch, J.W., Menzies, J.G., Beattie, A.D. (2015). Genetic analysis and molecular mapping of a seedling crown rust resistance gene in oat. Theoretical and Applied Genetics, 128, 247-258.
- Haikka, H., Manninen, O., Hautsalo, J., Pietila L., Jalli, M., and Vetelainen, M. (2020). Genome-wide association study and genomic prediction for *Fusarium graminearum* resistance traits in nordic oat. Agronomy, 1-23.
- Hartman, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T., Geneve, R.L. (1997). Plant propagation: principles and practices. 5th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall Press. 770s.
- Hizbai, B.T., Gardner, M.K., Wight, C.P., Dhanda, R.K., Molnar, S.J., Johnson, D., Fregeau-Reid J., Yan, W., Rossnagel, B.G., Holland, J.B., and Tinker, N.A. (2012). Quantitative trait loci affecting oil content, oil composition and other agronomically important traits in oat. The Plant Genome, Vol. 5, No. 3 164-175.
- Huang, C.-T. Klos, K.E., Huang, Y.-F. (2020). Genome-wide association study reveals the genetic architecture of seed vigor in oats. G3, Genes, Genomes, Genetics, Volume 10, 4489-4503.



- ISTA, (2015). International rules for seed testing. Basserdorf, Switzerland: International Seed Testing.
- Jana, S., Acharya, S.N., Naylor, J.M. (1979). Dormancy studies in seed of *Avena fatua* 10. On the inheritance of Germination behaviour. Canadian Journal of Botany, Vol 57: 1663-1667.
- Jana, S., Naylor, J.M. (1980). Dormancy studies in seed of *Avena fatua*. 11. Heritability for seed dormancy. Canadian Journal of Botany, Vol 58: 91-93.
- JMP®, Version 15.1. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989–2020.
- Kahraman, T., Avcı, R., Kurt, R. (2017). Bazı Yulaf Genotiplerinin Tane Verimi, Kalite ve Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 26 (Özel Sayı): 74-79.
- Kılınç, M.F., (2020). Türkiye orijinli yerel yulaf genotiplerinde bazı tarımsal özelliklerin belirlenmesi ve ilişkili haritalama analizleri. Doktora Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş. 206s.
- Kushwaha, U.K.S., Mangal, V., Bairwa, A.K., Adhikari, S., Ahmed, T., Bhat, P., Yadav, A., Dhaka, N., Prajapati, D.R., Gaur, A., Tamta, R., Deo, I., Singh, N.K. (2017). Association mapping, principles and techniques. Journal of Biological Environmental Engineering, Vol. 2, No. 1, pp. 1-9.
- Kün, E., (1988). Serin iklim tahılları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Yayın No: 1451, Ders Kitabı: 431, Ankara, 322s.
- Lin, Y., Gnanesh, B.N., Chong, J. (2014). A major quantitative trait locus conferring adult plant partial resistance to crown rust in oat. BMC Plant Biol 14, 250. <https://doi.org/10.1186/s12870-014-0250-2>.
- Loskutov, I.G. (2008). On evolutionary pathways of *Avena* species. Genetic Resources and Crop Evolution, 55: 211-220.
- Mackay, T. (2001). The genetic architecture of quantitative traits. Annu. Rev. Genet. 35: 303-339.
- Mazurkiewicz, G., Ubert, I.P., Krause, F.A., Nava, I.C. (2019). Phenotypic variation and heritability of heading date in hexaploid oat. Crop Breeding and Applied Biotechnology, 19(4), 436-443.
- McCartney, C.A., Kebede, A.Z., Menzies, J.G., Admassu-Yimer, B., Bekele, W.A., Wight, C.P., Tinker, N.A., Gordon, T., Bonman, J.M., Kols, K.E., Babiker, E., Gale, S., Beattie, A.D., Fetch, J.M., Fetch, T.G. (2019). Mapping of the stem rust resistance gene *Pg13* in cultivated oat. Theoretical and Applied Genetics, 133: 259-270. <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03455-5>.
- McNish, I.G., Zimmer, C.M., Susko, A.Q., Heuschele, D.J., Tiede, T., Case, A.J., & Smith, K.P. (2020). Mapping crown rust resistance at multiple time points in elite oat germplasm. Plant Genome, 13(1), [e20007]. <https://doi.org/10.1002/tpg2.20007>.

