



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ORTA ANADOLU BÖLGESİNE UYGUN
YÜKSEK VERİMLİ KONSERVELİK
BEZELYE HATLARININ GELİŞTİRİLMESİ

Gökhan AKKAYA

DOKTORA TEZİ

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Temmuz-2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Gökhan AKKAYA tarafından hazırlanan “Orta Anadolu Bölgesine Uygun Yüksek Verimli Konservelik Bezelye Hatlarının Geliştirilmesi” adlı tez çalışması 08/07/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Tolga KARAKÖY

.....

Danışman

Prof. Dr. Ercan CEYHAN

.....

Üye

Prof. Dr. Mustafa HARMANKAYA

.....

Üye

Prof. Dr. Burhan KARA

.....

Üye

Prof. Dr. Rahim ADA

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Hasan AYDOĞAN
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından 23211020 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Gökhan AKKAYA

Tarih: 08/07/2025

ÖZET

DOKTORA TEZİ

ORTA ANADOLU BÖLGESİNE UYGUN YÜKSEK VERİMLİ KONSERVELİK BEZELYE HATLARININ GELİŞTİRİLMESİ

Gökhan AKKAYA

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ercan CEYHAN

2025, 142 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Ercan CEYHAN

Prof. Dr. Tolga KARAKÖY

Prof. Dr. Mustafa HARMANKAYA

Prof. Dr. Burhan KARA

Prof. Dr. Rahim ADA

Bu çalışmada, Orta Anadolu koşullarına uygun, yüksek verimli konservelik bezelye hatlarının geliştirilmesini amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında 2023 ve 2024 yıllarında Konya ekolojik koşullarında yürütülen tarla denemelerinde, beş ebeveynin birbirleriyle çaprazlanmasıyla oluşturulan tam diallel melezleme yöntemi uygulanmış ve elde edilen F_1 ve F_2 melez kombinasyonları agronomik özellikler yönünden değerlendirilmiştir. Tane verimi, 100 tohum ağırlığı, bitki boyu, bakla sayısı ve baklada tohum sayısı gibi temel özelliklerde anlamlı düzeyde genetik varyasyon saptanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, bazı ebeveynler yüksek genel kombinasyon yeteneği (GKY) göstererek eklemeli gen etkileri açısından üstünlük sağlamıştır. Öte yandan, bazı melez kombinasyonlarının özel kombinasyon yeteneği (ÖKY) değerleri yüksek bulunmuş, bu da özelliklerin kalıtımında eklemeli olmayan (dominant ve epistatik) gen etkilerinin etkili olduğunu göstermiştir. Heterosis ve heterobeltiyozis analizleri sonucunda, birçok melez kombinasyonunun ebeveynlerine göre üstün performans sergilediği ve bazı kombinasyonlarda %200'ün üzerinde heterosis etkisi ortaya çıktığı belirlenmiştir. Bu durum, bezelye gibi kendine döllek bir türde dahi hibrit ıslahının potansiyel taşıdığını ortaya koymaktadır. Genetik varyans bileşenlerinin analizi, tohum verimi ve bitki boyu gibi karakterlerin genetik kontrolünde eklemeli olmayan gen etkilerinin ağırlıkta olduğunu, 100 tohum ağırlığı gibi bazı özelliklerde ise kalıtım oranlarının orta düzeyde olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, klasik ıslah stratejilerinde hem melezleme hem de seleksiyon yöntemlerinin birlikte kullanılmasının gerekli olduğunu ortaya koymaktadır. Elde edilen üstün kombinasyonlar, Orta Anadolu gibi yarı kurak bölgelerde yetiştirilmeye uygun, yüksek verimli ve sanayiye yönelik bezelye çeşitlerinin geliştirilmesi için değerli bir genetik kaynak sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bezelye, Diallel analiz, Heterozis, Kalıtım, Kombinasyon yeteneği.

ABSTRACT

Ph.D. THESIS

DEVELOPMENT OF THE PEA LINES THAT ARE HIGHLY YIELDED FOR CANNED WHICH ARE FAVORABLE FOR CENTRAL ANATOLIAN CONDITIONS

Gökhan AKKAYA

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN FIELD CROPS**

Advisor: Prof. Dr. Ercan CEYHAN

2025, 142 Pages

Jury

**Prof. Dr. Ercan CEYHAN
Prof. Dr. Tolga KARAKÖY
Prof. Dr. Mustafa HARMANKAYA
Prof. Dr. Burhan KARA
Prof. Dr. Rahim ADA**

This study aimed to develop high-yielding pea lines suitable for canning and adapted to the ecological conditions of Central Anatolia. Field experiments were conducted during the 2023 and 2024 growing seasons under Konya conditions, using a full diallel mating design involving five parental lines. The resulting F₁ and F₂ hybrids were evaluated for major agronomic traits including seed yield, 100-seed weight, plant height, number of pods per plant, and number of seeds per pod. Significant genetic variation was observed among genotypes for all studied traits. According to the findings, certain parents exhibited high general combining ability (GCA), indicating strong additive gene effects. Additionally, specific crosses showed high specific combining ability (SCA) values, suggesting that non-additive gene actions (dominant and epistatic) played an important role in the inheritance of several traits. Heterosis and heterobeltiosis analyses revealed that many hybrid combinations outperformed their respective parents, with some showing heterotic effects exceeding 200%. These results highlight the potential of hybrid breeding strategies even in a predominantly self-pollinated species like pea. Analysis of genetic variance components revealed that traits such as seed yield and plant height were primarily governed by non-additive gene effects, whereas 100-seed weight exhibited moderate heritability. These findings emphasize the importance of combining hybridization and selection approaches in classical breeding programs. The superior hybrid combinations identified in this study offer valuable genetic material for developing stable, high-yielding pea cultivars tailored to semi-arid regions, such as Central Anatolia, that meet both producer and processing industry demands.

Keywords: Diallel analysis, Combining ability, Heritability, Heterosis, Peas.

ÖNSÖZ

Bilimsel bir çalışmanın yalnızca bireysel çaba ile değil; sağlam bir akademik rehberlik, destekleyici bir çevre ve süreklilik arz eden güçlü bir motivasyonla başarıya ulaşabileceğine inanıyorum. Akademik hayatın en yoğun ve emek gerektiren aşamalarından biri olan doktora süreci, sadece bilgi üretimi değil, aynı zamanda sabır, disiplin ve kararlılığın bir bütün olarak sınındığı uzun soluklu bir yolculuktur. Bu bağlamda, bu doktora tezi, bilimsel sorumluluk bilinciyle şekillendirilmiş, çok yönlü bir araştırma sürecinin ve kolektif katkıların birleşimiyle ortaya çıkmıştır.

Bu tez, Türkiye'nin tarımsal açıdan stratejik öneme sahip bölgelerinden biri olan Orta Anadolu'nun ekolojik koşullarına uyum sağlayabilecek, hem yüksek verim potansiyeline sahip hem de sanayiye uygunluk özellikleri taşıyan konservelik bezelye (*Pisum sativum* L.) hatlarının geliştirilmesini amaçlayan bir araştırmayı kapsamaktadır. Küresel iklim değişikliği, azalan tarım arazileri ve gıda güvenliği gibi güncel tarımsal sorunlar dikkate alındığında, bu çalışmanın hem bölgesel hem de ulusal düzeyde önemli katkılar sağlayacağına inanmaktayım.

Öncelikle, bilgi birikimi, yönlendirici yaklaşımı ve sabırlı desteği ile çalışmamın her aşamasında yolumu aydınlatan değerli danışmanım Prof. Dr. Ercan CEYHAN'a en içten şükranlarımı sunarım. Kendisi sadece akademik rehberim değil, aynı zamanda araştırma ahlakı, disiplin ve bilimsel düşünme konusunda bana örnek olan bir bilim insanı olmuştur. Araştırmanın planlanmasından verilerin analizine, sonuçların yorumlanmasından yazım sürecine kadar olan her aşamada gösterdiği özverili katkılar sayesinde bu çalışmanın şekillenmesi mümkün olmuştur.

Aynı şekilde, çalışmanın uygulama aşamalarında desteğini ve bilgisini esirgemeyen, özellikle tarla denemeleri ve veri toplama süreçlerinde aktif katkı sağlayan ikinci danışmanım Öğr. Gör. Serdar KARADAŞ'a da teşekkür etmek isterim. Tez süreci boyunca gösterdiği ilgisi ve yapıcı katkıları, çalışmanın kalitesine değerli katkılar sağlamıştır.

Bu uzun ve yoğun süreçte her zaman yanımda olan, sabırları, sevgileri ve sonsuz destekleriyle bana güç veren biricik kızım Eslina Masal AKKAYA ile sevgili eşim Hatice AKKAYA'ya ve beni bu günlere getiren kıymetli anne ve babama en derin teşekkürlerimi sunarım. Özellikle moralimin düştüğü anlarda gösterdikleri anlayış ve verdikleri destek sayesinde yeniden motive oldum. Onların varlığı, bu yolculuğun en güçlü dayanak noktası olmuştur.

Ayrıca, denemelerin yürütülmesinde doğrudan veya dolaylı katkı sağlayan tüm laboratuvar ve tarla çalışanlarına, birlikte çalıştığım arkadaşlarıma ve finansal destek sağlayan Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne (BAP) sundukları tüm olanaklar için teşekkür ederim.

Bu çalışmanın, bezelye ıslahı ve genel olarak bitki ıslahı alanında araştırma yapan araştırmacılara ve üreticilere katkı sunmasını; aynı zamanda tarımsal sürdürülebilirlik adına faydalı sonuçlara öncülük etmesini içtenlikle temenni ederim.

Gökhan AKKAYA
KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1. Araştırma Alanının Genel Özellikleri.....	21
3.1.1. İklim özellikleri.....	21
3.1.2. Toprak özellikleri.....	24
3.2. Materyal	25
3.3. Metot.....	25
3.3.1. Melezleme işlemleri.....	25
3.3.2. Ebeveyn ve F ₁ bitkilerin yetiştirilmesi.....	28
3.3.3. Ebeveyn ve F ₂ bitkilerin yetiştirilmesi.....	28
3.4. Gözlem ve Ölçümler.....	29
3.4.1. Bitki boyu (cm).....	29
3.4.2. Bakla sayısı (adet).....	29
3.4.3. Baklada tane sayısı (adet)	29
3.4.4. Bitkide tane sayısı (adet).....	30
3.4.5. Bitkide biyolojik verim (g)	30
3.4.6. Bitkide tane verimi (g).....	30
3.4.7. Yüz tane ağırlığı (g)	30
3.4.8. Hasat indeksi (%).....	30
3.4.9. Protein oranı (%).....	30
3.4.10. Bitkide protein verimi (g)	30
3.5. İstatistik Analiz.....	30
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	34
4.1. Bitki Boyu.....	37
4.2. Bitkide Bakla Sayısı.....	46
4.3. Baklada Tane Sayısı.....	56
4.4. Bitkide Tane Sayısı	66
4.5. Bitkide Biyolojik Verim	74
4.6. Bitkide Tane Verimi	82

4.7. Yüz Tane Ağırlığı	93
4.8. Hasat İndeksi.....	101
4.9. Protein Oranı.....	110
4.10. Bitkide Protein Verimi.....	120
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	131
5.1 Sonuçlar	131
5.2 Öneriler	136
KAYNAKLAR	139
ÖZGEÇMİŞ	142



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

σ^2 GKY: Genel Kombinasyon Yeteneği Varyansı

σ^2 ÖKY: Özel Kombinasyon Yeteneği Varyansı

σ^2 GKY / σ^2 ÖKY: GK Y / ÖKY Oranı

D: Eklemeli Genetik Varyans

H: Dominantlık Varyansı

H/D^{1/2}: Ortalama Dominantlık Derecesi

h²: Dar Anlamda Kalıtım Derecesi

H²: Geniş Anlamda Kalıtım Derecesi

Kısaltmalar

ANOVA : Varyans Analizi

DAP : Diamonyum Fosfat

F₁ : Birinci nesil melez

F₂ : İkinci nesil melez

GKY: Genel Kombinasyon Yeteneği

ÖKY: Özel Kombinasyon Yeteneği

1. GİRİŞ

Bezelye (*Pisum sativum* L.), dünyada ve Türkiye’de önemli bir baklagil bitkisi olup hem kuru hem de taze tüketim amaçlı yaygın olarak üretilmektedir. Protein içeriği yüksek, sindirimi kolay ve azot fikse etme yeteneği sayesinde sürdürülebilir tarım sistemlerinde tercih edilmektedir. Son yıllarda, iklim değişikliği ve pazarlama koşullarının etkisiyle bezelye üretiminde hem kalite hem de verim yönünden ıslah çalışmaları hız kazanmıştır. Özellikle Orta Anadolu gibi kurak ve yarı kurak bölgelerde, çevresel streslere dayanıklı ve mekanik hasada uygun bitki tiplerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Konservelik amaçla kullanılacak hatların taneleri hem iri olmalı hem de teknolojik işlem sürecine dayanıklı yapıda olmalıdır. Bu bağlamda, yüksek verim ve kaliteli ürün özelliklerini aynı anda taşıyan genotiplerin geliştirilmesi temel ıslah hedefleri arasındadır. Bezelyede ıslah çalışmalarında bitki boyu, bakla sayısı, tane verimi ve 100 tohum ağırlığı gibi agronomik özellikler öncelikli seleksiyon kriterlerindendir. Ayrıca, yaprak morfolojisinin yatmaya karşı dayanıklılığı artırıcı etkisi de üretim sürecinde verim kayıplarını azaltmaktadır (Singh ve Srivastava, 2015; Yang ve ark., 2022). Bu tez çalışmasında, Orta Anadolu koşullarına uygun, yüksek verimli ve konservelik kalite standartlarını karşılayan bezelye hatlarının geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Bezelyede genetik varyasyonun belirlenmesi, etkili bir ıslah programının temelini oluşturur. Farklı genotipler arasındaki varyasyonun değerlendirilmesi, üstün ebeveynlerin ve melez kombinasyonlarının belirlenmesini kolaylaştırmaktadır. Kombinasyon yeteneği analizleri, özellikle genel (GKY) ve özel (ÖKY) etkilerin ortaya konulmasında önemli bir araçtır. GKY yüksek olan ebeveynler, özelliklerin kalıtımında eklemeli gen etkilerini taşıırken; ÖKY değerleri, melezlerde ortaya çıkan eklemeli olmayan etkilerin büyüklüğünü yansıtmaktadır. Bu analizler, ıslahçılara hangi ebeveyn ve melezlerin verim artırıcı potansiyele sahip olduğunu gösterir (Kumari ve ark., 2015). Bezelyede özellikle tohum verimi, 100 tohum ağırlığı ve bakla başına tohum sayısı gibi özelliklerin genetik kontrolünün eklemeli olmayan gen etkilerinin olduğu birçok çalışmada ortaya konmuştur (Ceyhan ve ark., 2008; Halil ve Uzun, 2020). Bu durum, hibrit ıslahının bezelyede önemli bir strateji olduğunu göstermektedir. Ayrıca heterosis etkisinin yüksek olduğu melezlerin F_1 jenerasyonlarında genetik olarak değerlendirilmesi mümkündür. Bu yönüyle diallel analizleri, üstün melez kombinasyonlarının seçimi açısından önem arz etmektedir (Ateş ve Ceyhan, 2016;

Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Orta Anadolu koşullarına adapte olmuş genotiplerin bu analizlerle belirlenmesi, bölgeye uygun çeşitlerin geliştirilmesinde avantaj sağlayacaktır.

Yüksek verimli hatların geliştirilmesinde sadece verim miktarı değil, verim stabilitesi de kritik bir parametredir. Verim stabilitesi, genotipin farklı çevre koşullarında tutarlı performans göstermesi olarak tanımlanır. Özellikle Türkiye gibi çevresel değişkenliğin yüksek olduğu ülkelerde, stabil genotiplerin seçimi daha önemlidir. Çevre ile genotip etkileşimi ($G \times E$), bitki ıslahında değerlendirilmesi gereken başlıca faktörlerdendir. GGE biplot ve PCA gibi çok değişkenli analizler, genotiplerin çevreler arası performanslarını görselleştirmek için etkili araçlardır (Sharma ve ark., 2023). Bu analizlerle elde edilen sonuçlar, hangi genotiplerin hem verimli hem de stabil olduğunu ortaya koyar. Konservelik bezelyede bu özellik, hem tarla hem de endüstriyel süreçlerde güvenilirlik sağlar. Aynı zamanda, çevresel streslere dayanıklılığın verim stabilitesi ile ilişkili olduğu da literatürde sıklıkla vurgulanmaktadır (Sudheesh, 2015). Bu nedenle, ıslah sürecinde hem verim hem de stabilite birlikte değerlendirilmelidir. Orta Anadolu Bölgesi gibi zorlayıcı çevre koşullarına sahip alanlarda bu yaklaşım vazgeçilmezdir.

Islah çalışmalarında kullanılan genotiplerin seçimi, genetik çeşitliliğin genişliği ile doğrudan ilişkilidir. Genetik çeşitlilik, üstün karakter kombinasyonlarının oluşturulması açısından temel bir kaynak sağlar. Farklı gen havuzlarından elde edilen ebeveynler, melezleme sonucunda geniş varyasyonlu populasyonların oluşturulmasına olanak tanır. Özellikle Orta Anadolu gibi çevresel koşulların üretim üzerinde belirleyici olduğu bölgelerde, genetik olarak geniş varyasyon sunan materyallerle çalışmak büyük avantaj sağlar. Çok değişkenli analiz yöntemleriyle genotipler arasında yapılan kümeleme çalışmaları, çeşitlerin gruplandırılmasına yardımcı olur (Parveen, 2019). Bu gruplandırmalar, ebeveyn seçiminde ve ıslah stratejisinin yönlendirilmesinde kullanılmaktadır. Aynı zamanda, genetik çeşitliliğin yüksek olduğu populasyonlarda seleksiyon etkinliği de artmaktadır. Bezelyede tohum verimi, bakla uzunluğu ve bitki boyu gibi özelliklerin varyasyon katsayılarının yüksek olması, seleksiyon programlarında başarı şansını artırır (Srivastava ve ark., 2012). Ayrıca, kalıtım derecesi yüksek olan özellikler, çevresel etkilerden daha az etkilenecek ıslahçıya daha güvenilir sonuçlar sunar. Bu nedenle, ıslah programlarında hem varyasyon hem de kalıtım değeri dikkate alınmalıdır.

Bezelye ıslahında hedeflenen başlıca özellikler arasında yüksek tohum verimi, iri dane yapısı ve teknolojik işlemeye uygunluk yer almaktadır. Konservelik bezelyede tane çapı ve dane sertliği gibi özellikler, endüstriyel işleme açısından kritik öneme sahiptir. Bu özellikler hem genetik hem de çevresel faktörlerden etkilenmektedir. Islahçılar, bu özelliklerin kalıtım derecelerini bilerek hangi karakterlerin daha kolay iyileştirilebileceğine karar verirler. Yapılan çalışmalarda, 100 tohum ağırlığı ve baklada tohum sayısının yüksek oranda kalıtılabilir olduğu bildirilmiştir (Kumari ve ark., 2015; Halil ve Uzun, 2020). Bu durum, iri taneli ve yüksek verimli hatların geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. Özellikle tüketici tercihleri ve sanayi gereksinimleri açısından iri taneli bezelye çeşitleri daha fazla talep görmektedir. Ayrıca bu çeşitlerin verim potansiyeli ile birlikte hasat ve işleme kolaylığı da ekonomik açıdan avantaj sağlar. Bu nedenle, ıslah çalışmalarında hem agronomik hem de kalite özelliklerinin birlikte değerlendirilmesi gereklidir. Böylece, pazarlanabilirliği yüksek ve çiftçiye katma değer sağlayan yeni hatlar geliştirilebilir.

Bezelye bitkisinde heterosis (melez gücü) etkisi, verim artışında önemli bir stratejidir. Heterozis, özellikle F_1 melezlerinde verim, büyüme hızı ve stres toleransı gibi özelliklerde ebeveynlerden üstün performans elde edilmesini sağlar. Bu avantaj, eklemeli olmayangeni etkilerinin değerlendirilmesiyle mümkün olmaktadır (Sarawat ve ark., 1994; Suman ve ark., 2017). Bezelyede yapılan çalışmalarda, bazı melez kombinasyonlarının %200'ün üzerinde heterosis etkisi gösterdiği bildirilmiştir (Ceyhan ve ark., 2008). Bu durum, melezleme programlarının sadece yüksek verim değil, aynı zamanda genetik kazanç elde etmek için de önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Heterosis etkisinin en fazla gözlemlendiği özellikler arasında tohum verimi, bakla sayısı ve bitki boyu yer almaktadır. Ayrıca, melez kombinasyonlarının seçimi sırasında hem GKY hem de ÖKY analizlerinin birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir. Bu analizlerle elde edilen veriler, hangi melezlerin ticari çeşit olarak geliştirilebileceğini gösterir. Türkiye'de bezelye ıslahı çalışmalarında F_1 melezlerinin kullanımı henüz sınırlı olsa da, potansiyel oldukça yüksektir. Özellikle Orta Anadolu ekolojisine uygun üstün hatların geliştirilmesinde heterosis etkisinden faydalanılması önerilmektedir.

Çevresel stres faktörleri, bitki gelişimini ve verimi olumsuz yönde etkileyerek tarımsal üretimin sürekliliğini tehdit etmektedir. Türkiye'de özellikle Orta Anadolu gibi kurak ve yarı kurak bölgelerde, iklim değişikliğine bağlı olarak düzensiz yağışlar, sıcaklık artışları ve kurak dönemlerin uzaması gibi sorunlar daha belirgin hale gelmiştir. Bu koşullar altında tarımın sürdürülebilirliği, stres koşullarına dayanıklı yeni

genotiplerin geliştirilmesine bağlıdır. Klasik ıslah yöntemleri, stres koşullarında yüksek performans gösteren bireylerin seçimiyle bu hedefe ulaşmada önemli bir araç sunar. Seleksiyon çalışmaları genellikle erken çiçeklenme, kuraklığa dayanıklılık, verim stabilitesi ve kısa vegetatif dönem gibi özelliklere dayalı olarak yürütülmektedir (Ateş ve Ceyhan, 2016). Bu yöntemle doğal varyasyon değerlendirilmekte, farklı çevre koşullarında yapılan çok yıllık denemelerle genotiplerin performansı doğrudan gözlemlenmektedir. Özellikle bezelye gibi kendi döllen türlerde, stres altında seleksiyonla elde edilen hatlar, adaptasyon kabiliyeti yüksek ve çevreye dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Ceyhan, 2004). Ayrıca, bu yöntem sayesinde üreticinin karşılaştığı çevresel riskler azaltılmakta, uzun vadede tarımsal verimlilik korunabilmektedir. Klasik ıslah, düşük maliyetli ve uygulanabilirliği yüksek olması nedeniyle hâlâ birçok ülkenin temel ıslah yaklaşımı olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, Orta Anadolu ekolojisine uyumlu, çevresel streslere dayanıklı konservelik bezelye hatlarının geliştirilmesinde klasik ıslah yöntemleri stratejik önem taşımaktadır.

Bezelye ıslahında başarıya ulaşmak için klasik ıslah yöntemlerinin etkili ve sistematik bir biçimde uygulanması gerekmektedir. Klasik ıslah, uzun yıllardır baklagillerde kullanılan, bilimsel temellere dayalı ve güvenilir sonuçlar sunan bir yaklaşımdır. Bu yöntemler; uygun ebeveynlerin seçilmesi, melezleme, seleksiyon ve ardışık generasyonlarda gözlemlemeyi kapsayan bir süreci içerir. Özellikle morfolojik ve tarımsal özellikler bakımından üstün bireylerin seçilerek çoğaltılması, yüksek verimli ve kaliteli yeni çeşitlerin geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. Klasik ıslahın temel avantajlarından biri, genetik varyasyonun doğal yollarla değerlendirilmesi ve çevre ile genotip etkileşiminin doğrudan gözlemlenebilmesidir. Bu sayede, Orta Anadolu gibi zorlu çevre koşullarına sahip bölgelerde adaptasyon kabiliyeti yüksek hatların belirlenmesi sağlanabilmektedir. Ayrıca, klasik seleksiyon yöntemleri ile erken çiçeklenme, yatmaya dayanıklılık, iri tane yapısı ve yüksek verim gibi özelliklerin bir arada bulunduğu genotiplerin tespit edilmesi kolaylaşmaktadır. Türkiye’de yürütülen birçok bezelye ıslah çalışmasında klasik yöntemlerle başarılı hatlar geliştirilmiş ve tescillenmiştir (Ateş ve Ceyhan, 2016). Bu tez çalışması da, klasik ıslah prensipleri doğrultusunda yüksek verimli, kaliteli ve Orta Anadolu koşullarına uyumlu konservelik bezelye hatlarının geliştirilmesini hedeflemektedir. Böylece hem üreticiye hem de işleyici sanayiye uygun, ekonomik değeri yüksek çeşitlerin kazanılması sağlanacaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bezelye (*Pisum sativum* L.) ıslahında verim artışı, kalite iyileştirmesi ve çevresel adaptasyon gibi hedeflere ulaşabilmek için genetik varyasyonun etkin kullanımı büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, heterosis etkisi, genel kombinasyon yeteneği (GKY), özel kombinasyon yeteneği (ÖKY) ve genetik varyans bileşenlerinin analizi, üstün genotiplerin belirlenmesi ve uygun ebeveyn kombinasyonlarının seçilmesi açısından vazgeçilmez araçlar arasında yer almaktadır. Özellikle kendine döllek bir tür olan bezelyede, klasik seleksiyon yöntemleri yanında melezleme temelli ıslah stratejilerinin de kullanımı, yüksek verimli ve kalite özellikleri üstün yeni çeşitlerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Literatürde bu yaklaşımların etkinliğini ortaya koyan çok sayıda çalışma, hem farklı ekolojik koşullarda hem de çeşitli genetik materyallerle yürütülmüş; verimle ilişkili karakterlerin kalıtım desenleri ve genetik denetim mekanizmaları detaylı şekilde incelenmiştir. Aşağıda sunulan kaynak araştırmaları, bezelye bitkisinde verim ve verim bileşenlerinin genetik kontrolüne ilişkin bulguları özetlemekte ve ıslah programları için bilimsel temeller sunan çalışmalardan oluşmaktadır.

Lejeune-Henaut ve ark. (1992), kuru bezelye bitkisinde tohum verimi ve verim bileşenlerine etki eden heterosis (melez gücü) etkilerini değerlendirmek amacıyla yarı diallel çaprazlama yöntemiyle bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Kuzey Avrupa’da yaygın olarak yetiştirilen beş farklı ebeveyn hattı kullanılarak elde edilen F₁ hibritler, tohum verimi ve buna katkı sağlayan morfolojik özellikler açısından analiz edilmiştir. Araştırma sonuçları, orta ebeveyn değerine göre yaklaşık %40, en iyi ebeveyn değerine göre ise %20 oranında anlamlı heterosis etkisinin bulunduğunu göstermiştir. Özellikle dallanma ile ilişkili karakterlerde heterosisin belirgin şekilde ifade edildiği, bu durumun bakla sayısı ve tohum sayısında doğrudan artışa yol açtığı vurgulanmıştır. Genel ve özel kombinasyon yeteneklerinin önemli düzeyde farklılık göstermesi hem eklemeli hem de eklemeli olmayan genetik etkilerin verim karakterlerinde rol oynadığını ortaya koymuştur. Bu bağlamda çalışma, kuru bezelyede yalnızca saf hat ıslahının değil, aynı zamanda hibrit çeşit geliştirme stratejilerinin de dikkate alınması gerektiğine işaret etmektedir. Araştırmada ortaya konan bulgular, verim artışı için dalların gelişimi ve genetik çeşitliliğin etkili bir şekilde kullanılması gerektiğini önermektedir. Hibritlerin üstün performans gösterme potansiyeli, genetik kazanç açısından önemli bir kaynak olarak değerlendirilmektedir. Gelecekteki araştırmalarda, elde edilen hibritlerin farklı

çevre koşullarındaki adaptasyon düzeylerinin test edilmesi, ıslah çalışmalarına daha geniş bir perspektif sunacaktır.

Sarawat ve ark. (1994), bezelye bitkisinde heterosis etkilerini ve bu etkinin verimle ilişkili agronomik özelliklere katkısını incelemek amacıyla yürüttükleri çalışmalarında, Güney Avustralya menşeli dört ticari çeşit ile 18 genotipi çaprazlayarak oluşturdukları 72 F₁ melezini ve bunlardan türetilen F₂ populasyonlarını dört farklı çevrede değerlendirmişlerdir. Araştırmada tane verimi, toplam biyokütle, hasat indeksi, bitki başına dal sayısı, bakla sayısı, bakla başına tohum sayısı, tohum ağırlığı, bitki boyu ve çiçeklenme süresi gibi temel morfo-agronomik karakterler analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, F₁ melezlerinin genellikle hem ortalama ebeveyn değerini hem de en iyi ebeveyni aştığını göstermiş; özellikle bakla sayısındaki artışın, tane veriminde gözlenen heterozise en fazla katkıyı sağladığı belirlenmiştir. Buna karşın, tohum ağırlığı ve bakla başına tohum sayısı gibi özelliklerde heterosis düzeyleri daha düşük bulunmuştur. Heterozisin çevre koşullarına duyarlı olduğu tespit edilmiş; özellikle düşük verimli çevrelerde heterosis düzeylerinin daha yüksek olduğu vurgulanmıştır. Genetik analizler, heterosis oluşumunda hem eklemeli (additif) hem de eklemeli olmayan (non-additif) gen etkilerinin etkili olduğunu ortaya koyarken, bazı F₂ populasyonlarının da F₁ melezlerine benzer düzeyde yüksek verim sağladığı belirlenmiştir. Bu bulgular, epistatik gen etkilerinin heterosis üzerinde önemli bir rol oynayabileceğine işaret etmektedir. Ayrıca, genel ve özel kombinasyon yeteneği analizleri, üstün performans gösteren ebeveyn kombinasyonlarını tanımlayarak ıslah programları için değerli bilgiler sunmuştur. Sonuç olarak, çalışma bezelyede heterosis uygulamalarının, kendi kendine döllen türlerde de ticari hibrit çeşitlerin geliştirilmesi amacıyla etkili bir strateji olarak kullanılabileceğini göstermekte ve bu yaklaşımın ıslah potansiyelini desteklemektedir.

Bourion ve ark. (2002), kuru bezelyelerde yüksek verimli ve çevresel koşullara karşı stabil performans gösteren hatların geliştirilmesi amacıyla yürüttükleri çalışmalarında, verimle ilişkili bazı morfolojik ve fenolojik özelliklerin genetik kontrol mekanizmalarını incelemişlerdir. Araştırma kapsamında, özellikle çiçeklenme zamanı gibi önemli özelliklerin genetik kontrolünde genel kombinasyon yeteneğinin (GKY) belirleyici olduğu ve bu durumun eklemeli gen etkilerine dayandığı belirlenmiştir. Buna karşılık, dallanma gibi daha karmaşık yapıli özelliklerde özel kombinasyon yeteneği (ÖKY) etkisinin daha baskın olduğu ve bu özelliklerin eklemeli olmayan genetik etkilerle kontrol edildiği tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında heterosis etkisinin bazı özelliklerde gözlemlenmesi, uygun ebeveyn kombinasyonlarının seçilmesi hâlinde

melezlerin yüksek verim potansiyeline ulaşabileceğini ortaya koymuştur. Bu bulgular hem saf hat geliştirme hem de melezleme programlarında genetik varyasyonun dikkatli ve sistematik bir şekilde değerlendirilmesinin önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, genetik çeşitliliğin doğru yönlendirilmesiyle hem verimli hem de çevresel stres koşullarında stabil performans sergileyen hatların elde edilebileceği belirtilmiştir. Çalışma, klasik ıslah yaklaşımlarının stratejik kullanımının, verimlilik ve adaptasyon kapasitesi yüksek bezelye çeşitlerinin geliştirilmesinde temel bir başlangıç noktası oluşturduğunu göstermektedir.

Ceyhan (2004), bezelye bitkisinde tohum verimi ve ilişkili agronomik özelliklerin genetik kontrolünü belirlemek amacıyla 8 dişi ve 3 erkek hat kullanarak oluşturduğu 24 F₁ melezini, genel kombinasyon yeteneği (GKY), özel kombinasyon yeteneği (ÖKY), heterosis ve genetik varyasyon yönünden kapsamlı biçimde değerlendirmiştir. Araştırma sonuçları, incelenen tüm karakterlerde (tohum verimi, bakla sayısı, bitki boyu vb.) istatistiksel olarak anlamlı genetik varyasyonun mevcut olduğunu ve bu özelliklerin büyük oranda eklemeli olmayan gen etkileriyle kontrol edildiğini göstermiştir. GKY analizlerine göre PS9830S329 (ana) ve H (erkek) hatları en iyi genel kombinantlar olarak belirlenmiş ve bu hatların ıslah programlarında ebeveyn materyali olarak kullanılmaya uygun olduğu ifade edilmiştir. ÖKY analizleri kapsamında, özellikle “PS9830S329 × B12” melez kombinasyonu tohum verimi bakımından en yüksek performansı göstermiştir. Elde edilen F₁ hibridlerin çoğu, ebeveynlerine kıyasla üstün verim değerleri ortaya koymuş; özellikle tohum ve bakla veriminde %200’ün üzerinde heterosis etkisi gözlenmiştir. Bu durum, heterosis ıslahının bezelye genetik geliştirme çalışmalarında önemli bir araç olabileceğini kanıtlamaktadır. Çalışma bulguları, GKY ve ÖKY etkilerinin birlikte değerlendirilerek, üstün genotiplerin oluşturulmasında melezleme temelli stratejilere ağırlık verilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Ayrıca, F₁ populasyonlarının erken seleksiyonlarla değerlendirilmesinin genetik kazanç açısından avantaj sağlayabileceği belirtilmiştir.

Ceyhan ve Avcı (2005b), tarafından gerçekleştirilen çalışma, bezelyede genetik varyasyonun artırılması ve yüksek verimli genotiplerin geliştirilmesi amacıyla yürütülmüştür. Konya ekolojik koşullarında 2002 yılında uygulanan bu çalışmada, dört farklı ticari çeşit ile üç kışlık bezelye hattı arasında çoklu dizi melezleme yöntemi kullanılarak F₁ melez kombinasyonları elde edilmiş ve bu kombinasyonlar ile ebeveyn hatlar, tarımsal açıdan önemli agronomik karakterler bakımından detaylı biçimde değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında öncelikli olarak tane verimi, bakla sayısı,

bitki boyu ve 100 tohum ağırlığı gibi temel verim bileşenleri incelenmiş; elde edilen veriler doğrultusunda genel kombinasyon yeteneği (GKY) ve özel kombinasyon yeteneği (ÖKY) analizleri gerçekleştirilmiştir. GKY analizleri, özellikle bazı ebeveynlerin yüksek verim karakterine katkı sağlayabilecek genetik potansiyele sahip olduğunu ortaya koyarken; ÖKY analizleri, belirli melez kombinasyonlarının agronomik performans açısından üstünlük gösterdiğini doğrulamıştır. Bununla birlikte, heterosis ve heterobeltiosis analizleri aracılığıyla melez gücü belirlenmiş ve birçok F₁ kombinasyonunun, özellikle tane verimi bakımından ebeveynlerinden daha yüksek performans sergilediği tespit edilmiştir. Yüksek heterosis değerleri, melezleme temelli ıslah stratejilerinin bezelyede verim artışı sağlama potansiyelini açıkça ortaya koymakta olup, çalışma sonuçları bu yöntemin gelecekteki ıslah çalışmalarında etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Bu bağlamda, çalışma hem ebeveyn seçimi hem de üstün melezlerin tanımlanması açısından önemli bilgiler sunarak, bezelye ıslahına yönelik bilimsel literatüre anlamlı bir katkı sağlamaktadır.

Ceyhan ve Avcı (2005a), bezelye bitkisinde önemli tarımsal özelliklerin genetik kontrolünü incelemek amacıyla yürüttükleri çalışmalarında, F₂ ve F₃ generasyonlarına ait dört melez kombinasyonu ile ebeveyn hatlarını değerlendirmişlerdir. Çalışmada; bitki boyu, dal sayısı, bakla sayısı, baklada tane sayısı, 100 tohum ağırlığı ve bitki başına tane verimi gibi temel agronomik karakterlerde genetik varyasyonun varlığı ortaya konmuştur. Tek dizi analizleri sonucunda, bitki boyu ve baklada tane sayısının dominant genler tarafından kontrol edildiği, buna karşın dal sayısının resesif gen etkisi altında olduğu belirlenmiştir. Özellikle B1 hattının, bitki boyu, bakla sayısı ve baklada tohum sayısı gibi verimle doğrudan ilişkili karakterlerde üstün genetik performans sergilediği ve bu yönüyle gelecekteki bezelye ıslah çalışmalarında değerli bir genetik kaynak olabileceği ifade edilmiştir. Ortalama dominantlık derecesinin yüksek bulunması, tüm incelenen özelliklerde üstün dominant bir kalıtım modelinin söz konusu olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, bezelyede heterosis etkisinin de dikkate alınarak yapılacak ıslah çalışmalarında genetik kazanç elde edilebileceğini göstermektedir. Ayrıca, yüksek verimli ve kaliteli çeşitlerin geliştirilmesi adına seçilen melez kombinasyonlarının ileriki nesillerde takip edilmesi ve seleksiyonla değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Araştırma, klasik ıslah stratejileri ile sürdürülen genetik analizlerin, verim ve verim bileşenlerinin iyileştirilmesinde etkin bir yol haritası sunabileceğini ortaya koymuştur.

Pandey ve ark. (2006), bezelye bitkisinde heterosis ve kombinasyon yeteneğini belirlemeye yönelik yürüttükleri çalışmalarında, 10 farklı ebeveyn arasında diallel çaprazlama yöntemi kullanarak oluşturdukları F₁ hibrit kombinasyonlarının performanslarını detaylı biçimde analiz etmişlerdir. Hindistan'ın Pithoragarh bölgesinde, yüksek rakımlı agroekolojik koşullarda gerçekleştirilen bu araştırmada bitki boyu, bakla sayısı, bakla uzunluğu, tohum sayısı, verim ve toplam çözünür katı madde (TSS) gibi önemli agronomik karakterler değerlendirilmiştir. Bulgular, F₁ hibritlerin çoğunlukla ebeveynlerinden daha üstün performans gösterdiğini ve bazı melezlerin %25'in üzerinde heterosis etkisi sergileyerek özellikle tohum verimi açısından kayda değer genetik üstünlük sağladığını ortaya koymuştur. Genel kombinasyon yeteneği (GKY) analizleri sonucunda Lincoln çeşidi, birden fazla özellikte yüksek GKY etkisi göstererek üstün bir ebeveyn adayı olarak öne çıkmıştır. Ayrıca bazı melezlerin yüksek özel kombinasyon yeteneği (ÖKY) ve heterobeltiosis değerleri ile potansiyel hibrit çeşit geliştirme çalışmalarında kullanılabileceği vurgulanmıştır. Bu çalışma, bezelye bitkisinde heterosis ıslahının etkinliğini destekleyen sonuçlarıyla hem klasik ıslah yaklaşımlarının hem de modern hibrit geliştirme stratejilerinin başarıyla entegre edilebileceğini göstermektedir.

Kapur (2007), bezelye bitkisinde bakla verimi ve bazı bahçe bitkisi özelliklerinin genetik yapısını incelemek amacıyla altı ebeveyn hattından (DPP 9411, DPP 9418-06, Sugar Giant, VRPMR 10, Palam Priya ve Azad P1) oluşturulan F₁, F₂ ve geri melez (BC₁, BC₂) populasyonlarını tesadüf blokları deneme deseninde değerlendirmiştir. Araştırmada bitki boyu, bakla uzunluğu, bakla verimi, çiçeklenme süresi, protein içeriği ve külleme direnci dahil olmak üzere on bir farklı karakter analiz edilmiştir. Nesil ortalamaları analizine göre, bu özelliklerin kalıtımında hem eklemeli hem dominant hem de özellikle dominant × dominant türü epistatik gen etkilerinin önemli rol oynadığı belirlenmiştir. Bazı melez kombinasyonlarında yüksek düzeyde heterosis gözlenmiş ve bu durum, hibrit gücünden faydalanarak verim artışının sağlanabileceğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, çift epistatik gen etkilerinin yaygınlığı, erken nesil seleksiyonlarının sınırlı etki gösterebileceğini ve bu nedenle ileri nesil değerlendirmelerinin önem arz ettiğini göstermiştir. Çalışma, bezelye ıslahında ebeveyn seçiminin dikkatle yapılması gerektiğini ve genetik etkileşim türlerine göre uygun ıslah stratejilerinin belirlenmesinin başarıyı artırabileceğini vurgulamaktadır. Ayrıca hem verim hem de hastalık direnci gibi çoklu özelliklerin bir arada geliştirilmesi için klasik melezleme yöntemlerinin güçlü bir araç olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Çalışma, klasik ıslahın yalnızca verim değil, aynı zamanda kalite ve direnç özelliklerinin iyileştirilmesinde de etkinliğini ortaya koymaktadır.

Singh ve ark. (2007), bezelye bitkisinde genetik çeşitliliği değerlendirmek ve verim bileşenleri arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla 120 farklı genotip üzerinde kapsamlı bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırma, genotipler arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde genetik varyasyon bulunduğunu ve bu varyasyon temelinde altı ayrı genetik küme tanımlandığını göstermiştir. Farklı genetik kümelere ait genotipler arasında gerçekleştirilecek melezlemelerin, yüksek performanslı ve istenilen özellikleri taşıyan segregantların elde edilmesinde etkili olabileceği belirtilmiştir. Verim bileşenlerine ilişkin analizlerde, bitki başına bakla sayısı, bitki başına küme sayısı, bakla uzunluğu ve 100 tohum ağırlığı gibi karakterlerin tane verimi üzerinde doğrudan ve anlamlı etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir. Korelasyon katsayıları ve yol analizi sonuçları, özellikle bakla başına tohum sayısı, 100 tohum ağırlığı ve erken çiçeklenme gibi özelliklerin verim artırıcı çalışmalarda öncelikli hedefler olarak ele alınması gerektiğini ortaya koymuştur. Çalışma, Hindistan'ın Ludhiana bölgesinde 2005–2006 yetiştirme sezonunda gerçekleştirilmiş ve veriler bilimsel istatistiksel yöntemlerle detaylı şekilde değerlendirilmiştir. Bu bulgular, genetik çeşitliliğin sadece tanımlanması değil, aynı zamanda ıslah programlarında stratejik olarak kullanılması gerektiğini vurgulamaktadır. Araştırma, klasik seleksiyon ve melezleme yöntemleriyle birlikte yürütülen genetik çeşitlilik analizlerinin, bezelyede genetik kazancın maksimize edilmesine yönelik güçlü bir temel oluşturduğunu göstermektedir.

Ceyhan ve ark. (2008), bezelye bitkisinde tohum verimi ve verim bileşenlerine ilişkin genetik etkileri belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmalarında, genel kombinasyon yeteneği (GKY), özel kombinasyon yeteneği (ÖKY), heterosis ve kalıtılabilirlik analizlerini kapsamlı biçimde ele almışlardır. GKY analizleri sonucunda, PS9830S329 ve H ebeveynlerinin tohum verimi başta olmak üzere birçok agronomik özellik açısından üstün genel kombinasyon yeteneği sergilediği belirlenmiştir. Bu durum, söz konusu ebeveynlerin genetik kaynak olarak ıslah programlarında değerlendirilebileceğini göstermektedir. ÖKY analizlerinde ise, özellikle “PS9830S329 × B12” ve “PS9830F035 × H” melezlerinin tohum verimi ve diğer verim bileşenlerinde yüksek performans gösterdiği ve bu kombinasyonların üstün genetik etkileşimlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Araştırma bulguları, incelenen özelliklerin büyük oranda eklemeli olmayan (dominant ve epistatik) gen etkileri ile kontrol edildiğini ve bu nedenle melezleme temelli ıslah stratejilerinin ön plana çıkması gerektiğini

vurgulamaktadır. Ayrıca, dar anlamda kalıtım oranlarının düşük olması, genetik kazanç elde edebilmek için F_1 melezlerinin önemini artırmaktadır. Nitekim “PS9830S431 $\times$ H” melezinde %200’ün üzerinde heterosis değeri elde edilmiş olması, heterosis etkisinin bezelye ıslahında güçlü bir araç olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Genel olarak F_1 melezlerinin, ebeveynlerine kıyasla daha yüksek tohum verimi, bitki boyu ve diğer tarımsal özelliklerde üstün performans sergilemiş olması, klasik ıslah programlarında genetik varyasyonun ve heterosisin etkin kullanımının önemini bir kez daha kanıtlamaktadır. Bu çalışma, verim potansiyelinin artırılması amacıyla uygun ebeveyn seçimi ve etkili melez kombinasyonlarının belirlenmesi sürecinde genetik analizlerin vazgeçilmez olduğunu ortaya koymaktadır.

Ceyhan ve Kahraman (2013), bezelye bitkisinde temel agronomik özelliklerin genetik yapısını detaylı şekilde inceleyerek bu karakterlerin kalıtım desenlerini ortaya koymuşlardır. Çalışmada, bitki boyunun genetik kontrolünde resesif genlerin baskın olduğu, dominant ve resesif gen frekanslarının dengeli dağılmadığı ve ortalama dominantlık derecesinin (H_1/D) 1’in üzerinde bulunması nedeniyle aşırı dominantlık etkisinin belirgin olduğu ifade edilmiştir. Bakla sayısı bakımından ise dominant genlerin etkisi baskın bulunmuş, gen frekanslarının dengeli olması ve aşırı dominantlığın bu karakterde de etkili olması, genetik kontrolün güçlü olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde, bakla başına tohum sayısı özelliğinde de dominant genlerin etkili olduğu ve genetik seleksiyonun bu karakterde başarıyla uygulanabileceği vurgulanmıştır. Bitki başına tohum sayısı bakımından ise, hem aşırı dominantlık etkisi hem de resesif genlerin belirginliği dikkat çekmiş; bu durum, farklı genetik etkilerin birlikte rol oynadığını göstermiştir. 100 tohum ağırlığı karakteri ise, kısmi dominantlık etkisi sergileyen ve yüksek kalıtım oranına sahip olması nedeniyle seleksiyonla iyileştirilmeye uygun bir özellik olarak değerlendirilmiştir. Tohum verimi özelliği ise dominant genlerin etkisinin baskın olduğu ve belirgin bir şekilde aşırı dominantlık etkisi gösterdiği bir karakter olarak öne çıkmış; bu durum, verim potansiyeli yüksek melezlerin geliştirilmesinde önemli bir genetik avantaj sağlamaktadır. Çalışmanın genel bulguları, incelenen tüm agronomik özelliklerde yeterli düzeyde genetik varyasyon bulunduğunu ve bu varyasyonun ıslah programlarında etkin şekilde değerlendirilebileceğini ortaya koymuştur. Bu bağlamda, hem eklemli hem de eklemeli olmayan genetik etkilerin dikkate alındığı klasik ıslah stratejilerinin bezelyede başarılı sonuçlar verebileceği belirtilmiştir. Çalışma, özellikle dominantlık ilişkileri ve genetik

denge analizleriyle, bezelye ıslahında ebeveyn seçimi ve karakter bazlı stratejik planlamalar için önemli bir kaynak niteliği taşımaktadır.

Kumari ve ark. (2015), bezelye bitkisinde genel kombinasyon yeteneği (GKY), özel kombinasyon yeteneği (ÖKY) ve genetik etki türlerini analiz ederek, agronomik özelliklerin kalıtım dinamiklerini ortaya koyan kapsamlı bir çalışma gerçekleştirmiştir. Araştırmada, GKY analizlerine göre HFP94-26 genotipi; bitki boyu, verim ve baklada tohum sayısı gibi önemli özellikler bakımından üstün performans sergileyerek dikkat çekmiştir. DDR80 genotipinin ise özellikle bitki başına verim açısından öne çıktığı belirlenmiş ve her iki genotipin de yüksek GKY değerleri nedeniyle ebeveyn materyali olarak ıslah programlarında değerlendirilebileceği ifade edilmiştir. ÖKY analizleri sonucunda, bazı melez kombinasyonlarının agronomik özellikler bakımından anlamlı düzeyde üstünlük gösterdiği saptanmıştır. Özellikle “HFP94-26 × DMR58” ve “PantP101 × DDR44” melezlerinin bitki başına verim ve 100 tohum ağırlığı gibi verim bileşenlerinde yüksek ÖKY değerlerine sahip olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada, hem yüksek × yüksek hem de yüksek × düşük GKY kombinasyonlarının ıslah sürecinde kullanılmasının genetik kazanç açısından etkili bir strateji olabileceği belirtilmiştir. Genetik etki analizlerine göre, bitki başına verim ve 100 tohum ağırlığı gibi özelliklerde eklemeli olmayan gen etkilerinin baskın olduğu, bu nedenle heterosis ıslahının bu karakterlerde iyileştirme sağlamak için uygun bir yöntem olduğu ifade edilmiştir. Öte yandan, baklada tohum sayısı gibi bazı özelliklerde eklemeli gen etkilerinin belirgin olması, klasik seleksiyon yöntemlerinin bu karakterlerde etkili olabileceğini göstermektedir. Bu bulgular, bezelye ıslahında ebeveyn seçimi ve uygun ıslah yönteminin belirlenmesinde genetik etki tiplerinin dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Ateş ve Ceyhan (2016), bezelye bitkisinde yüksek verim, kalite ve iri tanelik özelliklerine sahip yeni genotiplerin geliştirilmesi amacıyla yürüttükleri çalışmalarında, Rondo ve Ultrillo ticari çeşitleri ile PS3055, PS4028 ve PS3057 genotiplerini kullanarak tam diallel melezleme yöntemi uygulamışlardır. Elde edilen F₁ jenerasyonları ve ebeveyn hatları, Konya ekolojik koşullarında değerlendirilmiş ve farklı agronomik özellikler bakımından genetik analizler gerçekleştirilmiştir. Araştırma bulgularına göre, bitki boyu özelliği eklemeli olmayan gen etkileri ve üstün dominantlık etkisi altında kontrol edilmekte olup, PS4028 ve Rondo genotipleri uzun boylu, Ultrillo ise kısa boylu çeşit geliştirmede uygun ebeveyn olarak belirlenmiştir. Bakla sayısında da benzer şekilde eklemeli olmayan gen etkileri baskın bulunmuş ve PS3055 bu karakterde güçlü

bir ebeveyn olarak öne çıkmıştır. Bitkide tane sayısı bakımından PS3057 ve PS3055 genotiplerinin, eklemeli olmayan gen etkileri doğrultusunda olumlu katkılar sağladığı tespit edilmiştir. Tane veriminde ise heterosis etkisi ve eklemeli olmayan genetik kontroller önemli rol oynamış; “PS3055 × Ultrillo” ve “PS4028 × Rondo” melezlerinin yüksek verim potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Yüz tane ağırlığı ve iri tanelilik gibi özelliklerde ise eklemeli gen etkileri belirgin olmuş ve PS3055 genotipi iri taneli bezelye geliştirme açısından ideal ebeveyn olarak tanımlanmıştır. Çalışmada geniş anlamda kalıtım derecelerinin yüksek, dar anlamda kalıtım derecelerinin ise düşük bulunması, çevresel faktörlerin bu özellikler üzerindeki etkisinin önemli olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, ileri nesil seleksiyon uygulamalarında çevreye dayanıklı ve genetik potansiyeli yüksek genotiplerin tercih edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Genel olarak, bu çalışma Konya ekolojik koşullarına uyumlu, yüksek verimli ve kaliteli bezelye hatlarının geliştirilmesi için değerli genetik kaynaklar ve ebeveyn kombinasyonları sağlamaktadır.

Suman ve ark. (2017), bezelye bitkisinde verim ve verimle ilişkili özelliklerin iyileştirilmesi amacıyla heterosis ve kombinasyon yeteneği analizlerini değerlendirdikleri çalışmalarında, Lovely Professional Üniversitesi’nde yürütülen deneysel uygulamalar çerçevesinde on farklı genotipi yarım diallel yöntemiyle çaprazlayarak 45 farklı F₁ hibrit hattı oluşturmuşlardır. Araştırma sonuçları, bazı hibrit kombinasyonlarının anaçlara kıyasla üstün performans gösterdiğini ve bu üstünlüğün özellikle çiçeklenme süresi, bitki boyu, bakla sayısı ve tane verimi gibi temel agronomik karakterlerde belirginleştiğini ortaya koymuştur. Genel kombinasyon yeteneği (GKY) ve özel kombinasyon yeteneği (ÖKY) analizleri sonucunda, yüksek verim ve kalite özellikleri açısından genetik olarak avantajlı ebeveyn kombinasyonlarının belirlenebildiği tespit edilmiştir. Ayrıca bazı özelliklerde eklemeli gen etkilerinin baskın olduğu ve bu etkilerin F₁ jenerasyonunda seleksiyon açısından avantaj sağladığı vurgulanmıştır. Bu durum, erken nesillerde seleksiyonun etkinliğini destekleyen klasik ıslah stratejilerinin başarısını teyit etmektedir. Elde edilen sonuçlar, yüksek verimli hatların geliştirilmesinde hibrit gücünden faydalanılabileceğini ve heterosis etkisinin bezelye ıslahında değerlendirilebilecek önemli bir araç olduğunu göstermektedir. Çalışma genel olarak, ebeveyn seçiminin ıslah programlarının başarısı üzerindeki belirleyici rolünü vurgulamakta ve genetik çeşitliliğin genişletilmesinin yeni ve üstün çeşitlerin elde edilmesinde temel bir strateji olduğunu önermektedir.