- Mohler, V. (2021). Allocation of the oat powdery mildew resistance gene Pm3 to oat chromosome 1A. *Cereal Research Communications*, 1-8. <https://doi.org/10.1007/s42976-021-00152-2>.
- Nadeem, M.A., Nawaz, M.A., Shadid, M.Q., Doğan, Y., Comertpay, G., Chung, & G., Baloch, F.S. (2018). DNA molecular markers in plant breeding: current status and recent advancements in genomic selection and genome editing. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 32:2, 261-285, <https://doi.org/10.1080/13102818.2017.1400401>.
- Newell, M.A., Cook, D., Tinker, N.A., Jannink, J.L. (2011). Population structure and linkage disequilibrium in oat (*Avena Sativa L.*): implications for genome-wide association studies. *Theoretical and Applied Genetics*, 122(3):623-632, <https://doi.org/10.1007/s00122-010-1474-7>.
- Öner, F., Özkorkmaz, F., Yılmaz, N. (2018). Tuz stresi altında gibberellik asit uygulamalarının yulafta bazı çimlenme parametreleri üzerine etkisi. *Uluslararası Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(1):33-35.
- Panawala, L., (2017). Difference between plumule and radicle. <http://pediaa.com/difference-between-plumule-and-radicle/>. (Erişim Tarihi: 03.05.2017).
- Pavan, S., Delvento, C., Ricciardi, L., Lotti, C., Ciani, E., and D' Agostino, N. (2020). Recommendations for choosing the genotyping method and best practices for quality control in crop genome-wide association studies. *Front. Genet*, 11:447, <https://doi.org/10.3389/fgene./2020.00447>.
- Rasheed, A., Hao, Y., Xia, X., Khan, A., Xu, Y., Varshney, R.K., and He, Z. (2017). Crop breeding chips and genotyping platforms: progress, challenges, and perspectives. *Mol. Plant*, 10, 1047-1064. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molp.2017.06.008>.
- Rajjou, L., Duval, M., Gallardo, K., Catusse, J., Bally, J., Job, C., and Job, D. (2012). Seed germination and vigor. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 63:507-533.
- Sanz, M.J., Jellen, E.N., Loarce, Y. et al. A new chromosome nomenclature system for oat (*Avena Sativa L.* and *A. Byzantina C. Koch*) based on FISH analysis of monosomic lines. *Theor Appl Genet* 121, 1541-1552 (2010). <https://doi.org/10.1007/s00122-010-1409-3>.
- Sobayoğlu, R., & Topal, A. (2016). Karaman Şartlarında Yazlık Ekilen Bazı Yulaf Genotiplerinin (*Avena sativa L.*) Verim ve Bazı Verim Unsurları Yönünden Değerlendirilmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 5(1), 28-34.
- Şahin, M., Çeri, S., Akçacık, A.G., Aydoğan, S., Hamzaoglu, S., Demir, B. (2019). Kışlık yulaf (*Avena sativa spp.*) genotiplerinin verim ve teknolojik özellikleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi. *Journal of Bahri Dagdas Crop Research*, 8(1): 34-42.
- Şakiroğlu, M., (2020). Genomik analiz için biyoinformatik yöntemler. ISBN: 978-605-282-541-9, Türkiye, 245s.

- Tang, Y., Liu, X., Wang, J., Li, M., Wang, Q., Tian, F. (2016). GAPIT Version 2: an enhanced integrated tool for genomic association and prediction. *Plant Genome*, 9:0120. <http://dx.doi.org/10.3835/plantgenome2015.11.0120>.
- Tulum, I., Morgil, H., Gerçek, Y.C., (2020). Single nucleotid polymorphisms (SNPs) in plant genetics and breeding. (Editör: Çalışkan, M.). Intech Open Limited, London, ss. 137-145.
- Tumino, G., Voorrips, R.E., Morcia, C., Ghizzoni, R., Germeier, U.C., Paulo, M.J., Terzi, V., Smulders, M.J.M. (2017). Genome-wide association analysis for lodging tolerance and plant height in a diverse European hexaploid oat collection. *Euphytica*, 213:163.
- VanRaden, M.P. (2008). Efficient methods to compute genomic predictions. *J. Dairy. Sci*: 4414-4423. <http://dx.doi.org/10.368/jds.2007-0980>.
- Vilaro, M., Rebuffo, M., Miranda, C., Pritsch, C., Abadie, T. (2004). Characterization and analysis of a collection of *Avena sativa* L. from Uruguay. *Plant. Genet. Res. News*, 23-31.
- Yan, H., Martin, S.L., Bekele, W.A., Latta, R.G., Diederichsen, A., Peng, Y., and Tinker, N.A. (2016). Genome size variation in the genus *Avena*. *Genome*, 59, 209-220.
- Yu, Jianzhong., (2005). Advanced backcross QTL analysis and genetic study of an introgressed powdery mildew resistance gene derived from *Avena macrostachya* in oat. Phd Thesis. Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences. China. 94s.
- Yu, J., Buckler, E.S. (2006). Genetic association mapping and genome organization of maize. *Curr. Opin. Biotechnol*, 17: 155-160.
- Wang, S.X., Zhu, Y.L., Zhang, D.X., Shao, H., Liu, P., Hu, J.B. (2017). Genome-wide association study for grain yield and related traits in elite wheat varieties and advanced lines using SNP markers. *PLoS One*, 12(11): e0188662. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188662>.
- Willenborg, C.J., Wildeman, J.C., Miller, A.K., Rossnagel, B.G., Shirliffe, S.J. (2005). Oat germination characteristics differ among genotypes, seed sizes and osmotic potentials. *Crop Science*, 45:2023-2029.
- Zhu, C., Gore, M., Buckler, E.S., and Yu, J. (2008). Status and prospects of association mapping in plants. *The Plant Genome*, 1:5-20.
- Zimmer, C.M., McNish, I.G., Klos, K.E., Oro, T., Arruda, K.M.A. Gutkoski, L.C., Federizzi, L.C. (2020). Genome-wide association for  $\beta$ -glucan content, population structure and linkage disequilibrium in elite oat germplasm adapted to subtropical environments. *Molecular Breeding*, 40:103. doi:10.1007/s11032-020-01182-0.