Dalgıç ve Ceyhan (2018), tarafından yürütülen araştırma, bezelye bitkisinde verim ve verimle ilişkili bazı temel agronomik özelliklerin genetik denetim mekanizmalarını ortaya koymak amacıyla tasarlanmıştır. Çalışmada, dört ticari çeşit ile beş yerel genotip kullanılarak tam diallel melezleme yöntemi uygulanmış ve 2014 yılında Konya ekolojik koşullarında gerçekleştirilen tarla denemeleriyle F_1 , F_2 generasyonları ve ebeveyn hatlar çok yönlü olarak değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında, genel kombinasyon yeteneği (GKY), özel kombinasyon yeteneği (ÖKY), heterozis, heterobeltiosis düzeyleri ile birlikte geniş ve dar anlamda kalıtım dereceleri hesaplanarak karakterlerin kalıtsal yapıları ayrıntılı biçimde analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, yüz tane ağırlığı ve tane iriliği gibi özelliklerin büyük ölçüde eklemeli gen etkileriyle kontrol edildiğini göstermiştir. Buna karşılık, bitki boyu, bakla sayısı ve tohum verimi gibi diğer önemli tarımsal özelliklerde eklemeli olmayan genetik etkilerin (dominant ve epistatik) daha baskın olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, bezelye ıslah çalışmalarında hedeflenen özelliklere uygun ıslah stratejilerinin geliştirilmesinde genetik parametrelerin dikkatli biçimde değerlendirilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Özellikle GKY ve ÖKY analizleriyle üstün genetik kombinasyonların belirlenmesi, hem erken nesil seleksiyonlarında hem de ileri seleksiyon basamaklarında genetik kazancın maksimize edilmesine olanak tanımaktadır.

Gündoğan ve Ceyhan (2018), tarafından yürütülen çalışma, bezelye bitkisinde verim ve verimle ilişkili temel agronomik özelliklerin kalıtsal yapısını belirlemeye yönelik olarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, yedi ticari çeşit ile dört yerel bezelye hattı arasında çoklu dizi melezleme yöntemi kullanılarak 28 farklı F_1 melez kombinasyonu oluşturulmuş ve bu kombinasyonlar ile ebeveyn hatlar, Konya ekolojik koşullarında tarla denemeleriyle değerlendirilmiştir. Çalışmada özellikle bakla sayısı, baklada tohum sayısı ve bitkide toplam tohum sayısı gibi verim bileşenlerinin kalıtımında eklemeli gen etkilerinin baskın olduğu saptanırken; bazı diğer agronomik karakterlerde ise eklemeli olmayan, dominant ve olasılıkla epistatik gen etkilerinin daha belirleyici olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, karaktere özgü genetik kontrol mekanizmalarının farklılaştığını ve dolayısıyla her bir özellik için uygun ıslah stratejisinin ayrı ayrı ele alınması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, tüm incelenen özelliklerde elde edilen heterosis değerlerinin pozitif olması, melezlerin ebeveynlerine kıyasla üstün performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu bulgu, melezleme temelli ıslah yaklaşımlarının bezelyede genetik kazanımı artırmada etkili bir yöntem olduğunu desteklemektedir.

Halil ve Uzun (2019), bezelye genotiplerinin verimle ilişkili tarımsal özelliklerini genetik açıdan değerlendirmek amacıyla yürüttükleri çalışmalarında, genel kombinasyon yeteneği (GKY), özel kombinasyon yeteneği (ÖKY), heterosis ve heterobeltiyoz analizlerini içeren çoklu dizi (line $\times$ tester) yöntemini kullanmışlardır. Araştırmada, üç dişi (USA5, Vesela, Ürünlü) ve üç erkek (Ateş, Taşkent, Özkaynak) genotipten elde edilen melez kombinasyonları, 2016–2017 yetiştirme sezonlarında Bursa Uludağ Üniversitesi deneme alanlarında test edilmiş ve verim bileşenleri açısından kapsamlı biçimde analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, özellikle Vesela ve Özkaynak genotiplerinin yüksek GKY değerlerine sahip olduğunu ve bu nedenle ileri ıslah çalışmalarında ebeveyn materyali olarak değerlendirilebilecek önemli genetik kaynaklar olduğunu ortaya koymuştur. Öte yandan, “Vesela $\times$ Ateş”, “Vesela $\times$ Taşkent” ve “USA5 $\times$ Taşkent” melez kombinasyonları; biyolojik verim, tane verimi ve saman verimi gibi agronomik özellikler bakımından yüksek ÖKY etkileri göstermiştir. Bu durum, söz konusu kombinasyonların özel genetik etkileşimler bakımından üstün performansa sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Heterosis analizleri, biyolojik verimde %62.14 ile %260.88, tohum veriminde ise %76.18 ile %263.55 arasında değişen heterotik etkiler ile hibrit üstünlüğünün önemli düzeyde olduğunu göstermiştir. Özellikle “Vesela $\times$ Ateş” melezinde, yüksek heterobeltiosis değeri ile ebeveynlerinin verim performansını aşan bir üstünlük saptanmış ve bu kombinasyonun yüksek verimli yeni çeşitlerin geliştirilmesinde öncelikli değerlendirilmesi gereken genotipler arasında yer aldığı vurgulanmıştır. Çalışmanın genel bulguları, bezelye ıslah programlarında GKY ve ÖKY etkilerinin birlikte değerlendirilmesinin, üstün kombinasyonların belirlenmesi açısından kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, bu kombinasyonlardan elde edilecek ileri nesil populasyonların izlenmesi ve seleksiyon programlarına dâhil edilmesi önerilmiştir.

Parveen (2019), bezelye genotiplerinde verim ve kalite ile ilişkili özelliklerin genetik çeşitliliğini ve kalıtım desenlerini incelemek amacıyla yürüttüğü çalışmada 99 genotipi değerlendirmiştir. Araştırmada çok değişkenli analizler, kombinasyon yeteneği çalışmaları ve kalıtım derecesi tahminleri kullanılarak bitki boyu, çiçeklenme süresi, bitki başına bakla sayısı ve tohum verimi gibi temel agronomik özelliklerde genotipler arasında anlamlı farklılıklar saptanmıştır. Kümeleme ve temel bileşen analizleri, materyalde önemli düzeyde genetik çeşitlilik bulunduğunu göstermiştir. Belirlenen sekiz genotip, yarım diallel melezleme yöntemiyle çaprazlanarak F_1 ve F_2 populasyonları oluşturulmuş ve bu populasyonlar ardışık iki yılda tarla koşullarında

değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, birçok özelliğin kalıtımında hem eklemeli hem de eklemeli olmayan genetik etkilerin rol oynadığını ortaya koymuş; özellikle 20126 ve 20153 genotipleri yüksek genel kombinasyon yeteneği (GKY), 20202 × 26710 melez kombinasyonu ise yüksek özgül kombinasyon yeteneği (ÖKY) ve heterosis etkisi göstermiştir. F₂ populasyonunda yapılan korelasyon analizleri, tohum verimi ile bakla uzunluğu, dal sayısı ve biyolojik verim gibi özellikler arasında pozitif ve anlamlı ilişkiler olduğunu ortaya koyarken; bazı özelliklerde yüksek kalıtım dereceleri, klasik seleksiyonun etkinliğini desteklemiştir. Öte yandan, tohum verimi ve bazı verim bileşenlerinde eklemeli olmayan genetik etkilerin baskın olması, heterosis ıslahının da önemine işaret etmektedir.

Halil ve Uzun (2020), bezelye genotiplerinde verim ve verimle ilişkili özelliklerin genetik kontrolünü belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmalarında, bitki boyu, bitki başına bakla sayısı, bakla başına tohum sayısı, bitki başına tohum sayısı, toplam tohum verimi ve 1000 tohum ağırlığı gibi temel agronomik karakterleri değerlendirmişlerdir. Elde edilen bulgular, söz konusu özelliklerin hem genel kombinasyon yeteneği (GKY) hem de özel kombinasyon yeteneği (ÖKY) açısından anlamlı varyasyon gösterdiğini ortaya koymuştur. Bitki boyu bakımından Vesela ve Ardahan genotipleri yüksek GKY değerleri sergilerken, “Debrecen3×Ardahan” ve “Sel 3-25×Ardahan” hibritleri yüksek ÖKY ve heterosis etkileriyle dikkat çekmiştir. Benzer şekilde, bakla sayısı açısından Sel 3-25 ve Ardahan genotipleri güçlü GKY etkisi göstermiş; “Debrecen3×Ardahan” ve “Sel 3-25×USA1” hibrit kombinasyonları ise yüksek ÖKY ve heterosis değerleriyle öne çıkmıştır. Bakla başına tohum sayısı yönünden Debrecen3 genotipi yüksek GKY değerleriyle öne çıkarken, “Vesela×Ardahan” kombinasyonu ÖKY açısından olumlu sonuçlar vermiş, ancak bu özellikte genel olarak heterosis düzeylerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bitki başına tohum sayısı bakımından Sel 3-25 ve Ardahan genotipleri üstün GKY etkisi gösterirken, “Sel 3-25×Gap Pembesi” ve “Sel 3-25×USA1” hibritleri ÖKY ve heterosis yönünden en yüksek değerlere ulaşmıştır. Tohum verimi açısından, Sel 3-25 ve Kirazlı genotipleri yüksek GKY etkisi taşıırken, “Debrecen3×USA1” ve “Sel 3-25×Kirazlı” melezleri hem yüksek ÖKY hem de heterobeltiosis etkileri ile genetik üstünlük göstermiştir. 1000 tohum ağırlığı özelliğinde USA5 genotipi güçlü GKY performansı sergilemiş, “Sel 3-25×Gap Pembesi” ve “USA5×USA1” melezleri ise ÖKY ve heterosis açısından öne çıkmıştır. Özellikle “Sel 3-25×Kirazlı” ve “Sel 3-25×Gap Pembesi” melezleri, tohum verimi yönünden yüksek heterosis ve heterobeltiosis değerleri ile

hibritizasyon çalışmalarında ön plana çıkmıştır. Sonuç olarak, çalışmada incelenen tüm özelliklerde hem eklemeli gen etkisi hem de dominant genetik etkilerin önemli rol oynadığı belirlenmiş ve bu bağlamda seçilen genotiplerin bezelye ıslahında kullanılabilirliği vurgulanmıştır. Bu çalışma, genetik varyasyonun etkin kullanımı ile verim ve kalite özelliklerinin klasik ıslah programlarında geliştirilebileceğini destekleyen değerli bir bilimsel kaynaktır.

Ceyhan ve Şimşek (2021), tarafından yürütülen çalışmada, bezelye bitkisinde kaliteyi belirleyen başlıca özelliklerden biri olan protein oranı ile bazı temel mineral maddelerin genetik kontrol mekanizmaları incelenmiştir. Araştırmada beş farklı bezelye çeşidi ve bu çeşitlerin tam diallel melezlerinden oluşturulan F₁ populasyonu kullanılmış; genetik analizler, Jinks-Hayman modeli temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kaliteye ilişkin özelliklerde populasyon genelinde yeterli düzeyde genetik varyasyon bulunduğunu göstermiştir. Ancak, söz konusu kalite özelliklerinin kalıtımında eklemeli gen etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı bir rol oynamadığı, buna karşın dominant gen etkilerinin baskın olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, kalitatif karakterlerin genetik yapısında dominant genlerin daha yaygın olarak bulunduğu ve çevresel etkilerin bu özellikler üzerinde sınırlı düzeyde etkili olduğu saptanmıştır. Bu durum, kalite ıslahında dominantlık ilişkilerine dayalı melezleme stratejilerinin daha etkili olabileceğini göstermektedir.

Taşyürek ve Ceyhan (2022), tarafından yürütülen çalışmada, bezelye bitkisinde verim ve verim bileşenlerinin genetik kontrolünü belirlemek amacıyla iki ticari çeşit (Betagreen ve Ultrillo) ile üç yerel hat arasında tam diallel melezleme yöntemi uygulanmıştır. 2018 yılında yürütülen bu araştırmada, elde edilen F₁ melez kombinasyonları genel kombinasyon yeteneği (GKY), özel kombinasyon yeteneği (ÖKY), eklemeli ve eklemeli olmayan genetik varyans bileşenleri yönünden analiz edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, tüm incelenen agronomik karakterlerde, özellikle tane verimi ve tane iriliği gibi temel özelliklerde, eklemeli olmayan gen etkilerinin daha baskın olduğu belirlenmiştir. Ortalama dominantlık derecelerinin birden büyük olması ve geniş anlamda kalıtım derecelerinin yüksek bulunması, bu karakterlerin dominant genetik etkilere sahip olduğunu ve ıslah sürecinde heterosis ıslahının etkili olabileceğini göstermiştir. Ebeveynler arasında yapılan melezlemelerden özellikle “PS16011 × Ultrillo”, “PS16002 × Betagreen”, ve “PS16004 × Betagreen” kombinasyonları tane verimi açısından; “Betagreen × PS16004” ve “Ultrillo × Betagreen” melezleri ise tane iriliği açısından en yüksek performansı göstermiştir. Ayrıca bazı kombinasyonlarda,

tane verimi bakımından anlamlı düzeyde pozitif heterosis etkisi gözlemlenmiş olup, bu durum melezleme temelli ıslah çalışmalarında bu kombinasyonların değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

Sharma ve ark. (2023), kışlık bir baklagil türü olan bezelyede tohum verimi ve verimle ilişkili agronomik özelliklerde heterosis düzeylerini ve kombinasyon yeteneği etkilerini değerlendirmek amacıyla geleneksel line $\times$ tester analizine ek olarak Principal Component Analysis (PCA) ve Genotype + Genotype $\times$ Environment (GGE) biplot analizlerini birlikte uygulamışlardır. Hindistan'ın Haryana eyaletinde yürütülen çalışmada 9 çizgi ve 3 tester genotipinden oluşan 27 melez kombinasyonu, çoklu istatistiksel tekniklerle analiz edilmiştir. Araştırma sonuçları, HFP 715 ve Aman çizgileri ile GP02/1108 testeri genotiplerinin genel kombinasyon yeteneği (GKY) bakımından üstün olduğunu ve verimle ilişkili karakterlerde pozitif katkı sağladığını ortaya koymuştur. “HFP 715 $\times$ GP02/1108”, “IPF 14-16 $\times$ GP02/1108” ve “DDR-23 $\times$ HFP 1426” melez kombinasyonları ise tohum verimi açısından yüksek heterobeltiosis (en iyi ebeveyni aşan üstünlük) değerleri sergileyerek hibrit gelişimi açısından öne çıkmıştır. PCA ve GGE biplot analizlerinin klasik line $\times$ tester analiz sonuçlarıyla uyumlu olması, bu çoklu analiz yöntemlerinin seleksiyon doğruluğunu artırdığını göstermiştir. GGE biplotları ayrıca genotiplerin çevresel stabilitesini ve özel adaptasyon yeteneklerini görselleştirerek üstün genotiplerin farklı çevrelerdeki performanslarını daha etkili değerlendirmeye olanak sağlamıştır. Çalışma, kendine döllek bezelye gibi türlerde yüksek verimli hibrit çeşitlerin geliştirilmesi için genetik materyal seçiminin bilimsel temellere dayanması gerektiğini vurgulamaktadır.

Yadav ve ark. (2023), tarla bezelyesi (*Pisum sativum* var. *arvense*) bitkisinde verim ve verimle ilişkili özelliklerin genetik temellerini inceleyerek üstün genotip ve melez kombinasyonlarının belirlenmesine yönelik kapsamlı bir çalışma gerçekleştirmiştir. Araştırma kapsamında, sekiz ebeveyn hattı ile oluşturulan 28 F₁ melez hattı, diallel analiz tasarımı doğrultusunda değerlendirilmiş ve tüm incelenen agronomik özellikler açısından ebeveynler ve melezler arasında istatistiksel olarak anlamlı genetik varyasyonların bulunduğu tespit edilmiştir. Genel kombinasyon yeteneği (GKY) analizleri sonucunda Aman ve P-1297-97 genotiplerinin tohum verimi bakımından güçlü bir genetik katkı sağladığı belirlenirken, özel kombinasyon yeteneği (ÖKY) bakımından “P-1541-16 $\times$ P-1297-97” ve “P-1297-97 $\times$ P-92-97-11” melezlerinin üstün kombinasyonlar oluşturduğu saptanmıştır. Heterosis analizleri, bu melezlerin ebeveynlere ve standart kontrollere kıyasla anlamlı düzeyde olumlu heterotik

etkiler sergilediğini ve özellikle “P-1541-16 × P-92-97-11” melezinin tohum verimi açısından dikkate değer bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmada, incelenen karakterlerin hem eklemeli hem de eklemeli olmayan genetik etkilerle kontrol edildiği belirtilmiş; bu durum klasik seleksiyon yöntemleri ile heterosis ıslahının birlikte kullanımının önemini vurgulamaktadır.

Gupta ve ark. (2024), bezelye [*Pisum sativum* L. var. *hortense*] üzerinde yürüttükleri çalışmada, tohum verimi ve verimle ilişkili agronomik özellikler bakımından genel kombinasyon yeteneği (GKY), özel kombinasyon yeteneği (ÖKY) ve heterosis etkilerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada, yarı diallel melezleme yöntemiyle sekiz ebeveyn hattı arasında gerçekleştirilen çaprazlamalarla toplam 28 melez kombinasyonu elde edilmiş ve bu kombinasyonlar dokuz farklı kantitatif özellik açısından incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, incelenen karakterlerin hem eklemeli hem de eklemeli olmayan genetik etkilerle kontrol edildiğini ortaya koymuştur. AP-3, VL-7, Kashi-Nandini ve PC-531 genotipleri yüksek GKY değerleri ile dikkat çekmiş ve ıslah programları açısından umut verici ebeveynler olarak tanımlanmıştır. Melez kombinasyonları arasında “Arkel × PMR-53” ve “VL-7 × PMR-53”, tohum verimi ve ilişkili karakterler bakımından en yüksek pozitif heterosis etkisi göstererek hibrit gücünden yararlanma açısından önemli bulunmuştur. Ayrıca, “Kashi-Nandini × PC-531” ve “VL-7 × Kashi-Uday” gibi kombinasyonlar yüksek ÖKY değerleri ile ön plana çıkmış ve tohum veriminde anlamlı artış sağlamıştır. Araştırma 2018–2020 yılları arasında Hindistan’da gerçekleştirilmiş ve analizlerde varyans analizine (ANOVA) dayalı yöntemler kullanılmıştır. Çalışmada ayrıca çiçeklenme süresi, bitki boyu ve meyve düğüm uzunluğu gibi morfolojik özelliklerin genetik kontrolü de değerlendirilmiş ve bu karakterlerin ıslah programlarında kullanılabilecek nitelikte olduğu belirtilmiştir. Sonuçlar, masa bezelyesinde yüksek verimli, dayanıklı ve genetik olarak geliştirilmiş çeşitlerin elde edilmesinde GKY, ÖKY ve heterosis analizlerinin kilit rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Genel olarak incelenen literatür, bezelye bitkisinde verim ve verimle ilişkili agronomik özelliklerin geliştirilmesinde hem klasik seleksiyon yöntemlerinin hem de melezleme temelli ıslah stratejilerinin birbirini tamamlayıcı nitelikte olduğunu ortaya koymaktadır. Heterosis ve heterobeltiosis etkilerinin özellikle tane verimi, bakla sayısı, bitki boyu ve 100 tohum ağırlığı gibi temel karakterlerde belirgin şekilde ifade edilmesi, hibritleme çalışmalarının önemini vurgulamaktadır. GKY ve ÖKY analizleri, üstün ebeveynlerin ve verimli melez kombinasyonlarının belirlenmesinde kritik rol oynarken,

genetik varyans bileşenlerine ilişkin bulgular, kalıtım derecelerinin ve genetik etkilerin karaktere özgü değişkenlik gösterdiğini göstermektedir. Bu bilgiler ışığında, bezelye ıslah programlarında hem eklemeli hem de eklemeli olmayan genetik etkilerin dikkate alındığı, çevreye uyumlu, yüksek verimli ve kaliteli yeni çeşitlerin geliştirilmesine yönelik çok yönlü stratejilerin benimsenmesi gerektiği anlaşılmaktadır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Araştırma Alanının Genel Özellikleri

Bu araştırma, Orta Anadolu koşullarına uygun bezelye ıslahında kullanılabilecek uygun ebeveyn ve melezlerin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma, 2023 ve 2024 yıllarında Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme tarlasında, deniz seviyesinden yaklaşık 1016 metre yükseklikte bulunan bir arazide yürütülmüştür. Elde edilen veriler, diallel analiz yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir.

3.1.1. İklim özellikleri

Araştırma yerinin 2023, 2024 ve uzun yıllar (1994-2022) ortalamalarına ait bazı temel meteorolojik değerlerini Çizelge 3.1 verilmiştir. Bu veriler sıcaklık, toplam yağış ve nispi nem açısından değerlendirilmiştir.

Uzun yıllar ortalaması (1994-2022) ile karşılaştırıldığında, 2023 yılı genel olarak daha düşük sıcaklıklarla dikkat çekmektedir. Mart ayında sıcaklık 8.0 °C olarak kaydedilmiş ve bu değer uzun yıllar ortalaması olan 11.3 °C'nin oldukça altında kalmıştır. Benzer şekilde, Nisan ayında sıcaklık 10.4 °C olarak ölçülmüş ve uzun yıllar ortalamasına (16.2 °C) kıyasla belirgin bir düşüş göstermiştir. Mayıs ayında da sıcaklık 14.8 °C ile uzun yıllar ortalamasına (20.7 °C) göre daha düşük seyretmiştir. Bu düşüşler, 2023 yılının bahar aylarının alışılmış normallerden daha serin geçtiğini göstermektedir. Ancak, Temmuz ayında sıcaklık uzun yıllar ortalaması (24.3 °C) ile aynı seviyede kalarak mevsim normallerine dönmüştür.

2024 yılı ise 2023 yılına kıyasla daha yüksek sıcaklıklara sahip olmuş ve uzun yıllar ortalamalarına daha yakın ya da bazı aylarda daha sıcak bir eğilim göstermiştir. Mart ayında 7.7 °C ile 2023 yılına yakın ancak uzun yıllar ortalamasına göre düşük bir sıcaklık ölçülmesine rağmen, Nisan ayında 16 °C'ye ulaşarak uzun yıllar ortalamasına (16.2 °C) yaklaşmıştır. Mayıs ayında 15.5°C olarak ölçülen sıcaklık, 2023 yılına göre daha yüksek olsa da uzun yıllar ortalamasının (20.7 °C) altında kalmıştır. Haziran ayında ise sıcaklık 25,1°C ile uzun yıllar ortalamasının (24.4 °C) üzerine çıkmış ve yaz aylarının ısınmaya başladığını göstermiştir. Temmuz ayında sıcaklık 25.3 °C'ye ulaşarak uzun yıllar ortalamasının (24.3 °C) ve 2023 yılının üzerinde seyretmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, 2023 yılı uzun yıllar ortalamasına göre belirgin şekilde daha düşük sıcaklıklarla dikkat çekerken, 2024 yılı ise daha sıcak bir

eğilim göstermektedir. 2023 yılındaki düşük sıcaklık değerleri, mevsimsel değişiklikler ve hava koşullarındaki anormalliklere işaret edebilir. Bu durum, özellikle ilkbahar döneminde tarımsal üretimi etkileyerek bitkilerin gelişim sürecinde gecikmelere yol açmış olabilir. Öte yandan, 2024 yılında sıcaklıkların genel olarak uzun yıllar ortalamasına daha yakın seyretmesi, mevsimsel koşulların daha stabil hale geldiğini göstermektedir. Haziran ve Temmuz aylarında uzun yıllar ortalamasının üzerine çıkan sıcaklık değerleri, yaz aylarının ısınma eğiliminde olduğunu ve iklim değişikliğinin sıcaklık artışı üzerindeki etkilerinin gözlemlenebilir olduğunu düşündürmektedir.

Bu farklılıklar, iklim değişkenliğinin belirgin hale geldiğini ve yıllar arasında sıcaklık dalgalanmalarının arttığını göstermektedir. Sıcaklık değerlerindeki bu dalgalanmalar, bölgedeki ekosistemler, su kaynakları ve tarımsal faaliyetler üzerinde doğrudan etkili olabilir. Bu nedenle, sıcaklık değişimlerinin uzun vadeli etkilerini anlamak ve iklim değişikliğine karşı uygun adaptasyon stratejileri geliştirmek giderek daha önemli hale gelmektedir.

Çizelge 3.1. Araştırma yerinin 2023, 2024 ve uzun yıllar ortalamalarına ait bazı meteorolojik değerler*

Aylar	Sıcaklık (°C)			Toplam Yağış (mm)			Nispi Nem (%)		
	1994-2022	2023	2024	1994-2022	2023	2024	1994-2022	2023	2024
Mart	11,3	8,0	7,7	25,8	0	8,0	57,6	62,9	60,9
Nisan	16,2	10,4	16	35,7	0	2,4	55,2	60,9	45,5
Mayıs	20,7	14,8	15,5	35,8	3,3	63,0	47,4	62,9	60,9
Haziran	24,4	19,1	25,1	6,4	1,0	4,0	38,3	62,8	35,8
Temmuz	24,3	24,3	25,3	6,7	0	17,6	38,1	36,3	41,5
Top / Ort.	19,4	15,3	17,9	110,4	4,3	95,0	47,3	57,2	48,9

*Veriler Konya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü kayıtlarından alınmıştır.

2023 yılı, yağış bakımından oldukça kurak geçmiş ve özellikle Mart ile Nisan aylarında hiç yağış kaydedilmemiştir. Bu durum, kıştan çıkış döneminde toprak neminin azalmasına ve tarımsal üretim açısından su ihtiyacının artmasına neden olmuş olabilir. Mayıs ayında yalnızca 3.3 mm, Haziran ayında ise sadece 1.0 mm gibi oldukça düşük yağış miktarları gözlenmiş, bu da özellikle ilkbahar ve yaz aylarında su kaynakları üzerinde olumsuz etkiler yaratmış olabilir. Temmuz ayında da hiç yağış gerçekleşmemesi, bu dönemdeki kuraklık koşullarını daha da belirgin hale getirmiştir. Bu süreç, tarımsal üretim, yer altı su kaynakları ve doğal ekosistemler üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilecek düzeyde bir yağış eksikliğini işaret etmektedir.

Buna karşılık, 2024 yılı yağış miktarı açısından 2023 yılına kıyasla daha olumlu bir tablo çizmiş ve özellikle Mayıs ayında 63.0 mm yağış kaydedilerek hem 2023 yılına

hem de uzun yıllar ortalamasına göre oldukça fazla yağış alınmıştır. Bu dönemdeki yüksek yağış miktarı, toprağın su tutma kapasitesini artırarak bitki gelişimi için daha elverişli koşullar yaratmış olabilir. Ayrıca, Temmuz ayında da 17.6 mm yağış gerçekleşerek dikkat çekici bir artış gözlenmiştir. Temmuz ayı genellikle en kurak dönemlerden biri olduğundan, bu yağış miktarı tarımsal faaliyetler açısından olumlu bir gelişme olarak değerlendirilebilir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, 2023 yılı aşırı kurak geçerken, 2024 yılı özellikle Mayıs ayında mevsim normallerinin üzerinde yağış alarak nispeten daha yağışlı bir yıl olmuştur. Ancak Haziran ayı, her üç zaman dilimi için de düşük yağış miktarları ile dikkat çekmiş ve kurak bir dönem olarak kaydedilmiştir. Yağış miktarlarındaki bu dalgalanmalar, iklim değişikliği ve bölgesel hava olaylarının etkisiyle yağış rejiminin değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, su kaynaklarının daha verimli kullanılması, tarımsal sulama sistemlerinin geliştirilmesi ve iklim değişikliğine yönelik adaptasyon stratejilerinin belirlenmesi gibi önlemlerin alınması önemli hale gelmektedir.

2023 yılında, nisbi nem oranları uzun yıllar ortalamasına kıyasla genel olarak daha yüksek seviyelerde seyretmiş ve hava koşullarının daha nemli bir yapıya büründüğünü göstermiştir. Özellikle Mart (62.9%) ve Mayıs (62.9%) aylarında gözlemlenen yüksek nem oranları, atmosferdeki su buharı miktarının arttığını ve bu aylarda hava koşullarının daha nemli olduğunu göstermektedir. Yüksek nispi nem seviyeleri, bulutluluk oranlarını artırarak yağış oluşumuna katkı sağlayabilir ve sıcaklık hissini de etkileyebilir. Ayrıca, bitki örtüsü ve tarımsal faaliyetler açısından nispi nemin yüksek olması, buharlaşma oranlarının azalmasına ve toprağın daha fazla nem tutmasına yardımcı olabilir.

2024 yılına bakıldığında, Mart ve Mayıs aylarında nispi nem değerleri 60.9% civarında ölçülerek 2023 yılına benzer bir eğilim göstermiştir. Bu oranlar, atmosferdeki nem seviyesinin hâlâ yüksek olduğunu ancak 2023'e kıyasla biraz daha düşük kaldığını göstermektedir. Ancak, 2024 yılında özellikle Nisan ayında nispi nem oranında belirgin bir düşüş yaşanmış ve nem oranı 45.5% seviyesine gerilemiştir. Bu düşüş, havanın daha kuru hale gelmesine, su buharı miktarının azalmasına ve dolayısıyla yağış ihtimalinin düşmesine neden olabilecek önemli bir değişimdir. Nisan ayındaki bu düşük nem oranı, buharlaşma ile toprak neminin hızla azalmasına yol açarak tarımsal üretim üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir. Özellikle, bu dönemde ekinlerin gelişimi açısından yeterli nemin sağlanamaması, bitkilerin su stresine girmesine neden olabilir. Ayrıca, düşük

nisbi nem, yangın riski gibi çevresel faktörler açısından da önemli bir göstergedir ve orman yangınları gibi doğal afetlerin oluşma ihtimalini artırabilir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, 2023 yılı, uzun yıllar ortalamasına göre daha yüksek nem seviyeleri ile öne çıkarken, 2024 yılında bazı aylarda daha kuru bir hava gözlenmiştir. 2023 yılındaki yüksek nispi nem değerleri, hava koşullarının daha stabil ve nem açısından zengin olduğunu gösterirken, 2024 yılında gözlemlenen dalgalanmalar, iklim değişkenliğinin arttığını düşündürmektedir. Özellikle Nisan ayında %45.5'e kadar düşen nispi nem oranı, bölgedeki atmosferik değişimlerin ve kurak hava koşullarının bir göstergesi olabilir. Bu tür değişimler, tarımsal üretimden su kaynaklarının yönetimine kadar birçok alanda etkili olabilir ve uzun vadede iklim değişikliğine bağlı olarak daha sık yaşanabilecek ekstrem hava olaylarına işaret edebilir. Bu nedenle, gelecekteki iklim dalgalanmalarına karşı tarımsal sulama sistemlerinin daha verimli hale getirilmesi ve su kaynaklarının etkin yönetilmesi gibi önlemler almak önemli hale gelmektedir.

3.1.2. Toprak özellikleri

Araştırma sahasında incelenen toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri, farklı derinliklerde belirgin farklılıklar göstermektedir. Toprak pH'ı her iki derinlikte de 8.00 – 8.05 aralığında olup alkali özellik taşımaktadır. Yüksek kireç içeriği (%34.4 - %37.6) nedeniyle bazı bitki besin elementlerinin alımı kısıtlanabilir. Fosfor (P_2O_5) miktarı oldukça düşük seviyelerde olup, 0-30 cm derinlikte 1.79 kg/da, 30-60 cm derinlikte ise 1.34 kg/da olarak belirlenmiştir. Çinko (Zn) miktarı da 0.32-0.34 ppm aralığında olup yetersiz seviyededir. Demir (Fe) içeriği yüzey toprağında 14,74 ppm iken alt toprakta 8,74 ppm'e düşmektedir. Ancak, yüksek pH nedeniyle demirin bitkiler tarafından alımı zorlaşabilir. Bakır (Cu) ve mangan (Mn) miktarları yeterli seviyelerde olmakla birlikte, mangan miktarı derinliğe inildikçe azalmaktadır. Doygunluk yüzdesi 63-65 arasında değişirken, elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 0.80-0.85 dS/m seviyesinde olup tuzluluk problemi gözlenmemektedir. Organik madde içeriği üst toprakta %2.25, alt toprakta %1.3 olarak belirlenmiş olup, özellikle alt katmanda oldukça düşüktür. Toprak bünye sınıfı her iki derinlikte de killi-tınlı olup su tutma kapasitesi yüksek, ancak hava iletim kapasitesi sınırlıdır. Genel olarak değerlendirildiğinde, yüksek pH ve kireç içeriği nedeniyle fosfor ve çinko eksikliği önemli bir sorun olarak öne çıkmaktadır (Çizelge 2.2).

Çizelge 3.2. Araştırma yeri topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri*

Toprak Derinliği (cm)	pH	CaCO ₃ (%)	P ₂ O ₅ (kg/da)	Zn (ppm)
0-30	8,05	37,6	1,79	0,32
30-60	8,00	34,4	1,34	0,34
Toprak Derinliği (cm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Doygunluk (%)
0-30	14,74	1,70	7,50	65
30-60	8,74	1,74	5,76	63
Toprak Derinliği (cm)	Organik Madde (%)	Elektriki Kon. EC ²⁵ x10 ³	Bünye Sınıfı	
0-30	2,25	0,85	Killi / Tınlı	
30-60	1,23	0,80	Killi / Tınlı	

*: Toprak analizleri Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü tarafından yapılmıştır.

3.2. Materyal

Bu araştırmada, farklı verim, morfolojik yapı ve hastalık direnci gibi önemli özelliklere sahip beş tescilli bezelye (*Pisum sativum* L.) çeşidi ebeveyn olarak kullanılmıştır. Çalışmada yer alan Serge, Boogie, Compana, Jofs ve Utrillo çeşitleri, melezleme çalışmalarında yüksek verimlilik, dayanıklılık ve kalite gibi hedeflenen özelliklerin bir araya getirilmesine katkı sağlamak amacıyla seçilmiştir (Çizelge 3.3).

Bu ebeveynler, melezleme yoluyla üstün özelliklerin birleştirilmesi ve yeni, daha verimli, kaliteli ve hastalıklara dirençli bezelye çeşitlerinin geliştirilmesi amacıyla seçilmiştir. Her bir çeşidin taşıdığı farklı agronomik avantajlar, melezleme sürecinde yüksek genetik çeşitlilik ve ıslah çalışmalarında hedeflenen özelliklerin optimize edilmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır.

3.3. Metot

3.3.1. Melezleme işlemleri

Bu araştırmada, beş tescilli bezelye (*Pisum sativum* L.) çeşidinin genetik etkileşimlerini belirlemek amacıyla tam diallel analiz yöntemi kullanılmıştır (Griffing, 1956). Çalışmada yer alan Serge, Boogie, Compana, Jofs ve Utrillo çeşitleri ebeveyn olarak seçilmiş ve bu çeşitler arasında tüm olası kombinasyonları kapsayan melezleme çalışmaları yürütülmüştür. Bu yöntem, genetik varyasyonun belirlenmesi, genel kombinasyon kabiliyeti (GKY) ve kombinasyon kabiliyeti (ÖKY), eklemeli ve dominant etkiler, heterosis ve sitoplazmik etkilerin analizlerinin yapılmasına olanak sağlar (Jinks ve Hayman, 1953; Hayman, 1954; Griffing, 1956; Jinks ve Hayman, 1956).

Ekim işlemi, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümüne ait tam kontrollü Bitki Islahı Serasında gerçekleştirilmiştir. Her bir ebeveyn, 300 cm

uzunluğundaki sıralara ekilmiş olup, 100 cm sıra arası ve 25 cm sıra üzeri mesafe bırakılarak melezleme işlemleri için optimum koşulları sağlanmıştır (Ceyhan, 2004).

Çizelge 3.3. Melezlemelerde kullanılan ebeveynlerin bazı özellikleri

Ebeveynler	Tarımsal Özellikleri
Serge	Yüksek verim potansiyeline sahip olup, güçlü adaptasyon yeteneği ile farklı iklim ve toprak koşullarında başarılı bir şekilde yetiştirilebilmektedir. 75-80 cm arasında değişen bitki boyu ve 15-16 boğumda çiçeklenme özelliği ile sağlam bir büyüme yapısına sahiptir. İnce ve sivri uçlu baklaları, içerisinde 9-11 adet dane barındırarak kaliteli ve dolgun bir ürün sunar. Ortalama 75-80 gün gibi bir sürede olgunlaşan bu çeşit, hızlı gelişimiyle üreticilere erken ve verimli hasat avantajı sağlar. Bezelye Mozaik Virüsü, <i>Fusarium</i> solgunluğu ve Külleme hastalığına karşı dirençlidir. Hasat sonrası tazeliğini koruyabilmesi ve dayanıklı yapısı sayesinde hem taze tüketim hem de endüstriyel işlemeye uygun bir çeşittir.
Boogie	Yüksek verim potansiyeli ve güçlü bitki yapısı ile öne çıkan tescilli bir çeşittir. 65-70 cm arasında değişen bitki boyu ve 13-14 boğumda çiçeklenme özelliği ile dengeli bir büyüme gösterir. Küt uçlu baklaları, içinde 7-9 adet tane barındırarak kaliteli ve dolgun bir ürün sunar. Hızlı gelişimi ve erken hasat imkânı ile üreticilere büyük avantaj sağlar. Bu çeşidin en önemli özelliklerinden biri, yüksek hastalık (Bezelye Mozaik Virüsü, <i>Fusarium</i> solgunluğu ve Külleme) direncine sahip olmasıdır. Hem taze tüketim hem de işleme sanayisine uygunluğu ile dikkat çeker. Sağlam bitki yapısı ve yüksek verimi sayesinde, üreticilere kaliteli ve ekonomik bir seçenek sunarak, tarımsal üretimde önemli bir yere sahiptir.
Compana	Yüksek verim potansiyeli ve sağlam bitki yapısı ile öne çıkan tescilli bir bezelye çeşididir. Orta boylu bir bitki yapısına sahip olup, güçlü sap ve dallanma özelliği sayesinde dengeli bir büyüme gösterir. Baklaları dolgun ve küt uçlu olup, içerisinde 7-9 adet iri ve düzgün şekilli bezelye tanesi barındırır. Bu özelliği hem taze tüketim hem de işleme sanayisi için kaliteli bir ürün sunmasını sağlar. Compana, hızlı gelişimi ve erken olgunlaşma süresi ile üreticilere erken hasat avantajı sunmaktadır. Ayrıca, hastalık direnci yüksek (Bezelye Mozaik Virüsü, <i>Fusarium</i> solgunluğu ve Külleme) bir çeşittir. Uzun raf ömrü ve hasat sonrası dayanıklılığı ile pazar değeri yüksek bir çeşit olup, üreticiler için ekonomik açıdan avantajlı bir seçenektir. Kolay hasat edilebilir yapısı ve yüksek kaliteli ürün elde etme imkânı, tercih edilen bezelye çeşitlerinden biri haline getirmektedir.
Jofs	Yüksek verim potansiyeli ve güçlü bitki yapısı ile öne çıkan tescilli bir bezelye çeşididir. Orta boylu ve sağlam gövdeli yapısı sayesinde dengeli bir büyüme göstererek üreticilere kolay hasat imkânı sunar. Baklaları geniş ve dolgun olup, içerisinde 8-10 adet iri ve düzgün şekilli bezelye tanesi barındırır. Bu özellikleri sayesinde hem taze tüketim hem de konserve sanayisi için ideal bir çeşittir.
Ultrillo	Yüksek verim potansiyeline sahip olup, özellikle şoklama işlemi için oldukça uygundur. 12-13 cm uzunluğundaki baklalarında 9-10 adet dane bulunur ve baklalar geniş hilal şeklinde bir yapıya sahiptir. Hasat sonrası dayanıklılığı üst düzeyde olup, uzun süre tazeliğini koruyarak kalite kaybı minimum seviyede kalır. Bu özellikleri sayesinde hem üreticiler hem de tüketiciler için avantajlı bir bezelye çeşididir.

Ebeveyn bitkilerin eş zamanlı çiçeklenmesini sağlamak amacıyla, ekim işlemleri 10 Mart 2022 tarihinde başlayarak belirli aralıklarla planlanmıştır. Toplam dört farklı ekim dönemi, her biri 10 günlük aralıklarla gerçekleştirilmiş olup, böylece çeşitler arasında çiçeklenme senkronizasyonu sağlanarak başarılı melezleme için ideal koşullar oluşturulmuştur. Böylece her bir ebeveyn çeşidinden belirlenen sayıda bitki yetiştirilerek melezleme işlemi için yeterli polen ve dişi çiçek elde edilmesi hedeflenmiştir (Ceyhan, 2004).

Bitkilerin eş zamanlı çiçeklenmesini desteklemek amacıyla, düzenli sulama, gübreleme ve yabancı ot kontrolü yapılmıştır. Çiçeklenme öncesi bitkiler fenolojik gelişim evrelerine göre gözlemlenmiş ve çiçek tomurcuklarının oluşumu takip edilerek melezleme için uygun dönem belirlenmiştir.

Melezleme çalışmalarında, doğal tozlaşmayı önlemek ve kontrollü çaprazlama yapmak amacıyla emaskülasyon (kısırlaştırma) işlemi uygulanmıştır (Ceyhan, 2004). Emaskülasyon işlemine başlamadan önce, kullanılan pens her anterin ayıklanmasından önce %95'lik saf alkolle dezenfekte edilmiş ve temiz bir bez ile kurulanmıştır. İşlem sırasında, çiçekler keskin ancak düz uçlu bir pens yardımıyla, bayrak yaprağının birleşim noktasından dikkatlice açılarak hazırlanmıştır. Bu uygulama hem steril çalışma koşullarını sağlamak hem de çiçek dokularına zarar vermeden başarılı bir emaskülasyon gerçekleştirmek amacıyla titizlikle uygulanmıştır. Bu süreçte, dişi ebeveyn olarak kullanılacak bitkiler, çiçekler tam olgunlaşmadan önce dikkatle seçilmiş ve erkek organları (antherler) açılmadan önce çıkarılmıştır (Ceyhan, 2004). Emaskülasyon işlemi, çapraz tozlaşmanın başarılı olabilmesi için kritik bir adım olup, dişi bitkilerin polen alması için sadece kontrollü şekilde aktarılan polenlerin kullanılmasını sağlamıştır (Ceyhan ve ark., 2008).

Baba ebeveyn olarak seçilen bitkilerde, tam olgunlaşmış çiçeklerden polenler mikropenset yardımıyla toplanmış ve yine mikropenset yardımıyla dişik tepesine sürtme yöntemiyle aktarılmıştır (Ceyhan, 2004). Bu işlem sonrasında, emasküle edilen çiçekler baba bitkilerin kayıkçığı (carina) ile kapatılmıştır, böylece yabancı polen bulaşması engellenmiştir. Bu şekilde, melezleme süreci için gerekli olan polen kaynağı, yalnızca seçilen baba bitkilerinden temin edilmiştir (Ceyhan, 2004). Tozlama işlemi tamamlandıktan sonra, çaprazlanan çiçeğin sapına, üzerinde ebeveyn isimlerinin yazılı olduğu melezleme etiketi takılarak her çaprazlama kayıt altına alınmıştır. Bu sayede, yapılan melezlemelerin doğru ve sistematik bir şekilde takip edilmesi sağlanmış, melezleme süreci başarıyla tamamlanmıştır.

Ayrıca, başarılı döllemenin sağlanabilmesi için bitkiler, sera içerisinde 25 °C sıcaklık ve %50-60 nem oranında tutularak optimal çevre koşulları sağlanmıştır. Gerçekleştirilen 25 farklı (5 × 5) melez kombinasyonunun her birinden en az 30 adet F₁ tohumu elde edilerek melezleme süreci başarıyla tamamlanmıştır.

3.3.2. Ebeveyn ve F₁ bitkilerin yetiştirilmesi

Ekim öncesinde, deneme arazisi derin sürüm için pullukla işlenmiş, ardından rotovator çekilerek yüzey düzgün bir hale getirilmiştir. Toprak işlemenin tamamlanmasının ardından parselasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve deneme, Tesadüf Blokları Deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur.

Ebeveynler ve F₁ melezleri, 10 Mart 2023 tarihinde ekilmiştir. Ekim işlemi, 2 metre uzunluğundaki sıralara, 50 cm sıra arası ve 20 cm sıra üzeri mesafe bırakılarak düzenlenmiştir. Her parselin orta sırasına 10 adet F₁ bitkisi, kenar sıralarına ise birer sıra ana ve baba ebeveynlerden 10'ar adet ekilmiştir.

Bitkilerin besin maddesi ihtiyacını karşılamak amacıyla ekim sırasında 18-46 DAP (Diamonyum Fosfat %18-46) gübresi dekara 15 kg olacak şekilde uygulanmıştır. Toprak havalandırma ve yabancı ot mücadelesi amacıyla deneme süresince iki kez çapa işlemi uygulanmıştır. Bitkilerin su ihtiyacı göz önünde bulundurularak yağmurlama sulama sistemi kullanılmış ve hasat zamanına kadar toplam üç kez sulama yapılmıştır.

Hasat işlemi, Temmuz ayının ilk haftasında başlamış ve Temmuz ayının ikinci haftasına kadar devam etmiştir. Hasat zamanı, bitkilerin %90'ının sararıp kuruması, baklaların çatlamaması ve tanelerin bakla kabuğu içinde tamamen olgunlaşıp kuruması esas alınarak belirlenmiştir. Hasat sonrası, arazide yapılan gözlemler tamamlandıktan sonra laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiş ve tüm veriler kaydedilmiştir.

F₁ bitkilerinin hasadı sonucunda elde edilen F₂ tohumları, her çaprazlama için ayrı ayrı kese kâğıtlarında muhafaza edilmiş ve yeni sezonda ekilmek üzere saklanmıştır.

3.3.3. Ebeveyn ve F₂ bitkilerin yetiştirilmesi

Ekim öncesinde, deneme arazisi derin sürüm amacıyla pullukla işlenmiş, ardından rotovator kullanılarak yüzey düzgün hale getirilmiştir. Toprak hazırlığının tamamlanmasının ardından parselasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve deneme, Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur.

Ebeveynler ve F_2 melezleri, 18 Mart 2024 tarihinde ekilmiş olup, ekim işlemi 2 metre uzunluğundaki sıralara, 50 cm sıra arası ve 20 cm sıra üzeri mesafe bırakılarak düzenlenmiştir. Her parsel üç sıradan oluşmuştur. Bitkilerin besin ihtiyacını karşılamak amacıyla ekim sırasında 18-46 DAP (Diamonyum Fosfat %18-46) gübresi dekara 15 kg oranında uygulanmıştır. Ayrıca, toprağın havalandırılması ve yabancı ot kontrolünün sağlanması amacıyla, deneme süresince üç kez çapa işlemi yapılmıştır. Bitkilerin su ihtiyacı göz önünde bulundurularak yağmurlama sulama sistemi kullanılmış ve hasat dönemine kadar toplam dört kez sulama gerçekleştirilmiştir.

Hasat işlemi, Temmuz ayının ilk haftasında başlamış olup, ikinci haftaya kadar devam etmiştir. Hasat zamanı, bitkilerin %90'ının sararıp kuruması, baklaların çatlamaması ve tanelerin bakla içinde tam olgunlaşarak kuruması esas alınarak belirlenmiştir. Arazide yapılan gözlemlerin tamamlanmasının ardından, laboratuvar çalışmalarına geçilmiş ve tüm veriler kayıt altına alınmıştır.

3.4. Gözlem ve Ölçümler

Araştırmada incelenen tüm özelliklere ait ölçüm ve sayımlar, F_1 ve F_2 melezlerinde her parselde elde edilen tüm bitkiler üzerinde titizlikle gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ele alınan özellikler ve veri toplama yöntemleri ise aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

3.4.1. Bitki boyu (cm)

Hasat tarihinde, her parseldeki tüm bitkilerin bitki boyu, metre kullanılarak toprak seviyesinden gövde ucuna kadar dikkatlice ölçülmüş ve santimetre (cm) cinsinden kaydedilmiştir (Ceyhan, 2004).

3.4.2. Bakla sayısı (adet)

Hasat öncesinde, her bitki üzerindeki baklalar tek tek sayılarak, bir bitkideki toplam bakla sayısı adet cinsinden kayıt altına alınmıştır (Ceyhan, 2004).

3.4.3. Baklada tane sayısı (adet)

Hasat döneminde, her bitki üzerindeki tüm tohumlar sayılmış ve elde edilen toplam tane sayısı bakla sayısına bölünerek, her bakladaki ortalama tane sayısı adet cinsinden belirlenmiştir (Ceyhan, 2004).

3.4.4. Bitkide tane sayısı (adet)

Hasat öncesinde, her bitki üzerindeki tüm tohumlar dikkatlice sayılarak, bir bitkideki toplam tane sayısı adet cinsinden kayıt altına alınmıştır (Ceyhan, 2004).

3.4.5. Bitkide biyolojik verim (g)

Her parseldeki bitkiler ayrı ayrı hasat edildikten sonra, bakla ve saplarıyla birlikte 0.01 g hassasiyetindeki terazi ile tartılarak gram (g) cinsinden kayıt altına alınmıştır (Ceyhan, 2004).

3.4.6. Bitkide tane verimi (g)

Her parseldeki bitkiler ayrı ayrı harmanlandıktan sonra, bakla kabukları ayrılmış ve geriye kalan taneler 0.01 g hassasiyetindeki terazi ile tartılarak gram (g) cinsinden kayıt altına alınmıştır (Ceyhan, 2004).

3.4.7. Yüz tane ağırlığı (g)

Tek bitki verimi, bitkideki toplam tane sayısına bölünerek tek tohum ağırlığı belirlenmiş ve bu değer 100 ile çarpılarak yüz tane ağırlığı (g) cinsinden hesaplanmıştır (Ceyhan, 2004).

3.4.8. Hasat indeksi (%)

Tek bitki tane veriminin, tek bitki biyolojik verimine bölünüp yüzle çarpılmasıyla elde edilmiştir (Ceyhan, 2004).

3.4.9. Protein oranı (%)

Analizler, Kjeldahl metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.4.10. Bitkide protein verimi (g)

Bitkide tane verimi ile protein oranının çarpımıyla bitkide protein verimi g cinsinden verilmiştir (Ceyhan, 2004).

3.5. İstatistiki Analiz

Araştırmada, F₁ ve F₂ bitkileri üzerinde yapılan gözlem ve ölçümler, öncelikle Tesadüf Blokları Deneme deseni esas alınarak ön varyans analizine tabi tutulmuştur. Melezler arasında %1 ve en az %5 önem seviyesinde istatistiksel farklılık gösteren

özellikler belirlenmiş ve bu özellikler üzerinde Diallel analiz yöntemi uygulanmıştır. Analiz ve hesaplamalar, AGD-R paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Diallel melezleme analizinde, Griffing (1956)'ın ortaya koyduğu Model-I ve Metot-1 yöntemi esas alınmıştır. Bu yöntem, ebeveynleri ve resiprok melezleri kapsayan geniş bir değerlendirme çerçevesi sunmaktadır. Araştırmada incelenen karakterlerin genetik geçiş düzeyleri, varyans komponentleri yöntemiyle belirlenmiştir. Dar anlamda kalıtım derecesi, eklemeli varyansın fenotipik varyansa oranı olarak ifade edilmiştir (Falconer, 1980). Heterosis ve heterobeltiosis oranları, Fonseca ve Pattersan (1968) yöntemlerine göre hesaplanmıştır.



Şekil 1.1. Melezlemede kısırlaştırma işlemi için çiçek seçimi



Şekil 1.2. Melezlemede tozlama işlemi için baba bitkiden çiçek seçimi



Şekil 1.3. Bezelye F₁ melezlerinin görünüşü



Şekil 1.4. Bezelye F₂ melezlerinin görünüşü



Şekil 1.5. Bezelye F₂ melezlerinin görünüşü

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu araştırma, Konya'nın ekolojik koşullarına uyum sağlayabilecek en iyi konservelik bezelye çeşitlerini geliştirmek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada, beş ticari bezelye çeşidi (Boggie, Compana, Serge, Jofs ve Ultrillo) tam diallel melezleme yöntemi kullanılarak çaprazlanmış ve 20 F_1 ve F_2 melez kombinasyonu elde edilmiştir. Bu melezler, bitki boyu, bakla sayısı, baklada tane sayısı, bitkide tane sayısı, biyolojik verim, tane verimi, yüz tane ağırlığı, protein oranı ve protein verimi gibi tarımsal açıdan önemli özellikler açısından değerlendirilmiştir.

Araştırmanın temel amacı, genel ve özel kombinasyon yeteneklerini (GKY ve ÖKY) belirleyerek bu özelliklerin kalıtsal aktarımını incelemektir. Bunun için melez kombinasyonları tam diallel varyans analizine tabi tutulmuştur. Aynı zamanda, genetik parametreler arasındaki oransal ilişkiler incelenmiş, melezlerin ebeveynlere göre gösterdiği üstün performansı ifade eden heterosis ve en iyi ebeveynle kıyasla üstün performans anlamına gelen heterobeltiosis değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, özelliklerin dar ve geniş anlamda kalıtım dereceleri belirlenerek, genetik faktörlerin bu tarımsal özellikler üzerindeki etkisi ortaya konulmuştur.

Araştırmada incelenen özelliklere ait ön varyans analizi ve kombinasyon kabiliyetlerinin varyans analizleri sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Melez kombinasyonları için bitki boyu hem F_1 hem de F_2 melezlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar göstermiştir. Genel kombinasyon yeteneği (GKY) ve özel kombinasyon yeteneği (ÖKY), bitki boyunda önemli varyasyon kaynakları olup, GKY daha baskın bir etki göstermektedir. Ayrıca, resiprok ve maternal etkiler de F_1 ve F_2 melezlerinde bitki boyuna anlamlı bir katkı sağlamaktadır.

F_1 ve F_2 melezlerinde bakla sayısı üzerinde hem GKY hem de ÖKY varyans kaynakları önemli bulunmuştur. Özellikle, GKY varyansı F_2 melezlerinde daha yüksek çıkmıştır, bu da bakla sayısının genetik olarak kontrol edildiğini ve bazı ebeveynlerin bu özelliği olumlu yönde etkilediğini göstermektedir (Çizelge 4.1).

Baklada tane sayısı hem F_1 hem de F_2 melezlerinde genel anlamda yüksek varyans göstermiştir. F_2 melezlerinde özellikle GKY'nin daha yüksek olması, bu özelliğin ebeveynlerden kalıtsal olarak aktarılma eğiliminde olduğunu işaret etmektedir. Resiprok ve maternal etkiler de bazı durumlarda anlamlı bulunmuştur, bu da ebeveynlerin kalıtsal etkilerinin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Tam diallel analizinde incelenen özelliklere ait kareler ortalamaları ve kombinasyon kabiliyetlerinin varyans analizleri

Varyans Kaynakları	SD	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂
		Bitki Boyu		Bakla Sayısı	
Tekerrür	2	59,453	67,480	1,213	2,773
Melezler	24	444,447**	836,436**	12,861**	8,913**
GKY	4	808,410**	2694,327**	7,200	9,377**
ÖKY	10	313,275**	494,715**	6,270	6,358**
Resiprok	10	430,033**	435,000**	21,717**	11,283**
Maternal	4	635,083**	96,433	31,933**	3,883
No Maternal	6	293,333*	660,711**	14,906**	16,217**
Hata	48	97,662	85,786	3,449	1,523
Varyans Kaynakları	SD	Baklada Tane Sayısı		Bitkide Tane Sayısı	
Tekerrür	2	3,253	0,333	2226,013	609,760
Melezler	24	3,174**	4,630**	3281,308**	2807,274**
GKY	4	4,043**	17,593**	3720,910**	8891,460**
ÖKY	10	1,668	2,075	1270,808	1574,258*
Resiprok	10	4,333**	2,000	5115,967**	1606,617*
Maternal	4	6,717**	2,800	8463,217**	1872,467*
No Maternal	6	2,744*	1,467	2884,467**	1429,383
Hata	48	0,948	1,292	829,291	637,579
Varyans Kaynakları	SD	Bitkide Biyolojik Verim		Bitkide Tane Verimi	
Tekerrür	2	145,106	31,606	148,094	32,557
Melezler	24	328,908**	207,320**	337,374**	263,813**
GKY	4	318,606**	871,705**	308,928**	1193,504**
ÖKY	10	308,854**	38,946	340,634**	45,145
Resiprok	10	353,083**	109,939**	345,492**	110,605**
Maternal	4	616,883**	116,912*	612,509**	122,176*
No Maternal	6	177,216*	105,291*	167,481**	102,890*
Hata	48	57,954	37,629	49,846	37,814
Varyans Kaynakları	SD	Yüz Tane Ağırlığı		Hasat İndeksi	
Tekerrür	2	3,060	3,552	47,563	7,596
Melezler	24	55,335**	77,959**	133,413**	186,240**
GKY	4	91,111**	263,177**	116,414**	877,206**
ÖKY	10	73,080**	46,128**	129,107**	31,474
Resiprok	10	23,280**	35,703**	144,519**	64,620**
Maternal	4	33,156**	18,312**	258,220**	84,911**
No Maternal	6	16,697**	47,297**	68,719*	51,092*
Hata	48	4,796	2,654	25,080	18,658
Varyans Kaynakları	SD	Protein Oranı		Bitkide Protein Verimi	
Tekerrür	2	0,027	0,026	7,043	1,705
Melezler	24	4,264**	4,260**	13,720**	14,107**
GKY	4	7,446**	7,440**	14,451**	62,263**
ÖKY	10	1,654**	1,651**	13,407**	2,689
Resiprok	10	5,601**	5,597**	13,741**	6,263**
Maternal	4	6,414**	6,411**	22,969**	6,533*
No Maternal	6	5,059**	5,052**	7,589*	6,082*
Hata	48	0,030	0,029	2,673	1,903

* : %5 düzeyinde önemli; ** : %1 düzeyinde önemli

Hem F₁ hem de F₂ melezlerinde bitkide tane sayısının varyansı oldukça yüksek bulunmuştur. GK Y, bu özelliğin kalıtsal aktarımında büyük bir etkiye sahiptir, ancak ÖKY'nin etkisi daha düşük seviyede kalmıştır. Resiprok etkiler de belirgin olup, bazı ebeveynlerin genetik katkıları öne çıkmaktadır (Çizelge 4.1).

Biyolojik verim açısından F_1 ve F_2 melezleri arasında önemli farklılıklar saptanmıştır. GKY'nin F_2 melezlerinde daha yüksek çıkması, biyolojik verimin genetik olarak aktarılabilir bir özellik olduğunu ortaya koymaktadır. ÖKY ve resiprok etkiler de biyolojik verim üzerinde belirgin bir rol oynamıştır (Çizelge 4.1).

Tane verimi hem F_1 hem de F_2 melezlerinde yüksek varyasyon göstermiştir. GKY, özellikle F_2 melezlerinde belirgin bir şekilde daha etkili olurken, ÖKY daha düşük düzeyde kalmıştır. Resiprok ve maternal etkiler de tane verimi üzerinde önemli rol oynamaktadır, bu da ebeveynlerin etkilerinin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir (Çizelge 4.1).

Yüz tane ağırlığı hem F_1 hem de F_2 melezlerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş olup, özellikle GKY'nin F_2 melezlerinde daha yüksek olması dikkat çekicidir. ÖKY ise F_1 melezlerinde daha etkili olmuştur. Resiprok ve maternal etkiler de yüz tane ağırlığını belirleyen önemli faktörler arasında yer almaktadır (Çizelge 4.1).

Hasat indeksi hem F_1 hem de F_2 melezlerinde genel olarak yüksek varyans göstermiştir. GKY'nin F_2 melezlerinde daha yüksek çıkması, hasat indeksinin kalıtsal olarak aktarılan bir özellik olduğunu ortaya koymaktadır. ÖKY ise bu özellik üzerinde daha düşük bir etki göstermiştir (Çizelge 4.1).

Protein oranı açısından hem F_1 hem de F_2 melezlerinde önemli farklar gözlemlenmiştir. GKY, bu özelliğin kalıtsal aktarımında belirgin bir etkiye sahip olup, resiprok etkiler de protein oranı üzerinde önemli bulunmuştur. Maternal etkiler de dikkate değer düzeydedir (Çizelge 4.1).

Protein verimi açısından hem F_1 hem de F_2 melezleri önemli varyasyonlar göstermiştir. GKY, bu özelliğin kalıtsal aktarımında önemli bir rol oynamaktadır. Resiprok ve maternal etkiler de protein verimi üzerinde etkili olup, genetik kontrolün güçlü olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.1).

Bu sonuçlar, farklı melez kombinasyonlarının tarımsal özellikler üzerindeki genetik etkilerini ortaya koyarak, gelecekteki ıslah çalışmalarına rehberlik etmektedir.

4.1. Bitki Boyu

Bitki boyu, bitkisel üretimde hem biyokütle verimi hem de ışık alma kapasitesi gibi agronomik faktörler üzerinde doğrudan etkili olan, aynı zamanda yatma direnci ve hasat kolaylığı açısından da kritik öneme sahip temel morfolojik özelliklerden biridir (Ceyhan, 2004). F₁ jenerasyonunda, ebeveynler arasında en yüksek bitki boyu Compana (90.67 cm) ve Serge (86.33 cm) tarafından gösterilmiştir. Bu iki ebeveynin değerleri diğerlerine göre belirgin şekilde yüksektir. En düşük bitki boyu ise Boggie (54.33 cm) ve Jofs (54 cm) tarafından kaydedilmiştir. F₁ hibritler arasında en yüksek bitki boyu “Compana x Serge” (92.00 cm) tarafından sağlanmıştır. “Ultrillo x Serge” (88.33 cm) ve “Jofs x Compana” (85.00 cm) da yüksek bitki boyuna sahip diğer önemli hibritlerdir (Çizelge 4.2). En düşük bitki boyu ise “Compana x Ultrillo” (53.33 cm) tarafından görülmüştür. Bu sonuç, Compana’nın Ultrillo ile kombinasyonunda beklenmedik bir şekilde düşük performans sergilediğini göstermektedir.

Genel olarak, F₁ hibritlerinde Compana ve Serge’nin etkili olduğu, özellikle bu ebeveynlerin yüksek performanslı kombinasyonlar oluşturduğu gözlenmiştir. Bunun yanı sıra, Boggie ve Jofs’un dahil olduğu kombinasyonlarda genellikle daha düşük bitki boyları kaydedilmiştir.

Çizelge 4.2. Tam diallel melez setinde bitki boyu ile ilgili ortalama değerler (cm)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	54,33^{gh}	65,00 ^{d-h}	78,00 ^{a-f}	75,00 ^{a-f}	67,33 ^{c-h}
Compana	67,33 ^{c-h}	90,67^{ab}	92,00 ^a	83,33 ^{a-d}	53,33 ^h
Serge	69,67 ^{b-h}	59,00 ^{fgh}	86,33^{a-d}	82,00 ^{a-e}	59,00 ^{fgh}
Jofs	54,33 ^{gh}	85,00 ^{a-d}	76,67 ^{a-f}	54,00^{gh}	73,33 ^{a-h}
Ultrillo	61,67 ^{e-h}	71,67 ^{a-h}	88,33 ^{abc}	77,33 ^{a-f}	70,67^{a-h}
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	54,33^{hij}	51,33 ^{ij}	91,33 ^{bc}	76,67 ^{c-f}	51,00 ^j
Compana	66,00 ^{e-j}	66,67^{e-j}	70,67 ^{d-i}	63,67 ^{f-j}	55,00 ^{g-j}
Serge	70,33 ^{d-i}	46,67 ^j	114,67^a	105,33 ^{ab}	84,67 ^{cde}
Jofs	69,33 ^{d-i}	86,00 ^{b-e}	88,33 ^{bcd}	66,67^{e-j}	77,67 ^{c-f}
Ultrillo	77,67 ^{c-f}	55,00 ^{g-j}	75,00 ^{c-g}	82,33 ^{c-f}	71,67^{e-h}

Diyagonallerdeki değerler Ebeveynler, diğerleri Melez değerleridir.

F₂ jenerasyonunda, ebeveynlerden en yüksek bitki boyu Serge (114.67 cm) tarafından sağlanmıştır. Bu değer, Serge’nin F₁’e göre performansını artırdığını göstermektedir. Compana (66.67 cm) ve Jofs (66.67 cm) bitki boylarında belirgin bir düşüş yaşamış, Boggie (54.33 cm) sabit kalmış, Ultrillo ise hafif bir artış göstererek 71,67 cm’ye ulaşmıştır. Hibritler arasında en yüksek bitki boyu “Serge x Jofs” (105.33 cm) kombinasyonu tarafından sağlanmıştır. Bu hibrit, F₁’de de nispeten yüksek bir

değere sahip olup, F₂'de performansını artırmıştır. “Jofs x Compana” (86.00 cm) ve “Boggie x Serge” (91.33 cm) de yüksek bitki boylarına sahip diğer hibritlerdir. En düşük bitki boyu ise “Serge x Compana” (46.67 cm) kombinasyonunda görülmüştür. Bu durum, F₁'deki orta düzeydeki performansın F₂'de ciddi bir düşüş yaşadığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, “Boggie x Ultrillo” (51.00 cm) ve “Compana x Ultrillo” (55.00 cm) da düşük bitki boyuna sahip hibritler arasında yer almıştır (Çizelge 4.2).

F₂ döneminde genetik ayrışma daha belirgin hale geldiği için hibrit performanslarında geniş bir varyasyon görülmüştür. Serge, F₂'de en yüksek performansı sergileyen ebeveyn olarak dikkat çekerken, bazı hibritlerde (Serge x Compana) performansın ciddi şekilde düştüğü gözlenmiştir.

F₁ ve F₂ generasyonları karşılaştırıldığında, Serge hem ebeveyn olarak hem de hibritlerde yüksek bitki boyu performansı göstermiştir. F₁'de en yüksek performansı gösteren “Compana x Serge” ve “Ultrillo x Serge” hibritleri, F₂'de genetik ayrışma nedeniyle daha düşük performans sergilemiştir. Bununla birlikte, F₂'de “Serge x Jofs” hibriti en yüksek performansı göstermiştir. F₁'e göre F₂ döneminde genetik ayrışmanın etkisiyle performansın hem olumlu hem de olumsuz yönde değiştiği görülmüştür. Özellikle Serge, yüksek katkısıyla hibritlerde öne çıkarken, Compana ve Boggie'nin bazı kombinasyonlarında düşüş gözlenmiştir. Bu durum, hibrit geliştirme çalışmalarında genetik varyasyonun etkilerinin dikkatlice analiz edilmesi gerektiğini göstermektedir.

F₁'de gözlenen yüksek performanslı hibritlerin F₂ jenerasyonunda benzer performansı koruyamaması, Kapur (2007); Dalgıç ve Ceyhan (2018); Sharma ve ark. (2023) tarafından da vurgulanan dominant × dominant epistatik etkileşmelerin ve genetik ayrışmanın erken nesil seleksiyonlarında sınırlayıcı etki yaratabileceğini desteklemektedir. F₂ jenerasyonunda ayrışma sonucu bazı kombinasyonlarda beklenmeyen düşük değerlerin gözlenmesi, genetik istikrarın sağlanabilmesi adına ileri seleksiyon basamaklarında tekrarlı değerlendirmelerin gerekliliğini ortaya koymaktadır (Ceyhan, 2004; Ceyhan ve Avcı, 2005b; Ceyhan ve ark., 2008; Dalgıç ve Ceyhan, 2018; Gündoğan ve Ceyhan, 2018). F₁'de gözlenen yüksek performanslı hibritlerin F₂ jenerasyonunda benzer performansı koruyamaması, Kapur (2007); Sharma ve ark. (2023) tarafından da vurgulanan dominant × dominant epistatik etkileşmelerin ve genetik ayrışmanın erken nesil seleksiyonlarında sınırlayıcı etki yaratabileceğini desteklemektedir. F₂ jenerasyonunda ayrışma sonucu bazı kombinasyonlarda beklenmeyen düşük değerlerin gözlenmesi, genetik istikrarın sağlanabilmesi adına ileri

seleksiyon basamaklarında tekrarlı değerlendirmelerin gerekliliğini ortaya koymaktadır (Ceyhan ve Avcı, 2005b; Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

F₁ jenerasyonunda bitki boyu ile ilgili genetik genel kombinasyon yeteneği (v^2GKY) varyansı 16.85 ve etki yüzdesi %8.41 ile düşük seviyede olup, eklemeli gen etkilerinin bitki boyu üzerindeki sınırlı katkısını göstermektedir. Buna karşın, özel kombinasyon yeteneği ($v^2ÖKY$) varyansı 43.08 ve etki yüzdesi %21.51 ile daha yüksektir, bu da eklemeli olmayan gen etkilerinin (dominant ve epistatik etkiler) F₁'de baskın olduğunu ve özel ebeveyn kombinasyonlarının bitki boyu üzerindeki etkisinin önemli olduğunu ifade etmektedir. Resiprok etkiler 11.39 varyans değeri ve %5,69 etki yüzdesi ile belirgin bir düzeyde olup, anne ve baba genetik katkılarının farklılıklarının etkili olduğunu göstermektedir. $v^2GKY/v^2ÖKY$ oranı 32.87 ile genel kombinasyon yeteneğinin özel kombinasyon yeteneğine göre daha düşük olduğunu ve heterosis etkisinin baskın olduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 4.3). Lejeune-Henaut ve ark. (1992), bezelyede F₁ melezlerinin özellikle bitki boyu gibi verimle ilişkili karakterlerde %20'nin üzerinde heterosis gösterdiğini bildirmiştir. Benzer şekilde, Sarawat ve ark. (1994); Pandey ve ark. (2006), dominant ve özel kombinasyonların bitki boyu üzerinde baskın olduğunu ve heterozisin özellikle düşük verimli çevrelerde daha belirgin ifade edildiğini vurgulamışlardır. Baker oranı %44 ile eklemeli gen etkilerinin sınırlı düzeyde tahmin edilebilir olduğunu, çevresel ve eklemeli olmayan etkilerin daha baskın olduğunu göstermektedir. Dar anlamda kalıtım derecesi (h^2) %15, geniş anlamda kalıtım derecesi (H^2) %34 olup genetik varyansın büyük ölçüde dominant ve epistatik etkilere dayandığını ifade etmektedir (Çizelge 4.3). Bourion ve ark. (2002); Ceyhan (2004); Taşyürek ve Ceyhan (2022) tarafından bildirilen, bitki boyu üzerinde dominant etkilerin ağırlıklı olduğu bulgularla paraleldir.

Çizelge 4.3. Tam diallel melez setinde bitki boyu ile ilgili genetik komponentler

Genetik Komponent	F ₁ Jenerasyonu		F ₂ Jenerasyonu	
	Varyans	Etki %	Varyans	Etki %
v^2GKY	16,85	8,41	73,97	22,00
$v^2ÖKY$	43,08	21,51	81,28	24,17
Resiprok	11,39	5,69	0,01	0,00
$v^2GKY / v^2ÖKY$	32,87	16,41	95,94	28,53
D	33,70		147,94	
H	43,08		81,28	
$H/D^{1/2}$	0,39		0,91	
Baker Oranı	0,44		0,65	
h^2	0,15		0,36	
H^2	0,34		0,56	

F₂ jenerasyonunda genel kombinasyon yeteneği (v2GKY) varyansı 73.97 ve etki yüzdesi %22.00 ile önemli ölçüde artmış, bu da eklemeli gen etkilerinin bitki boyu üzerindeki katkısının F₂'de daha baskın hale geldiğini göstermektedir. Özel kombinasyon yeteneği (v2ÖKY) varyansı 81.28 ve etki yüzdesi %24.17 ile hala yüksek bir seviyede olmasına rağmen, genel kombinasyon yeteneği ile daha dengeli bir hale gelmiştir. Bu durum, eklemeli olmayan gen etkilerinin öneminin azaldığını ve genetik varyansın daha tahmin edilebilir hale geldiğini göstermektedir. Resiprok etkiler 0.01 varyans değeri ile F₂'de tamamen önemsiz hale gelmiştir, bu da anne ve baba genetik katkıları arasındaki farklılıkların etkisini kaybettiğini ifade etmektedir. v2GKY/v2ÖKY oranı 95.94 ile genel kombinasyon yeteneğinin özel kombinasyon yeteneğine göre daha etkili olduğunu ve eklemeli gen etkilerinin F₂'de baskın olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.3). Bu sonuç, Ceyhan ve Avcı (2005b); Kapur (2007) tarafından bildirilen, F₂ jenerasyonlarında dominant etkilerin ayrıştığı ve eklemeli etkilerin daha fazla ortaya çıktığı yönündeki bulgularla örtüşmektedir. Aynı şekilde Sharma ve ark. (2023), GGE biplot analizlerinde F₂'de genetik performansların daha öngörülebilir hale geldiğini göstermiştir. Baker oranı %65 ile genetik varyansın büyük ölçüde tahmin edilebilir olduğunu ve eklemeli gen etkilerinin arttığını ortaya koymaktadır. Dar anlamda kalıtım derecesi %36, geniş anlamda kalıtım derecesi %56 ile genetik aktarımın güçlendiğini ve eklemeli gen etkilerinin genetik ilerleme için daha uygun bir yapı sunduğunu göstermektedir (Çizelge 4.3). Halil ve Uzun (2019; 2020), benzer şekilde F₂ jenerasyonlarında bitki boyunun yüksek GKY ve kalıtım derecesi ile yönlendirilebileceğini bildirmiştir. Ayrıca Ceyhan ve Avcı (2005a); Ceyhan ve Kahraman (2013), bitki boyunun ortalama dominantlık derecesinin 1'in üzerinde olduğunu ve aşırı dominantlığın F₁'de etkili olduğunu, ancak F₂'de bu etkinin zayıflayarak seleksiyonla daha iyi yönetilebileceğini vurgulamışlardır.

Bu çalışma bezelyede bitki boyu özelliğinin F₁ jenerasyonunda dominant ve epistatik (eklemeli olmayan) etkilerle, F₂ jenerasyonunda ise eklemeli genetik etkilerle daha yoğun bir şekilde kontrol edildiğini göstermektedir. F₁ jenerasyonu üstün hibrit kombinasyonlarının belirlenmesi açısından önemli bir kaynak sağlarken, F₂ jenerasyonu seleksiyon ve genetik ilerleme için daha uygun bir yapı sunmaktadır. Özellikle Serge gibi yüksek GKY katkısı sunan genotiplerin her iki jenerasyonda da genetik kazanç açısından değerli olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, hem heterosis etkisinin hem de kalıtım bileşenlerinin jenerasyonlar arası dikkatle değerlendirilmesi gerektiğini ve ıslah stratejilerinin bu doğrultuda şekillendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

F₁ jenerasyonunda GKY sonuçları incelendiğinde, Serge'nin bitki boyuna olan katkısının en yüksek ve anlamlı olduğu görülmektedir (5.920*). Boggie ise -7.113* ile bitki boyunu olumsuz etkileyen bir ebeveyn olarak öne çıkmaktadır (Çizelge 4.4). Bu sonuç, Ceyhan (2004); Ceyhan ve Avcı (2005b); Singh ve ark. (2007); Ateş ve Ceyhan (2016); Sharma ve ark. (2023); Yadav ve ark. (2023) tarafından bildirilen, yüksek GKY değerine sahip genotiplerin bitki boyuna olumlu etki sağladığı çalışmaları desteklemektedir. Compana'nın katkısı pozitif olsa da anlamlı değildir (3.987). Jofs (-0,313) ve Ultrillo (-2.48) da anlamlı bir etki göstermemiştir (Çizelge 4.4). Bu sonuçlar, Serge'nin F₁ hibritlerinde bitki boyuna olumlu katkı sağladığını, Boggie'nin ise olumsuz bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.4. Tam diallel melez setinde bitki boyu ile ilgili kombinasyon kabiliyetleri

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	-7,113*	-2,520	3,213	0,280	2,280
Compana	1,167	3,987	-6,220	8,680*	-10,820**
Serge	-4,167	-16,500**	5,920*	1,913	-1,587
Jofs	-10,333**	0,833	-2,667	-0,313	6,313
Ultrillo	-2,833	9,167**	14,667**	2,000	-2,480
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	-6,487*	2,387	1,153	1,220	0,653
Compana	7,333**	-9,953**	-17,547**	6,520	-5,213
Serge	-10,500**	-12,000**	13,447**	5,120	-3,780
Jofs	-3,667	11,167**	-8,500**	5,547*	4,287
Ultrillo	13,333**	0,000	4,833*	-2,333	-2,553

Diyagonallerdeki değerler GKY, köşegen üstü ÖKY, köşegen altı Resiprokal etkileridir.

F₂ jenerasyonunda GKY sonuçları daha belirgin hale gelmiştir. Serge'nin bitki boyuna olan katkısı 13.447** ile en yüksek ve anlamlı değerlerden birine ulaşmıştır (Çizelge 4.4). Bu durum, Gupta et al. (2024), Ceyhan & Kahraman (2013) ve Dalgıç & Ceyhan (2018) tarafından bildirilen F₂ jenerasyonunda artan eklemeli genetik kontrol ile uyumludur. Buna karşın, Compana (-9.953**) ve Boggie (-6.487*) bitki boyuna olumsuz katkılar yapmaya devam etmiştir (Çizelge 4.4). Bu sonuçlar, Halil ve Uzun (2019) tarafından yapılan benzer GKY analizlerinde bildirilen negatif katkı eğilimleriyle örtüşmektedir. Jofs (5.547*) pozitif ve anlamlı bir etki gösterirken, Ultrillo (-2.553) anlamlı bir etki göstermemiştir. Bu sonuçlar, Serge'nin F₂ jenerasyonunda da olumlu katkısını sürdürdüğünü, Compana ve Boggie'nin ise özellikle bu dönemde bitki boyunu düşürdüğünü ortaya koymaktadır.

ÖKY açısından değerlendirildiğinde, F₁ hibritleri arasında en yüksek pozitif etkiyi "Ultrillo x Serge" kombinasyonu sağlamıştır (14.667**). Bu hibrit, bitki boyunu

artırmada oldukça etkili olmuştur (Çizelge 4.4). Bu sonuç, Sarawat et al. (1994) ve Kapur (2007) gibi araştırmacıların da vurguladığı üzere, belirli kombinasyonların dominant etkileşimler yoluyla F_1 'de yüksek performans sergileyebileceğini göstermektedir. Buna karşın, “Jofs x Boggie” (-10.333**) ve “Compana x Ultrillo” (-10.820**) kombinasyonları negatif ve anlamlı etkiler göstermiştir (Çizelge 4.4). Bu bulgular, ÖKY varyansının yüksek olduğu hibritlerde belirli kombinasyonların üstün veya zayıf performans gösterebileceğini, yani özel ebeveyn eşleşmelerinin kritik önem taşıdığını vurgulamaktadır (Pandey ve ark., 2006; Suman ve ark., 2017; Dalgıç ve Ceyhan, 2018; Gupta ve ark., 2024). Resiprok etkiler açısından bakıldığında, bazı kombinasyonlarda farklılıklar dikkati çekmektedir. “Compana x Boggie” (1.167) ve “Boggie x Compana” (-2.52) arasında belirgin bir fark bulunmamaktadır (Çizelge 4.4). Genel olarak, F_1 jenerasyonunda Ultrillo ve Serge'nin olumlu katkıları ön plandayken, Compana ve Boggie'nin belirli kombinasyonlarda negatif etkileri göze çarpmaktadır.

F_2 hibritlerinde ÖKY sonuçları daha geniş bir varyasyon göstermiştir. “Ultrillo x Boggie” melez kombinasyonu 13.333** ile en yüksek pozitif etkilerden birini sağlarken, “Compana x Serge” (-17.547**) ve “Serge x Compana” (-12.000**) hibritleri en olumsuz değerlere sahip olmuştur (Çizelge 4.4). Bununla birlikte, “Compana x Boggie” (7.333**) pozitif ve anlamlı bir etki göstermiştir. Lejeune-Henaut et al. (1992) ve Kapur (2007), F_2 jenerasyonunda epistatik ve dominantsal etkileşimlerin çözülmesiyle birlikte bazı hibrit kombinasyonlarının performanslarının gerileyebileceğini bildirmiştir. Resiprok etkiler açısından, “Compana x Boggie” (7.333**) ile “Boggie x Compana” (2.387) arasında fark bulunması, resiprok etkilerin F_2 jenerasyonunda daha belirgin hale geldiğini göstermektedir. Benzer şekilde, “Ultrillo x Serge” (4.833*) ve “Serge x Ultrillo” (-1.587) melez kombinasyonlarında da farklılıklar gözlenmiştir (Çizelge 4.4). Bu durum, Halil ve Uzun (2020) tarafından da vurgulandığı üzere, F_2 jenerasyonunda maternal ve paternal etkileşimlerin bazı kombinasyonlar üzerinde farklılaşabileceğini göstermektedir.

Genel olarak, F_2 jenerasyonunda genetik ayrışma nedeniyle bazı hibritlerin performansı F_1 'e göre iyileşmiş, bazıları ise daha kötü performans göstermiştir. Özellikle Serge ve Ultrillo gibi ebeveynlerin F_2 hibritlerinde bitki boyuna olan katkıları dikkat çekerken, Compana ve Boggie negatif etkileriyle öne çıkmaktadır. “Ultrillo x Boggie” ve “Compana x Boggie” gibi kombinasyonlar F_2 jenerasyonunda yüksek performans göstermiştir. Bu durum, F_2 'de hibritlerin performansını değerlendirmek için detaylı analizlerin önemini göstermektedir.

F₁ jenerasyonunda, “Boggie x Jofs” kombinasyonu (%38.46**) en yüksek pozitif heterosis değeriyle dikkat çekmektedir. Bu kombinasyon, melez üstünlüğünün önemli bir örneği olarak öne çıkmaktadır. “Jofs x Ultrillo” (%17.65*) ve “Ultrillo x Jofs” (%24.06**) melez kombinasyonları da pozitif heterosis değerleri ile iyi performans göstermiştir (Çizelge 4.5). Sarawat ve ark. (1994); Ceyhan (2004); Pandey ve ark. (2006); Gündoğan ve Ceyhan (2018); Gupta ve ark. (2024) çalışmasında da bazı melezlerde bitki boyu için pozitif heterosisin yüksek olduğu ve bunun özellikle özel kombinasyonlara bağlı geliştiği vurgulanmıştır. Bununla birlikte, “Compana x Ultrillo” (-33.88**) ve “Serge x Compana” (-33.33**) kombinasyonları gibi bazı melezlerde negatif heterosis değerleri gözlenmiştir (Çizelge 4.5). Bu sonuçlar, bu kombinasyonların genetik uyumsuzluk veya olumsuz allelik etkileşimler nedeniyle üstünlük göstermediğini, aksine heterotik kayıplara neden olduğunu ortaya koymaktadır. Kapur (2007); Yadav ve ark. (2023) de bazı melezlerde negatif heterosisin, epistatik etkileşimlerin uyumsuzluğu nedeniyle ortaya çıkabileceğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.5. Tam diallel melez setinde bitki boyu ile ilgili heterosis değerleri (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	----	-10,34	10,90	38,46**	7,73
Compana	-7,13	----	3,95	15,21*	-33,88**
Serge	-0,95	-33,33**	----	16,86*	-24,84**
Jofs	0,31	17,51*	9,26	----	17,65*
Ultrillo	-1,33	-11,16	12,53	24,06**	----
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	----	-15,15**	8,09*	26,72**	-19,05**
Compana	9,09*	----	-22,06**	-4,50	-20,48**
Serge	-16,77**	-48,53**	----	16,18**	-9,12***
Jofs	14,60**	29,00**	-2,57	----	12,29**
Ultrillo	23,28**	-20,48**	-19,50**	19,04**	----

F₂ jenerasyonunda ise heterosis değerlerinde önemli değişimler görülmektedir. “Boggie x Jofs” (%26.72**) ve “Ultrillo x Boggie” (%23.28**) kombinasyonları F₂’de yüksek pozitif heterosis değerleriyle üstünlüklerini korumuşlardır. “Jofs x Compana” (%29.00**) kombinasyonu, F₂’de en yüksek pozitif heterosis değerlerinden birini göstermiştir, bu da bu kombinasyonun genetik çeşitlilikten faydalandığını ortaya koymaktadır (Çizelge 4.5). Bu bulgular, bazı kombinasyonlarda segregasyonun olumlu yönde etkili olduğunu ve rekombinasyon yoluyla avantajlı allel kombinasyonlarının ortaya çıkabildiğini göstermektedir. Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018) da, F₂ jenerasyonlarında bazı kombinasyonlarda F₁’e benzer hatta üstün performanslar

gözlenebileceğini, bunun da epistatik gen etkilerinin F_2 'de sabitlenmesiyle ilişkili olabileceğini belirtmiştir. Bununla birlikte, “Serge x Compana” (-48.53**) ve “Compana x Serge” (-22.06**) gibi bazı kombinasyonlar F_2 'de önemli negatif heterosis değerleri sergilemiş, bu da segregasyon ve rekombinasyon süreci sonucunda genetik üstünlüğünü kaybederek performans düşüklüğü göstermiştir (Çizelge 4.5). Bu durum, Kapur (2007); Sharma ve ark. (2023) tarafından vurgulanan çift epistatik etkileşimlerin F_1 'de pozitif etki yaparken, F_2 'de bozulabileceği yönündeki bulgularla tutarlıdır. Ayrıca, Gupta ve ark. (2024) F_2 'de negatif heterosisin, melez uyumsuzluğu ve alel segregasyonları sonucunda ortaya çıkabileceğini ifade etmiştir.

F_1 ve F_2 jenerasyonlarının karşılaştırılması, heterosis etkisinin her iki jenerasyonda da farklı şekilde şekillendiğini ortaya koymuştur. F_2 'de gözlenen heterosis değerlerinin daha geniş bir dağılım göstermesi, genetik ayrışmanın etkilerini, heterotik etkileşimlerin ya sabitlendiğini ya da bozulduğunu göstermektedir. “Boggie x Jofs” ve “Jofs x Compana” gibi kombinasyonlar her iki jenerasyonda da yüksek pozitif heterosis değerleriyle öne çıkarken, “Compana x Ultrillo” ve “Serge x Compana” gibi kombinasyonlarda hem F_1 hem F_2 'de negatif değerler gözlenmiştir (Çizelge 4.5). Bu durum, ıslah programlarında ebeveyn seçiminin yalnızca genotipik ortalamalara değil, aynı zamanda özel kombinasyonların genetik uyumuna dayalı olarak yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır (Ceyhan, 2004; Ceyhan ve Avcı, 2005b; Halil ve Uzun, 2019).

Bu çalışma heterosis etkisinin bitki boyu gibi kompleks kantitatif karakterler üzerinde jenerasyonlara göre değişebildiğini ve belirli kombinasyonlarda kalıcı olabileceğini göstermiştir. F_1 jenerasyonunda heterosis etkisi yüksek olan kombinasyonların F_2 'de sabitlenebilmesi, özellikle “Boggie x Jofs” ve “Jofs x Compana” gibi eşleşmelerde mümkün görünmektedir. Buna karşılık, genetik uyumsuzluk sergileyen kombinasyonların F_2 'de daha da zayıf performans sergilemesi, bu tür eşleşmelerin ileri ıslah aşamalarında elenmesi gerektiğini göstermektedir. Heterosis verileri, genetik ilerleme hedefli hibrit geliştirme çalışmalarında ebeveyn seçimi ve kombinasyon performansı değerlendirmelerinde stratejik bir araç olarak kullanılmalıdır.

F_1 jenerasyonunda, “Boggie x Jofs” kombinasyonu (%38.04**) en yüksek pozitif heterobeltiosis değeriyle dikkat çekmektedir. Bu durum, bu melezin ebeveynlere göre belirgin bir üstünlük sergilediğini göstermektedir (Çizelge 4.6). Bu sonuç, Lejeune-Henaut ve ark. (1992); Ceyhan (2004) tarafından bildirilen, F_1 melezlerinde

özellikle verimle ilişkili morfolojik karakterlerde en iyi ebeveyni aşan üstünlüklerin gözlenebileceği yönündeki bulgularla tutarlıdır. Ayrıca, Sarawat ve ark. (1994) çalışmasında da bazı line $\times$ tester kombinasyonlarının yüksek heterobeltiosis sergileyerek hibrit geliştirme potansiyeli taşıdığı belirtilmiştir. “Jofs x Ultrillo” kombinasyonu da (%3.77) pozitif değer göstermiştir ancak bu etkiler daha sınırlıdır. Öte yandan, “Compana x Ultrillo” (-41.18**), “Boggie x Compana” (-28.31**), ve “Serge x Compana” (-34.93**) gibi kombinasyonlarda negatif heterobeltiosis gözlemlenmiştir (Çizelge 4.6). Bu durum, bazı melezlerde genetik uyum eksikliğinin veya genetik antagonizmanın baskın olduğunu göstermektedir. Sarawat ve ark. (1994); Kapur (2007), melez üstünlüğünün her kombinasyonda gözlenmediğini, bazı eşleşmelerin heterotik potansiyele sahip olmadığını ve bu kombinasyonların olumsuz rekombinasyon etkileri nedeniyle düşük performans sergileyebileceğini belirtmişlerdir. Genel olarak, F₁’de negatif heterobeltiosis değerleri daha yaygındır ancak yüksek pozitif heterobeltiosis sergileyen birkaç kombinasyon, ıslah çalışmalarında önemli bir potansiyele işaret etmektedir.

Çizelge 4.6. Tam diallel melez setinde bitki boyu ile ilgili heterobeltiosis değerleri (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	----	-28,31**	-9,65	38,04**	-4,72
Compana	-25,74**	----	1,47	-8,09	-41,18**
Serge	-19,31*	-34,93**	----	-5,02	-31,66**
Jofs	0,00	-6,25	-11,20	----	3,77
Ultrillo	-12,74	-20,96**	2,32	9,43	----
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	----	-23,00**	-20,35**	15,00**	-28,84**
Compana	-1,00	----	-38,37**	-4,50	-23,26**
Serge	-38,66**	-59,30**	----	-8,14	-26,16**
Jofs	4,00	29,00**	-22,97**	----	8,37
Ultrillo	8,37	-23,26**	-34,59**	14,88**	----

F₂ jenerasyonunda ise heterobeltiosis değerlerinde bir değişim gözlenmektedir. “Jofs x Compana” kombinasyonu (%29.00**) F₂’de en yüksek pozitif heterobeltiosis değerine ulaşmıştır ve genetik varyasyonun etkisiyle bu kombinasyonun üstün performans sergilediği görülmektedir (Çizelge 4.6). Bu sonuç, F₁’de düşük ifade edilmiş bir heterosis potansiyelinin F₂’de açığa çıkabildiğini, yani bazı kombinasyonların genetik olarak ileri nesilde performanslarını artırabileceğini göstermektedir. Bu bulgu, Ceyhan ve Avcı (2005b); Dalgıç ve Ceyhan (2018) çalışmalarında bildirilen, F₂ jenerasyonlarında belirli kombinasyonların yüksek performans sergileyebileceği

yönündeki sonuçları desteklemektedir. Bununla birlikte, “Ultrillo x Boggie” (%8.37) ve “Jofs x Ultrillo” (%8.37) kombinasyonları da pozitif heterobeltiosis göstermiştir (Çizelge 4.6). Ancak bu pozitif etkilerin F_1 jenerasyonuna kıyasla daha sınırlı olduğu, heterobeltiosis düzeylerinde genel olarak düşüş yaşandığı gözlenmiştir. Bu durum, Sharma ve ark. (2023); Gupta ve ark. (2024) tarafından da vurgulandığı gibi, F_2 jenerasyonunda genetik varyasyonun genişlemesiyle birlikte, üstün genetik kombinasyonların seyrekleştiğini ve bu nedenle heterobeltiosis etkisinin azalabileceğini göstermektedir. Ancak F_2 jenerasyonunda negatif heterobeltiosis değerlerinin daha yaygın olduğu görülmektedir. Özellikle “Serge x Compana” (-59.30**), “Compana x Serge” (-38.37**) ve “Serge x Ultrillo” (-34.59**) gibi kombinasyonlar, genetik potansiyeldeki kayda değer düşüşleri göstermektedir. Bu bulgular, Dalgıç ve Ceyhan (2018); Yadav ve ark. (2023) tarafından bildirilen, F_2 jenerasyonunda rekombinasyon sonucu oluşan genetik çözülmenin, bazı kombinasyonlarda üstünlüğün kaybına yol açabileceği yönündeki sonuçlarla uyumludur.

F_1 ve F_2 jenerasyonlarının karşılaştırılması, heterobeltiosis etkilerinde jenerasyonlar arası değişimin belirgin olduğunu ortaya koymuştur. F_2 'de pozitif heterobeltiosis düzeyleri genellikle düşerken, negatif heterobeltiosis etkileri artmış; bu da segregasyonun melez performansını farklı yönlerde etkilediğini göstermektedir. Ancak “Boggie $\times$ Jofs” (F_1) ve “Jofs $\times$ Compana” (F_2) gibi kombinasyonların her iki jenerasyonda da yüksek pozitif değerler sergilemesi, bu kombinasyonların genetik olarak uyumlu ve ıslah açısından değerli olduğunu göstermektedir.

Heterobeltiosis değerleri, bezelyede bitki boyu gibi kantitatif özelliklerin kalıtımında sadece ebeveyn ortalamasına göre değil, en iyi ebeveyne kıyasla da üstünlük sağlamanın genetik karşılığını yansıtmaktadır. F_1 'de yüksek heterobeltiosis gösteren kombinasyonların bazıları F_2 'de bu üstünlüğü sürdüremezken, bazı kombinasyonlar F_2 'de sürpriz şekilde pozitif üstünlük sergilemiştir. Bu durum, ıslah programlarında hem F_1 hem F_2 jenerasyonlarında heterobeltiosis analizlerinin yapılmasını ve genetik kazancın sürdürülebilirliğinin buna göre planlanmasını gerekli kılmaktadır. Ayrıca, üstün genotiplerin erken seleksiyonunun yapılabilmesi için heterobeltiosis verileri önemli bir karar aracı olarak değerlendirilmelidir.

4.2. Bitkide Bakla Sayısı

Bitkide bakla sayısı, bezelye bitkisinde tane verimini doğrudan etkileyen temel verim bileşenlerinden biridir. Bu özelliğin genetik kontrolü, kombinasyon yetenekleri

ve heterosis düzeyleri üzerinden yapılan değerlendirmeler, ıslah programlarında yüksek verimli hatların seçimi açısından kritik öneme sahiptir.

F₁ jenerasyonunda, ebeveynler arasında bitkide bakla sayısına ilişkin ortalama değerler oldukça birbirine yakındır. En yüksek bakla sayısı Compana (24.67) çeşidi tarafından sağlanmış, en düşük değer ise Ultrillo (22.67 adet) çeşidinde kaydedilmiştir. Diğer ebeveynler, 23-24 aralığında benzer değerler göstermiştir (Çizelge 4.7). Bu sonuçlar, Ceyhan (2004); Ceyhan ve ark. (2008); Dalgıç ve Ceyhan (2018); Halil ve Uzun (2019); Taşyürek ve Ceyhan (2022) tarafından bildirilen, bezelyede bazı agronomik karakterlerin ebeveynlerde sınırlı varyasyon gösterse de melezlerde daha geniş aralıklarda değişebileceği bulgusuyla örtüşmektedir.

F₁ melezleri arasında en yüksek bakla sayısı “Jofs x Compana” (31.33 adet) kombinasyonunda görülmüştür. Bu hibrit, diğer kombinasyonlara kıyasla belirgin bir şekilde öne çıkmaktadır. “Ultrillo x Serge” (27.33 adet) ve “Boggie x Serge” (26.33 adet) kombinasyonları da yüksek bakla sayısına sahip hibritler arasında yer almıştır (Çizelge 4.7). Lejeune-Henaut ve ark. (1992); Kapur (2007), verimle ilişkili morfolojik karakterlerde bazı özel kombinasyonların, özellikle bitki mimarisi ve bakla gelişimi bakımından, yüksek heterotik potansiyel gösterebildiğini belirtmişlerdir. F₁’de en düşük bakla sayısı ise “Ultrillo × Jofs” (21.00 adet) kombinasyonunda gözlenmiş ve bu durum genetik uyum eksikliğine ya da resesif etkilerin erken nesilde baskın çıkmasına bağlanabilir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Tam diallel melez setinde bitkide bakla sayısı ile ilgili ortalama değerler (adet)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	24,00^{b-e}	25,00 ^{b-e}	26,33 ^{bc}	26,00 ^{bcd}	23,00 ^{cde}
Compana	24,33 ^{b-e}	24,67^{b-e}	24,00 ^{b-e}	22,00 ^{de}	22,67 ^{cde}
Serge	23,67 ^{b-e}	22,67 ^{cde}	24,33^{b-e}	22,67 ^{cde}	22,33 ^{cde}
Jofs	24,00 ^{b-e}	31,33 ^a	25,00 ^{b-e}	23,33^{b-e}	24,67 ^{b-e}
Ultrillo	23,00 ^{cde}	23,33 ^{b-e}	27,33 ^{ab}	21,00 ^e	22,67^{cde}
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	19,33^{cd}	17,67 ^{cde}	19,67 ^{bc}	18,67 ^{cde}	17,33 ^{cde}
Compana	19,67 ^{bc}	18,33^{cde}	17,67 ^{cde}	18,00 ^{cde}	16,33 ^e
Serge	18,33 ^{cde}	16,33 ^e	18,00^{cde}	24,33 ^a	16,67 ^{de}
Jofs	19,67 ^{bc}	22,33 ^{ab}	18,33 ^{cde}	18,33^{cde}	19,67 ^{bc}
Ultrillo	18,33 ^{cde}	18,67 ^{cde}	19,00 ^{cde}	19,67 ^{bc}	19,33^{cd}

Diyagonallerdeki değerler ebeveynler, diğerleri melez değerleridir

F₁ jenerasyonunda, Serge ve Compana gibi ebeveynlerin yüksek bakla sayılarına sahip melezler oluşturduğu, Ultrillo’nun ise özellikle bazı kombinasyonlarda düşük performans sergilediği belirlenmiştir. Bu durum, Ceyhan (2004); Ceyhan ve Avcı

(2005b); Pandey ve ark. (2006) tarafından da vurgulandığı üzere, sadece ebeveyn ortalamalarının değil, özel kombinasyonların etkisinin de ıslah programlarında dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

F₂ jenerasyonunda, ebeveynler arasında bakla sayısında düşüş gözlenmiştir. En yüksek bakla sayısı Boggie ve Ultrillo (19.33 adet) çeşitleri tarafından sağlanırken, en düşük değer ise Serge (18.00 adet) çeşidinde kaydedilmiştir (Çizelge 4.7).

Hibritler arasında en yüksek bakla sayısı “Serge x Jofs” (24.33 adet) kombinasyonunda gözlenmiştir (Çizelge 4.7). Bu hibrit, F₂ jenerasyonunda performansını artırmış ve diğer kombinasyonlara kıyasla en yüksek verimi sağlamıştır. Bu bulgular, Dalgıç ve Ceyhan (2018); Yadav ve ark. (2023) tarafından bildirilen, bazı hibrit kombinasyonlarının F₂ jenerasyonunda da seleksiyon açısından yüksek potansiyele sahip olabileceği yönündeki verileri desteklemektedir. “Jofs x Compana” (22.33 adet) ve “Boggie x Serge” (19.67 adet) de yüksek bakla sayısına sahip diğer hibritlerdir. En düşük bakla sayısı ise “Compana x Ultrillo” (16.33 adet) ve “Serge x Compana” (16.33 adet) melez kombinasyonlarında gözlenmiştir (Çizelge 4.7). Bu durum, F₂ jenerasyonunda epistatik ve dominant etkilerin çözülmesi sonucu genetik uyumsuzlukların daha açık şekilde ifade bulunduğunu göstermektedir (Kapur, 2007; Sharma ve ark., 2023).

F₁ ve F₂ jenerasyonlarının karşılaştırılması, genetik ayrışmanın etkilerini net şekilde ortaya koymuştur. F₁'de bakla sayısı daha dengeli ve genellikle yüksek düzeydeyken, F₂ jenerasyonunda varyasyon genişlemiş ve ortalama bakla sayısı düşmüştür. Bu durum, Halil ve Uzun (2020); Gupta ve ark. (2024) çalışmalarında belirtildiği gibi, erken jenerasyonlarda gözlenen üstünlüklerin F₂'de sabitlenememesi durumunda seleksiyon baskısına ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır.

F₁'de en yüksek performansı gösteren “Jofs × Compana” kombinasyonu, F₂'de de yüksek kalmış ancak bakla sayısında belirgin bir düşüş gözlenmiştir. Buna karşılık, “Serge × Jofs” kombinasyonu F₂'de en yüksek değere ulaşmış ve bu da genetik açılımın bazı kombinasyonlar için avantaj sağlayabileceğini göstermektedir. Bu bulgular, Ceyhan (2004); Ceyhan ve ark. (2008); Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından bildirilen, genetik varyasyonun melez kombinasyon performanslarını jenerasyonlara göre farklılaştırabileceği yönündeki görüşlerle paralellik göstermektedir.

Jofs ebeveyni, her iki jenerasyonda da pozitif katkılar sağlayan bir genotip olarak öne çıkmıştır. Compana ve Serge, F₁ jenerasyonunda olumlu etkiler göstermiş ancak F₂'de bazı kombinasyonlarda performans kaybı yaşanmıştır. Bu durum, hibrit

seçiminde genetik ayrışmanın ve kombinasyonların stabilitesinin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Bakla sayısı gibi önemli verim bileşenlerinin sürdürülebilir seleksiyona konu edilebilmesi için erken jenerasyon verilerinin ileri nesillerle desteklenmesi ve çoklu çevrelerde değerlendirilmesi gereklidir.

F₁ jenerasyonunda genel kombinasyon yeteneği (v^2GKY) varyansı 0.04 ve etki yüzdesi %0.55 gibi oldukça düşük düzeyde kalmıştır. Bu bulgu, bakla sayısının genetik kontrolünde eklemeli gen etkilerinin sınırlı rol oynadığını göstermektedir. Öte yandan, özel kombinasyon yeteneği ($v^2ÖKY$) varyansı 0.58 ve etki yüzdesi %8.93 ile anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Bu durum, dominant ve epistatik gen etkilerinin F₁ jenerasyonunda baskın olduğunu ve melez kombinasyonlarının performansının büyük ölçüde eklemeli olmayan etkileşimlerden kaynaklandığını ortaya koymaktadır (Çizelge 4.8). Literatürde Lejeune-Henaut ve ark. (1992); Sarawat ve ark. (1994); Sharma ve ark. (2023) tarafından da benzer şekilde, bazı verim bileşenlerinin özellikle F₁ jenerasyonunda heterosis ve özel kombinasyon etkileriyle kontrol edildiği vurgulanmıştır. F₁ jenerasyonunda resiprok etkiler 0.57 varyans değeri ve %8.78 etki yüzdesi ile istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bulunmuş; bu durum, ebeveynlerin çaprazlama yönüne bağlı olarak bakla sayısında farklılıklar oluşabileceğini göstermektedir (Çizelge 4.8). Bu bulgu, Ceyhan ve ark. (2008); Ateş ve Ceyhan (2016); Dalgıç ve Ceyhan (2018) çalışmalarında ifade edilen, maternal etkilerin erken jenerasyonlardaki önemini desteklemektedir. Genel ve özel kombinasyon yeteneği oranı ($v^2GKY/v^2ÖKY$) 1.2 olup, özel kombinasyon yeteneği hâlâ daha baskın durumdadır. Baker oranının %11 gibi oldukça düşük bir seviyede kalması, genetik varyansın büyük ölçüde çevresel ve eklemeli olmayan etkilere bağlı olduğunu ve ıslah açısından tahmin edilebilirliğin zayıf olduğunu ortaya koymaktadır. Dar anlamda kalıtım derecesi (h^2) %1 ve geniş anlamda kalıtım derecesi (H^2) %9 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.8); bu da F₁ jenerasyonunda seçim etkinliğinin oldukça sınırlı olduğunu göstermektedir (Gündoğan ve Ceyhan, 2018; Taşyürek ve Ceyhan, 2022).

F₂ jenerasyonuna geçildiğinde, v^2GKY varyansının 0.11 (%2.15) düzeyine yükselmesi, eklemeli gen etkilerinin öneminin artmaya başladığını göstermektedir. ÖKY varyansı bu jenerasyonda da 0.96 (%19.03) ile yüksekliğini korumakla birlikte, GKY ile arasındaki fark azalmıştır. Bu durum, genetik varyansın daha öngörülebilir bir yapıya dönüşmeye başladığını, eklemeli etkilerin seçim açısından daha fazla katkı sağladığını ifade etmektedir (Çizelge 4.8). Ceyhan ve ark. (2008); Sharma ve ark. (2023); Yadav ve ark. (2023) de benzer şekilde, F₂ jenerasyonunda dominant etkilerin

çözülmesiyle birlikte, eklemeli etkilerin baskın hale geldiğini bildirmiştir. F_2 jenerasyonunda resiprok etkilerin ortadan kalkması, maternal ve paternal etkilerin bu jenerasyonda etkisini yitirdiğini göstermektedir. Bu bulgu, segregasyon sonrası populasyonda yönlü genetik katkıların dengelendiğini ortaya koymaktadır. $v^2GKY/v^2ÖKY$ oranı 2.45'e yükselmiş ve bu durum, genel kombinasyon yeteneğinin özel kombinasyon yeteneğine göre daha baskın hale geldiğini ortaya koymuştur (Çizelge 4.8). Bu bulgular, Ceyhan (2004); Halil ve Uzun (2020) çalışmalarında ifade edilen, F_2 jenerasyonunun genetik seleksiyon için daha uygun bir yapı sunduğu yönündeki görüşlerle örtüşmektedir. Baker oranının F_2 'de %18'e yükselmesi, genetik varyansın daha yüksek oranda tahmin edilebilir hâle geldiğini ve çevresel etkilerin kısmen azaldığını göstermektedir. Ayrıca, dar anlamda kalıtım derecesi %4, geniş anlamda kalıtım derecesi %23 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.8). Bu artış, seçim ilerlemesi açısından F_2 jenerasyonunun daha uygun olduğunu ve eklemeli gen etkilerinin seleksiyon yoluyla artırılabilirliğini göstermektedir (Kapur, 2007; Halil ve Uzun, 2020).

Çizelge 4.8. Tam diallel melez setinde bitkide bakla sayısı ile ilgili genetik komponentler

Genetik Komponent	F ₁ Jenerasyonu		F ₂ Jenerasyonu	
	Varyans	Etki %	Varyans	Etki %
v^2GKY	0,04	0,55	0,11	2,15
$v^2ÖKY$	0,58	8,93	0,96	19,03
Resiprok	0,57	8,78	0,00	0,00
$v^2GKY / v^2ÖKY$	1,92	29,76	2,45	48,59
D	0,07		0,22	
H	0,58		0,96	
$H/D^{1/2}$	0,06		0,11	
Baker Oranı	0,11		0,18	
h^2	0,01		0,04	
H^2	0,09		0,23	

F_1 jenerasyonunda bakla sayısı üzerinde heterosis etkileri ve eklemeli olmayan genetik bileşenler baskınken, F_2 jenerasyonunda eklemeli gen etkilerinin ön plana çıkması ve GKY varyansının artması, bu jenerasyonu ıslah programları için daha uygun hâle getirmiştir. Genetik ilerlemenin sağlanabilmesi için, özellikle F_2 ve sonrası nesillerde eklemeli etkilerin yoğunlaştığı kombinasyonların belirlenmesi, bakla sayısı gibi çok genli verim karakterlerinde başarılı seleksiyon için büyük önem taşımaktadır.

F_1 jenerasyonunda elde edilen GKY değerleri, ebeveynlerin bakla sayısı üzerine etkilerini ortaya koymuştur. Bu jenerasyonda en yüksek GKY değeri Compana (0.333) ve Boggie (0.200) tarafından sağlanırken, Ultrillo (-0.867*) negatif ve anlamlı değerle en olumsuz katkıyı göstermiştir (Çizelge 4.9). Bu bulgular, Ultrillo'nun F_1

jenerasyonundaki genel katkısının sınırlı ve çoğunlukla negatif olduğunu göstermektedir. Sarawat ve ark. (1994); Singh ve ark. (2007) tarafından bildirildiği gibi, GKY değerleri, eklemeli gen etkilerinin varlığına işaret etmekte ve bu etkiler bazı ebeveynlerde daha belirgin biçimde ifade edilebilmektedir.

F₂ jenerasyonunda, GKY bakımından en yüksek pozitif katkı Jofs (0.947**) tarafından sağlanmış; bu ebeveyn, özellikle F₂ jenerasyonunda eklemeli gen etkilerinin baskın hale gelmesiyle olumlu katkısını artırmıştır. Ultrillo ise -0.353 değeri ile F₁'de olduğu gibi F₂'de de olumsuz katkı sağlamış, bu da genetik yapısının bakla sayısı bakımından zayıf olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.9). Ceyhan (2004); Ceyhan ve ark. (2008); Dalgıç ve Ceyhan (2018), bitkide bakla sayısı üzerine GKY etkilerinin F₂ jenerasyonunda daha belirgin hale geldiğini ve bazı ebeveynlerin (örneğin Jofs benzeri hatlar) bu karaktere istikrarlı katkı sunduğunu rapor etmiştir.

ÖKY değerleri açısından incelendiğinde, “Jofs × Compana” (4.667**) kombinasyonu, F₁ jenerasyonunun en yüksek bakla sayısına sahip hibriti olarak öne çıkmıştır. Bu kombinasyonun ardından, “Ultrillo × Serge” (2.500**) ve “Compana × Jofs” (2.000**) gibi kombinasyonlar da yüksek ÖKY değerleri ile dikkat çekmiştir. Öte yandan, “Ultrillo × Jofs” (-1.833**) ve “Serge × Boggie” (-1.333*) kombinasyonlarında düşük ve anlamlı negatif ÖKY değerleri gözlenmiştir (Çizelge 4.9). Bu durum, dominant ve epistatik gen etkilerinin bazı kombinasyonlarda olumsuz ifade bulunduğunu göstermekte; Kapur (2007); Sharma ve ark. (2023) tarafından ifade edilen, bazı özel kombinasyonların genetik uyumsuzluk nedeniyle düşük performans sergileyebileceği görüşünü desteklemektedir. Resiprok etkiler bakımından ise, bazı kombinasyonlarda belirgin farklar gözlenmiştir. Örneğin, “Boggie × Compana” (0.00) ile “Compana × Boggie” (-0.333) karşılaştırıldığında, Compana'nın ana olarak kullanıldığı durumda daha düşük bir performans sergilediği tespit edilmiştir. Bu durum, Ceyhan (2004); Ceyhan ve ark. (2008); Gündoğan ve Ceyhan (2018); Taşyürek ve Ceyhan (2022) çalışmalarında ifade edilen maternal etkilerin F₁ jenerasyonunda ifade bulunduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.9. Tam diallel melez setinde bitkide bakla sayısı ile ilgili kombinasyon kabiliyetleri

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	0,200	0,000	0,533	0,467	-0,467
Compana	-0,333	0,333	-1,267	2,000**	-0,600
Serge	-1,333*	-0,667	0,133	-0,633	1,433*
Jofs	-1,000*	4,667**	1,167*	0,200	-0,633
Ultrillo	0,000	0,333	2,500**	-1,833**	-0,867*
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	0,013	0,320	0,353	-0,580	-0,613
Compana	1,000**	-0,453	-1,180*	0,887	-0,480
Serge	-0,667**	-0,667**	-0,153	1,753**	-0,447
Jofs	0,500	2,167**	-3,000**	0,947**	0,287
Ultrillo	0,500	1,167**	1,167**	0,000	-0,353

Diyagonallerdeki değerler GKY, köşegen üstü ÖKY, köşegen altı Resiprokal etkileridir.

F₂'de ÖKY değerlerine bakıldığında, “Jofs × Compana” (2.167**) kombinasyonu üstünlüğünü sürdürmüş ve her iki jenerasyonda da yüksek performans sergileyen hibrit olarak öne çıkmıştır. Ayrıca, “Ultrillo × Compana” (1.167**) ve “Ultrillo × Serge” (1.167**) gibi kombinasyonlar da bu jenerasyonda pozitif ve anlamlı özel kombinasyon etkileri göstermiştir. Buna karşılık, “Jofs × Serge” (-3.000**) ve “Compana × Serge” (-1.180*) kombinasyonları ise düşük ÖKY değerleriyle dikkat çekmiştir (Çizelge 4.9). Bu değişim, Sarawat ve ark. (1994); Ceyhan (2004) tarafından vurgulanan, F₂ jenerasyonunda genetik açılımın bazı kombinasyonlarda performans artışına, bazılarında ise düşüşe neden olabileceği yönündeki bulgularla örtüşmektedir. Resiprok etkiler F₂ jenerasyonunda da etkili olmuştur. Örneğin, “Compana × Boggie” (1.000**) ile “Boggie × Compana” (0.320) karşılaştırıldığında, Compana'nın ana olarak kullanıldığı durumda daha yüksek bakla sayısı sağlandığı belirlenmiştir. Benzer biçimde, “Ultrillo × Serge” (1.167**) ve “Serge × Ultrillo” (-0.447) kombinasyonları arasında da, çaprazlama yönüne bağlı olarak önemli farklılıklar gözlenmiştir (Çizelge 4.9). Bu durum, maternal etkilerin F₂ jenerasyonunda da sürebileceğini ve bu etkinin kombinasyon bazlı olarak farklılık gösterebileceğini ortaya koymaktadır (Ceyhan, 2004; Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

Jofs ebeveyni hem F₁ hem de F₂ jenerasyonlarında bakla sayısı üzerine pozitif ve anlamlı katkılar sağlamıştır. Bu özelliği ile seleksiyon programlarında kullanılabilecek güçlü adaylardan biri olarak değerlendirilebilir. Buna karşılık, Ultrillo genel etkisiyle olumsuz bir ebeveyn profili çizerken, bazı özel kombinasyonlarda (Ultrillo × Serge) olumlu katkılar sağlayabilmiştir. Bu durum, kombinasyonun özel etkilerinin ebeveyn genel etkisinden daha belirleyici olabileceğini göstermektedir. “Jofs × Compana”

kombinasyonu hem F₁ hem de F₂'de en yüksek bakla sayısına sahip hibrit olarak öne çıkmış; bu yönüyle selektif ıslah programlarında değerlendirilebilecek potansiyele sahiptir.

Bu çalışma GKY, ÖKY ve resiprok etkiler açısından yapılan analizlerin, ebeveyn seçiminde, melez kombinasyonlarının değerlendirilmesinde ve özellikle F₂ jenerasyonunda seçim etkinliğinin artırılmasında kritik öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Genetik varyans bileşenlerinin dikkatle incelendiği bu yaklaşım, ileri ıslah adımları için bilimsel bir temel sunmaktadır.

F₁ jenerasyonunda, en yüksek pozitif heterosis değeri “Jofs × Compana” (%30.56**) kombinasyonunda gözlenmiş; bu durum, ortalama ebeveyn değerine göre bu melezin belirgin bir genetik üstünlük sergilediğini ortaya koymuştur. Ayrıca, “Ultrillo × Serge” (%16.31**) ve “Boggie × Jofs” (%9.86*) kombinasyonları da pozitif heterosis göstererek melez üstünlüğüne işaret etmiştir (Çizelge 4.10). Bu bulgular, Lejeune-Henaut ve ark. (1992); Ceyhan (2004); Singh ve ark. (2007); Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından bildirilen, bezelyede verimle ilişkili morfolojik özelliklerde heterozisin, özellikle belirli kombinasyonlarda güçlü bir şekilde ifade edildiği bulgularıyla örtüşmektedir. Bununla birlikte, F₁ jenerasyonunda negatif heterosis etkileri de kaydedilmiştir. Özellikle “Compana × Jofs” (-8.33*) ve “Ultrillo × Jofs” (-8.70*) kombinasyonlarında ortalama ebeveyn değerinin altında performans gözlenmiş, bu durum melez uyumsuzluğuna ya da genetik antagonizmaya işaret etmiştir (Çizelge 4.10). Kapur (2007); Ateş ve Ceyhan (2016); Sharma ve ark. (2023), bu tür durumların dominant × dominant ya da epistatik etkileşimlerin olumsuz yönleriyle ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.10. Tam diallel melez setinde bitkide bakla sayısı ile ilgili heterosis değerleri (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	----	2,74	8,97*	9,86*	-1,43
Compana	0,00	----	-2,04	-8,33*	-4,23
Serge	-2,07	-7,48	----	-4,90	-4,96
Jofs	1,41	30,56**	4,90	----	7,25
Ultrillo	-1,43	-1,41	16,31**	-8,70*	----
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	----	-6,19	5,36	-0,88	-10,34**
Compana	4,42	----	-2,75	-1,82	-13,27**
Serge	-1,79	-10,09*	----	33,94**	-10,71**
Jofs	4,42	21,82**	0,92	----	4,42
Ultrillo	-5,17	-0,88	1,79	4,42	----

F₂ jenerasyonunda ise, heterosis değerlerinde önemli değişimler meydana gelmiştir. “Serge × Jofs” (%33.94**) kombinasyonu F₂’nin en yüksek pozitif heterosis değerini göstererek, bu kombinasyonun segregasyon ve genetik çeşitlilikten etkin biçimde yararlandığını ortaya koymuştur. Aynı şekilde, “Jofs × Compana” (%21.82**) kombinasyonu F₂’de de yüksek pozitif heterosis göstererek, bu melezin genetik açıdan istikrarlı ve üstün bir yapı sergilediğini doğrulamıştır (Çizelge 4.10). Sharma ve ark. (2023); Yadav ve ark. (2023), F₂ jenerasyonunda bazı kombinasyonların performans artışı sağlayabileceğini, bunun genetik ayrışma ve uygun allel kombinasyonlarının ortaya çıkmasıyla ilgili olabileceğini vurgulamıştır. Bununla birlikte, F₂ jenerasyonunda negatif heterosis değerlerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Özellikle “Compana × Ultrillo” (-13.27**) ve “Serge × Ultrillo” (-10.71**) kombinasyonları, düşük performansla dikkat çekmiş ve segregasyon sonucu oluşan genetik çözümlerin olumsuz etkilerini yansıtmıştır (Çizelge 4.10). Bu durum, Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından belirtildiği gibi, F₂’de heterozisin çözülmeye başlaması ile açıklanabilir.

F₁ ve F₂ jenerasyonlarının karşılaştırılması, F₂ jenerasyonunda pozitif heterosis gösteren kombinasyonların azaldığını ve negatif heterosis değerlerinin yaygınlaştığını ortaya koymuştur. Bu bulgu, genetik segregasyonun ve rekombinasyonun hibrit üstünlüğünü zayıflatabileceğini ve F₂’de genotipler arası varyasyonun daha geniş aralıkta gerçekleştiğini göstermektedir. Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından yapılan çalışmalarda da, F₂ jenerasyonunun heterotik üstünlüğü sabitlemede güçlükler içerebileceği, ancak uygun kombinasyonlarda hala üstün bireylerin seçilebileceği vurgulanmıştır.

Sonuç olarak, “Jofs × Compana” kombinasyonu, her iki jenerasyonda da yüksek pozitif heterosis değeri göstermesi bakımından ıslah çalışmaları için umut vaat eden bir melezdır. Benzer şekilde, F₂’de “Serge × Jofs” kombinasyonunun güçlü performansı, bu genetik eşleşmenin seleksiyon programlarına dahil edilmesi gerektiğini göstermektedir. Genel olarak bu sonuçlar, heterosis ifadesinin genotipik uyuma bağlı olarak değiştiğini, genetik ayrışma sürecinin heterotik etkiler üzerinde belirleyici olduğunu ve ebeveyn seçiminin melez üstünlüğünü şekillendirmede kritik rol oynadığını ortaya koymaktadır.

F₁ jenerasyonunda en yüksek pozitif heterobeltiosis değeri “Jofs × Compana” (%27.03**) kombinasyonunda tespit edilmiştir. Bu sonuç, bu melezin en iyi ebeveyne kıyasla belirgin bir üstünlük sergilediğini ve potansiyel bir üstün kombinasyon olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, “Ultrillo × Serge” (%12.33*) ve “Boggie ×

Serge” (%8.22) kombinasyonları da pozitif heterobeltiosis göstererek dikkat çekmiş, ıslah programları açısından umut vaat etmiştir (Çizelge 4.11). Lejeune-Henaut et al. (1992), bezelyede F₁ melezlerinin bazı verim bileşenlerinde en iyi ebeveyn üstünlüğünü aşabileceğini ve bu durumun hibrit performans değerlendirmelerinde dikkate alınması gerektiğini vurgulamıştır. Bununla birlikte, “Compana × Jofs” (-10.81*) ve “Ultrillo × Jofs” (-10.00*) gibi kombinasyonlarda anlamlı negatif heterobeltiosis değerleri gözlenmiştir (Çizelge 4.11). Bu durum, bu melezlerin en iyi ebeveyne göre performans kaybı yaşadığını ve genetik uyumsuzlukların söz konusu olabileceğini düşündürmektedir. Sarawat ve ark. (1994); Dalgıç ve Ceyhan (2018), heterobeltiosis etkisinin genotipik uyuma bağlı olarak olumlu ya da olumsuz yönde ifade bulabileceğini, bu nedenle ebeveyn seçiminin kritik olduğunu belirtmiştir.

F₂ jenerasyonuna geçildiğinde heterobeltiosis düzeylerinde dikkate değer değişiklikler gözlenmiştir. En yüksek pozitif değer “Serge × Jofs” (%32.73**) kombinasyonunda elde edilmiş, bu durum segregasyon ve genetik rekombinasyonun olumlu sonuçlar yaratabileceğini göstermiştir. Ayrıca, “Jofs × Compana” (%21.82**) kombinasyonu da F₂ jenerasyonunda yüksek pozitif heterobeltiosis göstererek genetik istikrar ve uyum açısından dikkat çekmiştir (Çizelge 4.11). Bu sonuçlar, Sarawat ve ark. (1994); Ceyhan (2004); Ateş ve Ceyhan (2016); Gündoğan ve Ceyhan (2018); Gupta ve ark. (2024) tarafından bildirilen, F₂ jenerasyonunda eklemeli etkilerin belirginleşmesiyle birlikte bazı melezlerin üstün performanslarını sürdürebileceği görüşüyle tutarlıdır. Bununla birlikte, birçok kombinasyonda negatif heterobeltiosis değerlerinin yaygınlaştığı gözlenmiştir. Özellikle “Compana × Ultrillo” (-15.52**) ve “Serge × Ultrillo” (-13.79**) kombinasyonları, en iyi ebeveyne kıyasla önemli ölçüde düşük performans sergilemiş ve genetik çözülmenin melez üstünlüğü üzerinde olumsuz etkilere neden olabileceğini göstermiştir (Çizelge 4.11). Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018), F₂ jenerasyonunda epistatik etkileşimlerin çözülmesiyle birlikte, heterobeltiosis etkilerinin zayıflayabileceğini ve hatta performans kayıplarının oluşabileceğini belirtmiştir.

Çizelge 4.11. Tam diallel melez setinde bitkide bakla sayısı ile ilgili heterobeltiosis değerleri (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	----	1,35	8,22	8,33	-4,17
Compana	-1,35	----	-2,70	-10,81*	-8,11
Serge	-2,74	-8,11	----	-6,85	-8,22
Jofs	0,00	27,03**	2,74	----	5,71
Ultrillo	-4,17	-5,41	12,33*	-10,00*	----
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	----	-8,62*	1,72	-3,45	-10,34*
Compana	1,72	----	-3,64	-1,82	-15,52**
Serge	-5,17	-10,91*	----	32,73**	-13,79**
Jofs	1,72	21,82**	0,00	----	1,72
Ultrillo	-5,17	-3,45	-1,72	1,72	----

F₁ ve F₂ jenerasyonları birlikte değerlendirildiğinde, F₂'de heterobeltiosis değerlerinin daha geniş bir varyasyon gösterdiği, pozitif etkilerin bazı kombinasyonlarda korunduğu ancak negatif etkilerin genel olarak arttığı gözlenmiştir. Bu durum, Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından ifade edildiği gibi, segregasyon sonrası oluşan genotipik çeşitliliğin bazı kombinasyonlarda genetik kazanç, bazılarında ise kayıp oluşturduğunu göstermektedir. Özellikle “Jofs × Compana” ve “Serge × Jofs” gibi kombinasyonların her iki jenerasyonda da yüksek heterobeltiosis sergilemesi, bu eşleşmelerin ıslahta ileri seleksiyon materyali olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışma, heterobeltiosis etkilerinin genetik kontrolünün karmaşık yapıda olduğunu, genetik çeşitlilik ve ebeveyn uyumunun bu etkinin yönünü belirlemede önemli olduğunu göstermektedir. F₁ jenerasyonunda ifade edilen üstünlüklerin, F₂'de sabitlenip sabitlenmediğinin değerlendirilmesi, hibrit geliştirme çalışmalarının başarısını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, yüksek performanslı ve genetik olarak stabil kombinasyonların belirlenmesi, heterobeltiosis analizlerinin jenerasyonlar arasında karşılaştırılmasıyla mümkün olabilmektedir.

4.3. Baklada Tane Sayısı

Baklada tane sayısı, bezelye bitkisinde doğrudan tane verimini etkileyen temel verim bileşenlerinden biridir. Bu özelliğin genetik kontrolünü anlamak ve üstün kombinasyonları belirlemek, yüksek verimli hatların geliştirilmesi açısından önemlidir.

F₁ jenerasyonunda, ebeveynler arasında en yüksek ortalama baklada tane sayısı Jofs (7.33 adet) ile elde edilmiş, bunu Compana (6.67 adet) izlemiştir. En düşük değerin Ultrillo (4.67 adet) tarafından sağlanması, bu ebeveynin düşük katkısını ortaya

koymuştur. Bu bulgular, Jofs'un bu özelliğe yüksek katkı sağladığını ve genetik olarak olumlu bir kaynak olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.12). Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018); Halil ve Uzun (2020), Jofs benzeri hatların verim bileşenlerine önemli katkı sağlayabileceğini bildirmiştir.

F₁ melezleri arasında en yüksek ortalama “Boggie × Jofs” (8.33 adet) ve “Jofs × Serge” (8.00 adet) kombinasyonlarında gözlenmiştir. Bu hibritler, her iki ebeveynin olumlu genetik katkılarını yansıtarak yüksek verimlilik sergilemiştir. Benzer şekilde, “Boggie × Compana”, “Boggie × Ultrillo” ve “Ultrillo × Serge” kombinasyonları da yüksek tane sayısı ile dikkat çekmiştir. Öte yandan, “Compana × Boggie” (4.33 adet) ve “Serge × Ultrillo” (4.67 adet) gibi kombinasyonlar F₁ jenerasyonunda düşük performanslı olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.12). Sharma et al. (2023), benzer hibrit varyasyonlarının dominant ve epistatik gen etkileri ile ilişkili olabileceğini ve bazı kombinasyonlarda genetik uyumsuzlukların düşük performansa neden olabileceğini vurgulamıştır.

F₂ jenerasyonunda, en yüksek değer yine Jofs (7.33 adet) tarafından korunmuştur. Ancak Serge (3.33 adet), F₁'e kıyasla önemli bir düşüş göstermiş ve en düşük değere sahip olmuştur (Çizelge 4.12). Bu durum, Serge'nin F₂ jenerasyonunda baklada tane sayısına katkısının ciddi şekilde azaldığını ortaya koymaktadır. Ultrillo (6.67 adet) ise F₁'e göre daha iyi bir performans göstermiştir.

Çizelge 4.12. Tam diallel melez setinde baklada tane sayısı ile ilgili ortalama değerler (adet)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	5,67 ^{cde}	7,33 ^{abc}	6,33 ^{a-e}	8,33 ^a	7,33 ^{abc}
Compana	4,33 ^e	6,67 ^{a-d}	6,67 ^{a-d}	6,33 ^{a-e}	5,33 ^{cde}
Serge	6,33 ^{a-e}	6,33 ^{a-e}	5,33 ^{cde}	6,33 ^{a-e}	4,67 ^{de}
Jofs	5,67 ^{cde}	7,00 ^{abc}	8,00 ^{ab}	7,33 ^{abc}	5,67 ^{cde}
Ultrillo	6,00 ^{b-e}	6,00 ^{b-e}	7,33 ^{abc}	5,33 ^{cde}	4,67 ^{de}
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	5,67 ^{a-g}	5,00 ^{c-g}	4,33 ^{efg}	7,33 ^{abc}	6,00 ^{a-f}
Compana	5,33 ^{b-g}	5,00 ^{c-g}	4,67 ^{d-g}	6,67 ^{a-e}	5,00 ^{c-g}
Serge	6,00 ^{a-f}	4,00 ^{f-g}	3,33 ^g	8,00 ^a	5,33 ^{b-g}
Jofs	7,67 ^{ab}	5,67 ^{a-g}	7,00 ^{a-d}	7,33 ^{abc}	6,00 ^{a-f}
Ultrillo	5,67 ^{a-g}	6,00 ^{a-f}	7,00 ^{a-d}	8,00 ^a	6,67 ^{a-e}

Diyagonallerdeki değerler ebeveynler, diğerleri melez değerleridir

F₂ hibritleri arasında en yüksek ortalama “Serge × Jofs” (8.00 adet) ve “Ultrillo × Jofs” (8.00 adet) kombinasyonlarında görülmüş, bu hibritlerin genetik çeşitliliği başarılı şekilde kullandığı tespit edilmiştir. Ayrıca “Jofs × Boggie” (7.67 adet), “Jofs × Serge” (7.00 adet) ve “Ultrillo × Serge” (7.00 adet) kombinasyonları da üstünlük

sergilemiştir. Buna karşın, “Boggie × Compana”, “Compana × Ultrillo” ve “Serge × Compana” gibi kombinasyonlarda baklada tane sayısı 5.00’in altına düşmüştür (Çizelge 4.12). Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından da belirtildiği gibi, F₂ jenerasyonundaki geniş varyasyon, bazı kombinasyonlarda performans artışına, bazılarında ise düşüşe neden olabilmektedir.

F₁ ve F₂ jenerasyonlarının karşılaştırılması, Jofs’un her iki jenerasyonda da yüksek katkı sağlayan ebeveyn olarak öne çıktığını göstermiştir. Özellikle “Boggie × Jofs”, “Jofs × Serge” ve “Serge × Jofs” kombinasyonları, her iki nesilde de yüksek verimlilik göstermeleri nedeniyle ıslah açısından umut vaat etmektedir. Ultrillo, F₁’de düşük katkı sunmasına rağmen F₂ jenerasyonunda bazı kombinasyonlarda (örneğin “Ultrillo × Jofs”) yüksek performans sergileyerek, genetik kombinasyonların jenerasyonlar arası değişebilirliğini gözler önüne sermiştir. Bu durum, Singh ve ark. (2007); Yadav ve ark. (2023) tarafından da vurgulanan, melez performansının genetik arka plan ve segregasyonla şekillendiği anlayışıyla uyumludur.

Bu çalışma, Jofs’un baklada tane sayısı açısından güçlü bir genetik kaynak olduğunu, hibrit kombinasyonlarının çoğunda üstünlük sağladığını göstermektedir. Genetik ayrışma, bazı durumlarda performansı artırırken, bazı kombinasyonlarda belirgin düşüşlere neden olmuştur. Bu nedenle, hibrit geliştirme çalışmalarında sadece F₁ değil, F₂ jenerasyonu performanslarının da dikkate alınması, genetik kazancın sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir.

F₁ jenerasyonunda elde edilen varyans bileşenlerine göre, genel kombinasyon yeteneği (v^2 GKY) varyansı 0.08 ve etki yüzdesi %5.00 ile düşük düzeyde bulunmuştur. Bu durum, eklemeli gen etkilerinin baklada tane sayısı üzerindeki katkısının sınırlı olduğunu göstermektedir. Buna karşılık, özel kombinasyon yeteneği (v^2 ÖKY) varyansı 0.14 (%8.75) ile daha yüksek düzeyde ifade bulmuş, dominant ve epistatik etkilerin baskın olduğunu ve heterosis temelli varyasyonun önemli olduğunu ortaya koymuştur (Çizelge 4.13). Kapur (2007); Yadav ve ark. (2023); Gupta ve ark. (2024), F₁ jenerasyonlarında özellikle verim bileşenleri üzerinde eklemeli olmayan gen etkilerinin öne çıktığını ve bu durumun melez üstünlüğü (heterozis) ile ilişkilendirilebileceğini bildirmişlerdir. Resiprok etkilerin 0.13 varyans değeri ve %8.13 etki yüzdesiyle anlamlı düzeyde olması, anne ve baba genetik katkılarının farklılığının F₁ jenerasyonunda baklada tane sayısını etkileyebildiğini göstermektedir (Çizelge 4.13). Bu bulgu, Srivastava ve ark. (2012); Dalgıç ve Ceyhan (2018); Parveen (2019) tarafından belirtilen maternal etkilerin bazı agronomik özelliklerde önemli olabileceği görüşüyle

uyumludur. F_1 jenerasyonunda Baker oranının %53 olarak tespit edilmesi, genetik varyansın tahmin edilebilir kısmının sınırlı olduğunu göstermekte ve çevresel etkiler ile eklemeli olmayan genetik etkilerin önemli rol oynadığını ortaya koymaktadır (Çizelge 4.13). Bu bulgular, Ateş ve Ceyhan (2016); Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından bildirilen, F_1 jenerasyonunda kalıtımın tahmin edilebilirliğinin düşüklüğü ile ilgili bulgularla desteklenmektedir. Ayrıca, dar anlamda kalıtım derecesinin (h^2) %9, geniş anlamda kalıtım derecesinin (H^2) %17 düzeylerinde olması, bu karakterin büyük ölçüde dominant ve epistatik gen etkileriyle kontrol edildiğini göstermektedir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Tam diallel melez setinde baklada tane sayısı ile ilgili genetik komponentler

Genetik Komponent	F ₁ Jenerasyonu		F ₂ Jenerasyonu	
	Varyans	Etki %	Varyans	Etki %
σ^2_{GKY}	0,08	5,00	0,52	25,74
$\sigma^2_{ÖKY}$	0,14	8,75	0,16	8,09
Resiprok	0,13	8,13	0,04	2,21
$\sigma^2_{GKY} / \sigma^2_{ÖKY}$	0,3	18,75	0,04	1,76
D	0,16		1,04	
H	0,14		0,16	
$H/D^{1/2}$	0,56		3,18	
Baker Oranı	0,53		0,86	
h^2	0,09		0,40	
H^2	0,17		0,47	

F_2 jenerasyonunda elde edilen veriler, baklada tane sayısının genetik kontrolünde önemli bir değişimi ortaya koymuştur. Bu jenerasyonda σ^2_{GKY} varyansı 0.52 (%25.74) ile belirgin şekilde artmış ve eklemeli gen etkilerinin bu dönemde baskın hale geldiğini ortaya koymuştur (Çizelge 4.13). Bu bulgu, Sharma ve ark. (2023); Yadav ve ark. (2023) tarafından bildirilen, F_2 jenerasyonunda eklemeli gen etkilerinin daha belirgin hale gelerek seleksiyonun daha etkin yapılabildiği yönündeki bulgularla paralellik göstermektedir. Buna karşılık, $\sigma^2_{ÖKY}$ varyansı 0.16 (%8.09) ile F_1 'e göre göreceli olarak sabit kalmış ve genel kombinasyon etkileriyle daha dengeli bir yapıya ulaşmıştır. Bu durum, heterosis etkisinin azalması ve kalıtsal varyasyonun daha çok eklemeli yapıya kayması şeklinde yorumlanabilir (Çizelge 4.13). Falconer ve Mackay (1996) Dalgıç ve Ceyhan (2018), bu tür jenerasyon geçişlerinde heterozisin çözülerek eklemeli genetik yapının öne çıktığını ifade etmektedir. Resiprok etkilerin F_2 jenerasyonunda (0.04 varyans, %2.21 etki yüzdesi) dramatik şekilde azalması, anne ve baba etkileri arasındaki farkların genetik ayrışma sürecinde önemsiz hale geldiğini göstermektedir. Bu, kombinasyon yönünün F_2 jenerasyonunda artık önemli olmadığını ve genotipik yapıların içsel etkilerinin baskın hale geldiğini göstermektedir. Baker oranının %86 olarak tespit edilmesi ve dar anlamda kalıtım derecesinin %40, geniş anlamda kalıtım

derecesinin %47 seviyelerine ulaşması, genetik varyansın büyük ölçüde tahmin edilebilir hale geldiğini ve genetik ilerleme için oldukça elverişli bir yapı sağlandığını ortaya koymaktadır (Çizelge 4.13). Bu sonuç, Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018) çalışmalarında bildirilen, F₂ jenerasyonunun seleksiyon açısından yüksek potansiyel taşıdığı yönündeki bulgularla örtüşmektedir.

F₁ jenerasyonunda heterosis ve eklemeli olmayan genetik etkiler baskınken, F₂ jenerasyonunda eklemeli gen etkileri öne çıkmış, varyansın tahmin edilebilirliği artmış ve seleksiyon açısından daha uygun bir yapı ortaya çıkmıştır. Bu geçiş, klasik ıslah stratejilerinde, erken jenerasyonlarda heterotik etkilerden yararlanılması, ancak F₂ ve ileri jenerasyonlarda eklemeli genetik varyasyonun daha iyi değerlendirilerek genetik kazancın maksimize edilmesi gerektiğini göstermektedir.

F₁ jenerasyonunda, en yüksek GKY değeri Jofs (0.480*) tarafından sağlanmış; bu durum, Jofs'un F₁ hibritlerinde baklada tane sayısına anlamlı ve pozitif bir katkı sunduğunu göstermektedir. Aynı bulgu, Ceyhan ve Avcı (2005) ile Parveen (2019) çalışmalarında da gözlenmiş, Jofs benzeri hatların GKY bakımından verim bileşenlerine önemli katkı sunduğu belirtilmiştir. Buna karşılık, Ultrillo (-0.553*) en düşük GKY değerine sahip ebeveyn olarak dikkat çekmiş ve bu genotipin baklada tane sayısına genel olarak olumsuz katkıda bulunduğu anlaşılmıştır (Çizelge 4.14).

F₂ jenerasyonunda ise Jofs'un GKY değeri 1.153***'e yükselerek F₁'e göre katkısını artırdığı gözlenmiştir (Çizelge 4.14). Bu artış, F₂'de eklemeli gen etkilerinin belirginleşmesi ile açıklanabilir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Diğer yandan, Compana (-0.713*) ve Serge (-0.647*), F₂ jenerasyonunda negatif ve anlamlı GKY değerleri ile baklada tane sayısını düşüren etkiler göstermiştir. Bu durum, bazı ebeveynlerin ileri jenerasyonlarda performans düşüklüğü gösterebileceğini ve seleksiyon açısından dikkatli değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Çizelge 4.14).

ÖKY açısından, F₁ jenerasyonunda en yüksek pozitif katkı "Ultrillo × Serge" (1.333**) kombinasyonu tarafından sağlanmıştır. Ayrıca "Boggie × Ultrillo" (0.920*) ve "Jofs × Serge" (0.833**) gibi kombinasyonlar da üstün performans sergilemiştir. Bu durum, dominant ve epistatik etkilerin F₁ jenerasyonunda önemli olduğunu ve belirli kombinasyonlarda heterosis etkisinin güçlü biçimde ifade edildiğini göstermektedir (Ceyhan, 2004; Gündoğan ve Ceyhan, 2018; Taşyürek ve Ceyhan, 2022). Buna karşılık, "Compana × Boggie" (-1.500**) ve "Jofs × Boggie" (-1.333**) kombinasyonları negatif ÖKY değerleri ile düşük performans sergilemiştir (Çizelge 4.14). Bu da özel kombinasyonların başarısının yalnızca ebeveyn performansına değil, aralarındaki

genetik etkileşime bağlı olduğunu göstermektedir (Kapur, 2007). Resiprok etkiler açısından değerlendirildiğinde, F₁ jenerasyonunda “Boggie × Ultrillo” (0.920*) ile “Ultrillo × Boggie” (-0.667*) arasında belirgin bir fark gözlenmiş ve bu durum anaç kullanımı yönünün baklada tane sayısı üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuştur (Çizelge 4.14). Ateş ve Ceyhan (2016); Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından vurgulanan resiprok etkilerin bazı verim bileşenlerinde anlamlı olabileceği görüşünü desteklemektedir.

Çizelge 4.14. Tam diallel melez setinde baklada tane sayısı ile ilgili kombinasyon kabiliyetleri

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	0,047	-0,480	0,020	0,220	0,920*
Compana	-1,500**	0,013	0,220	-0,080	-0,047
Serge	0,000	-0,167	0,013	0,420	0,287
Jofs	-1,333**	0,333	0,833**	0,480*	-0,680
Ultrillo	-0,667*	0,333	1,333**	-0,167	-0,553*
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	-0,080	0,013	-0,053	0,480	-0,320
Compana	0,167	-0,713*	-0,253	-0,220	-0,020
Serge	0,833*	-0,333	-0,647*	1,047*	0,580
Jofs	0,167	-0,500	-0,500	1,153**	-0,387
Ultrillo	-0,167	0,500	0,833*	1,000**	0,287

Diyagonallerdeki değerler GKY, köşegen üstü ÖKY, köşegen altı Resiprokal etkileridir.

F₂ jenerasyonunda da “Ultrillo × Jofs” (1.000**) ve “Serge × Jofs” (1.047*) kombinasyonları, en yüksek ÖKY değerleri ile öne çıkmış ve genetik ayrışmaya rağmen melez performanslarını sürdürdüklerini göstermiştir. Bu sonuç, Jofs’un hem genel hem de özel katkılar bakımından ıslahta stratejik bir ebeveyn adayı olduğunu ortaya koymaktadır. Bunun yanında, “Ultrillo × Serge” (0.833*) ve “Serge × Boggie” (0.833*) gibi kombinasyonlar da F₂ jenerasyonunda yüksek özel katkılar sunmuştur. Diğer yandan, “Jofs × Serge” ve “Jofs × Compana” (-0.500) kombinasyonlarının düşük ÖKY değerleri (Çizelge 4.14), segregasyon sonucu oluşan genetik varyasyonların bazı kombinasyonlarda olumsuz etki yarattığını göstermektedir (Suman ve ark., 2017; Dalgıç ve Ceyhan, 2018; Yadav ve ark., 2023). Resiprok etkiler açısından değerlendirildiğinde, “Boggie × Jofs” (0.480) ile “Jofs × Boggie” (0.167) arasında fark bulunmuş, Boggie’nin anaç olarak kullanıldığı kombinasyonlarda daha yüksek performans sağlandığı belirlenmiştir (Çizelge 4.14). Bu bulgular, Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından vurgulanan resiprok etkilerin bazı verim bileşenlerinde anlamlı olabileceği görüşünü desteklemektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, Jofs hem F₁ hem de F₂ jenerasyonlarında yüksek GKY ve ÖKY değerleri ile öne çıkan bir ebeveyn olmuş, özellikle “Serge” ve “Ultrillo” ile yaptığı kombinasyonlar yüksek performans sergilemiştir. Buna karşılık, Compana ve Boggie gibi bazı genotipler, belirli kombinasyonlarda düşük performans göstermiştir. Bu bulgular, hibrit geliştirme çalışmalarında ebeveyn seçiminin sadece bireysel performansa değil, aynı zamanda kombinasyon yeteneği ve melez yönüne (resiprok etki) de dayandırılması gerektiğini vurgulamaktadır.

F₁ jenerasyonunda elde edilen bulgulara göre, “Ultrillo × Serge” (%46.67**) ve “Boggie × Ultrillo” (%41.94**) kombinasyonları en yüksek pozitif heterosis değerleri ile dikkat çekmiştir. Bu sonuçlar, bu melezlerin ortalama ebeveyn değerlerine kıyasla üstün performans sergilediğini ve heterosis etkisinin güçlü bir şekilde ortaya çıktığını göstermektedir. Benzer şekilde “Boggie × Jofs” (%28.21**) ve “Serge × Jofs” (%26.32**) kombinasyonları da anlamlı düzeyde pozitif heterosis sergileyerek heterotik üstünlük göstermiştir (Çizelge 4.15). Lejeune-Henaut ve ark. (1992); Sharma ve ark. (2023), baklada tane sayısı gibi bileşenlerde yüksek heterosis etkilerinin dominant ve epistatik gen etkilerinin melez kombinasyonlarda olumlu bir şekilde bir araya gelmesiyle oluştuğunu bildirmişlerdir. Buna karşılık, bazı kombinasyonlarda negatif heterosis değerleri kaydedilmiştir. Özellikle “Compana × Boggie” (-29.73**) ve “Ultrillo × Jofs” (-11.11) kombinasyonları, ortalama ebeveyn değerlerine göre düşük performans göstermiştir (Çizelge 4.15). Bu durum, genetik uyumsuzluk, genetik baskılanma ya da epistatik etkileşimlerin olumsuz yönde etkili olduğu kombinasyonlarda heterosis potansiyelinin ifadesinin sınırlı olabileceğini göstermektedir (Bourion ve ark., 2002; Kapur, 2007).

F₂ jenerasyonunda ise heterosis değerlerinde belirgin farklılıklar gözlenmiştir. Genetik ayrışma (segregasyon) sürecinin etkisiyle bazı kombinasyonların üstünlüğü korunurken, bazıları performans düşüşü sergilemiştir. “Serge × Jofs” (%50.00**) kombinasyonu, F₂ jenerasyonunda en yüksek pozitif heterosis değerini sağlamış ve melezin genetik çeşitlilikten verimli bir şekilde faydalandığını ortaya koymuştur. Ayrıca “Ultrillo × Serge” (%40.00**) ve “Jofs × Serge” (%31.25*) kombinasyonları da F₂’de güçlü pozitif heterosis sergileyen diğer örnekler arasında yer almıştır (Çizelge 4.15). Bu durum, özellikle Serge ve Jofs’un birlikte kullanıldığı kombinasyonların genetik sinerjiye sahip olduğunu göstermektedir. Dalgıç ve Ceyhan (2018) de benzer şekilde F₂ jenerasyonunda bazı melezlerin heterosis etkilerini sürdürebildiğini ve bu durumun melezleme stratejilerinde dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir. Buna karşın,

“Compana $\times$ Jofs” (-14.29) ve “Jofs $\times$ Ultrillo” (-14.29) gibi kombinasyonlarda F₂ jenerasyonunda negatif heterosis değerleri gözlenmiştir (Çizelge 4.15). Bu durum, segregasyon sonucu oluşan genetik çeşitliliğin bazı kombinasyonlarda performans düşüklüğüne neden olabileceğini göstermektedir. Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018), F₂ neslinde heterosis ifadesinin azalabileceğini, ancak bazı kombinasyonlarda yüksek performansın korunabileceğini vurgulamaktadır.

Çizelge 4.15. Tam diallel melez setinde baklada tane sayısı ile ilgili heterosis değerleri (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	----	18,92*	15,15	28,21**	41,94**
Compana	-29,73**	----	11,11	-9,52	-5,88
Serge	15,15	5,56	----	0,00	-6,67
Jofs	-12,82	0,00	26,32**	----	-5,56
Ultrillo	16,13	5,88	46,67**	-11,11	----
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	----	-6,25	-3,70	12,82	-2,70
Compana	0,00	----	12,00	8,11	-14,29
Serge	33,33*	-4,00	----	50,00**	6,67
Jofs	17,95	-8,11	31,25*	----	-14,29
Ultrillo	-8,11	2,86	40,00**	14,29	----

F₁ ve F₂ jenerasyonlarının karşılaştırılması, F₂ jenerasyonunda heterosis değerlerinin daha geniş bir varyasyon gösterdiğini ortaya koymuştur. F₁'de daha fazla kombinasyon pozitif heterosis sergilemişken, F₂ jenerasyonunda bu durum sınırlı sayıda kombinasyonla ifade bulmuştur. Bununla birlikte, “Serge $\times$ Jofs” ve “Ultrillo $\times$ Serge” kombinasyonları her iki jenerasyonda da yüksek heterosis göstererek genetik olarak istikrarlı ve heterotik üstünlüğe sahip adaylar olarak öne çıkmıştır. Bourion ve ark. (2002); Suman ve ark. (2017); Dalgıç ve Ceyhan (2018), bu tür kombinasyonların ileri nesil seleksiyonlarda değerlendirilebileceğini ve verim artışı açısından önemli kaynaklar olabileceğini belirtmişlerdir.

Baklada tane sayısında heterosis etkisinin varlığı ve bu etkinin jenerasyonlar arasında farklı şekillerde ifade bulması, ebeveyn seçiminin, genetik uyumun ve kombinasyon yönünün önemini açıkça ortaya koymaktadır. F₁'de pozitif heterosis gösteren kombinasyonlar, genetik kazanım ve seleksiyon potansiyeli açısından önemli, F₂'de performansını sürdüren kombinasyonlar ise genetik stabilitenin ve seleksiyon başarısının göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, özellikle “Serge $\times$ Jofs”, “Ultrillo $\times$ Serge” ve “Boggie $\times$ Jofs” gibi kombinasyonlar ıslah programlarında dikkate alınması gereken üstün genetik kaynaklar arasında yer almaktadır.

F₁ jenerasyonuna ait veriler değerlendirildiğinde, “Ultrillo × Serge” (%37.50**) ve “Boggie × Ultrillo” (%29.41**) kombinasyonlarının en yüksek pozitif heterobeltiosis değerlerini gösterdiği saptanmıştır (Çizelge 4.16). Bu durum, söz konusu kombinasyonların en iyi ebeveynlere kıyasla belirgin bir üstünlük sergilediğini ve genetik uyumun bu melezlerde etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Heterobeltiosis’in bu denli yüksek olması, baskın ve epistatik gen etkilerinin pozitif yönlü birleşimini işaret etmekte ve bu melezlerin yüksek performanslı hibrit adaylar olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir (Kumar et al., 2015; Barin et al., 2002). Benzer şekilde, “Boggie × Jofs” (%13.64) ve “Boggie × Serge” (%11.76) kombinasyonları da pozitif heterobeltiosis göstermiştir, ancak bu değerlerin istatistiksel anlamlılığa ulaşmaması, heterosis etkisinin bu kombinasyonlarda daha sınırlı olduğunu göstermektedir. Buna karşılık, “Compana × Boggie” (-35.00**) ve “Ultrillo × Jofs” (-27.27*) kombinasyonlarında gözlenen yüksek negatif heterobeltiosis değerleri (Çizelge 4.16), bu melezlerin genetik uyumsuzluk, epistatik baskılama veya antagonistik gen etkileşimleri nedeniyle en iyi ebeveyne kıyasla daha düşük performans sergilediğini göstermektedir. Özellikle Compana gibi ebeveynlerin belirli kombinasyonlarda tekrarlayan şekilde negatif heterobeltiosis sergilemesi, bu hatların melezleme programlarında dikkatli seçilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Suman ve ark., 2017).

F₂ jenerasyonunda ise heterobeltiosis değerlerinde geniş bir daralma ve varyasyon azalışı gözlenmiştir. En yüksek pozitif heterobeltiosis değerleri “Serge × Jofs” (%9.09) ve “Ultrillo × Jofs” (%9.09) kombinasyonlarında saptanmıştır. Ancak bu değerlerin istatistiksel anlamlılığa ulaşmaması (Çizelge 4.16), F₂’de genetik ayrışma (segregasyon) ve yeniden kombinasyon süreçlerinin heterosis etkisini zayıflattığını göstermektedir. Bu durum, F₂ jenerasyonunda dominant gen etkilerinin dağılması ve uygun allellerin düşük frekanslarda segregasyona uğraması sonucu melez avantajının azaldığı klasik bir örnektir (Lejeune-Henaut ve ark., 1992; Parveen, 2019; Sharma ve ark., 2023). F₂’de “Compana × Ultrillo” (-25.00*) ve “Boggie × Serge” (-23.53) gibi kombinasyonlar ise negatif heterobeltiosis değerleriyle dikkat çekmiş, bu da bu kombinasyonların genetik stabilite bakımından yetersiz olduğunu ortaya koymuştur (Çizelge 4.16). Genetik varyansın bu jenerasyonda daha da dağılması ve bazı uygun gen kombinasyonlarının bozulması, performans düşüşüne neden olmuş olabilir. Nitekim Dalgıç ve Ceyhan (2018), F₂ jenerasyonlarında negatif heterobeltiosis değerlerinin

artmasının genetik uyumun zayıfladığı kombinasyonlarda daha belirgin olduğunu bildirmiştir.

F₁ ve F₂ jenerasyonlarının karşılaştırılması sonucunda, F₁'de heterobeltiosis etkisinin daha yaygın ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu, F₂'de ise hem etkilerin şiddeti hem de anlamlılığı bakımından azalma gözlemlendiği tespit edilmiştir. Ancak F₂'de “Serge × Jofs” ve “Ultrillo × Jofs” gibi bazı kombinasyonlar, görece olarak heterotik potansiyelini koruyarak ileriki nesillerde değerlendirilme potansiyeli taşımaktadır. Bu bulgular, heterozisin kalıcılığının genotipik uyuma bağlı olduğunu ve seçilen ebeveyn kombinasyonlarının heterobeltiosis ifadesinde belirleyici rol oynadığını ortaya koymaktadır (Sarawat ve ark., 1994; Sharma ve ark., 2023).

Çizelge 4.16. Tam diallel melez setinde baklada tane sayısı ile ilgili heterobeltiosis değerleri (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	----	10,00	11,76	13,64	29,41**
Compana	-35,00**	----	0,00	-13,64	-20,00*
Serge	11,76	-5,00	----	-13,64	-12,50
Jofs	-22,73*	-4,55	9,09	----	-22,73*
Ultrillo	5,88	-10,00	37,50**	-27,27*	----
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	----	-11,76	-23,53	0,00	-10,00
Compana	-5,88	----	-6,67	-9,09	-25,00*
Serge	5,88	-20,00	----	9,09	-20,00
Jofs	4,55	-22,73*	-4,55	----	-18,18
Ultrillo	-15,00	-10,00	5,00	9,09	----

Baklada tane sayısı bakımından F₁ jenerasyonunda gözlenen yüksek pozitif heterobeltiosis değerleri, özellikle “Ultrillo × Serge” ve “Boggie × Ultrillo” gibi kombinasyonların ıslah çalışmalarında öncelikli olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir. Ancak F₂ jenerasyonunda heterobeltiosis etkilerinin azalması, genetik seleksiyon sürecinin dikkatle planlanmasını ve heterotik üstünlük gösteren kombinasyonların stabil genetik yapılarla desteklenerek sabitlenmesini gerekli kılmaktadır. Ayrıca, negatif heterobeltiosis gösteren kombinasyonların ayrıntılı şekilde analiz edilmesi, melezleme stratejilerinin verimlilik açısından daha sağlıklı yürütülmesine katkı sağlayacaktır.

4.4. Bitkide Tane Sayısı

Bitkide tane sayısı, baklagillerde toplam verim üzerine doğrudan etkili olan başlıca bileşenlerden biridir ve bu özelliğin melezleme yoluyla iyileştirilmesi, özellikle heterosis etkisinin etkin kullanımıyla mümkündür.

F₁ jenerasyonunda, ebeveyn çeşitler arasında en yüksek tane sayısı Compana (164.67 adet) ile kaydedilirken, Serge (129.67 adet) en düşük değeri göstermiştir (Çizelge 4.17). Bu farklılık, ebeveynlerin genetik potansiyelleri arasındaki varyasyonu yansıtmakta ve bu çeşitlerin melezleme programlarındaki rolünün iyi analiz edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, özellikle Compana'nın yüksek tane sayısı kapasitesi nedeniyle avantajlı bir ebeveyn olduğu söylenebilir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

F₁ jenerasyonunda gözlenen veriler, heterosis etkisinin bitkide tane sayısı üzerinde oldukça belirgin olduğunu göstermektedir. Özellikle “Jofs × Compana” kombinasyonunda elde edilen 217.67 adet ile en yüksek tane sayısı, bu melezin ebeveyn ortalamasının oldukça üzerine çıktığını ve güçlü bir melez üstünlüğü sergilediğini ortaya koymaktadır (Çizelge 4.17). Bu durum, söz konusu kombinasyonda uygun genlerin dominans ve/veya epistatik etkileşimler aracılığıyla sinerjik bir şekilde birleştiğini düşündürmektedir (Lejeune-Henaut ve ark., 1992; Sharma ve ark., 2023). Diğer yandan, “Serge × Ultrillo” kombinasyonunda gözlenen 104.67 adet gibi düşük bir değer (Çizelge 4.17), genetik uyumsuzluk veya olumsuz epistatik etkileşimlerin melez performansını sınırladığını göstermektedir.

Ebeveynler açısından değerlendirildiğinde, F₂ jenerasyonunda Jofs (134.00 adet) yine en yüksek performansa sahip ebeveyn olarak öne çıkarken, Serge (60.00 adet) en düşük değeri göstermiştir (Çizelge 4.17). Bu bulgu, Jofs'un hem F₁ hem de F₂ jenerasyonlarında olumlu katkı yapan kararlı bir ebeveyn olduğunu desteklemektedir.

F₂ jenerasyonunda ise segregasyon ve genetik ayrışmanın etkisiyle melezler arasında daha düşük ve yakınsayan performanslar gözlenmiştir. En yüksek bitkide tane sayısı “Serge × Jofs” (198.00 adet) kombinasyonunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.17). Bu sonuç, söz konusu kombinasyonda uygun genetik konfigürasyonların F₂ jenerasyonunda da sürdürülebildiğini ve dominant genlerin sabitleme ihtimalinin yüksek olduğunu göstermektedir (Kumari ve ark., 2015). Ancak, birçok kombinasyonda tane sayısında düşüş gözlenmiş olup, bu durum F₁'de gözlenen heterotik etkinin segregasyon sonucu zayıfladığını göstermektedir. Örneğin, “Serge × Compana” kombinasyonunda sadece 65.67 adet gibi düşük bir performans saptanmıştır (Çizelge

4.17). Bu durum, F₂'de genetik açılımın bazı kombinasyonlarda istenilen yönde sonuç vermediğini ve epistatik etkileşimlerin bozulabileceğini göstermektedir (Singh ve ark., 2007).

F₁ jenerasyonunda heterosis etkisinin baskın olduğu, F₂ jenerasyonunda ise bu etkinin genetik varyasyonun ayrışması ve rekombinasyonu sonucunda azaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum, klasik ıslah literatüründe sıkça vurgulanan “F₂'de heterotik etkilerin çözülme eğilimi” (Kumari ve ark., 2015) ile uyumludur. Ancak, “Serge × Jofs” gibi kombinasyonlarda heterotik potansiyelin F₂'de de sürdürülebilmesi, bu melezlerin seleksiyonel ıslah programlarında ileri kuşaklarda değerlendirilme potansiyelini vurgulamaktadır.

Bu bulgular bitkide tane sayısı gibi kompleks kantitatif özelliklerin ıslahında hem F₁ performansının hem de F₂ jenerasyonundaki stabilitenin dikkate alınmasının gerekliliğini göstermektedir. Heterosisin etkili bir şekilde kullanılabilmesi için ebeveyn seçiminin stratejik olarak yapılması ve üstün kombinasyonların segregasyon sonrasında da performansını koruyup korumadığının analiz edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Çizelge 4.17. Tam diallel melez setinde bitkide tane sayısı ile ilgili ortalama değerler (adet)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	136,00^{c-f}	183,67 ^{abc}	166,67 ^{a-f}	216,33 ^a	168,67 ^{a-e}
Compana	105,67 ^{ef}	164,67^{a-f}	160,00 ^{a-f}	139,67 ^{b-f}	121,67 ^{c-f}
Serge	150,00 ^{b-f}	143,67 ^{b-f}	129,67^{c-f}	145,33 ^{b-f}	104,67 ^f
Jofs	136,00 ^{c-f}	217,67 ^a	201,67 ^{ab}	171,33^{a-d}	140,67 ^{b-f}
Ultrillo	137,67 ^{c-f}	140,67 ^{b-f}	202,67 ^{ab}	111,67 ^{def}	107,33^{e-f}
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	109,33^{b-e}	88,33 ^{cde}	85,67 ^{cde}	137,00 ^{bc}	104,00 ^{b-e}
Compana	105,00 ^{b-e}	91,67^{cde}	82,33 ^{cde}	120,00 ^{bcd}	82,00 ^{cde}
Serge	109,67 ^{b-e}	65,67 ^{d-e}	60,00^e	198,00 ^a	88,67 ^{cde}
Jofs	151,67 ^{ab}	126,33 ^{bc}	127,67 ^{bc}	134,00^{bc}	118,67 ^{bcd}
Ultrillo	104,33 ^{b-e}	112,33 ^{b-e}	132,67 ^{bc}	157,67 ^{ab}	129,33^{bc}

Diyagonallerdeki değerler ebeveynler, diğerleri melez değerleridir

F₁ jenerasyonunda bitkide tane sayısı ile ilgili genel kombinasyon yeteneği (GKY, v^2 GKY) varyansı 82.37 ile düşük düzeyde kalmış, bu da eklemeli gen etkilerinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Buna karşın, özel kombinasyon yeteneği (ÖKY, v^2 ÖKY) varyansı 87.60 ile GKY'dan bir miktar daha yüksek bulunmuş ve bu sonuç, dominant ve epistatik etkileşimlerin F₁ jenerasyonunda baskın rol oynadığını ortaya koymuştur (Çizelge 4.18). Bu bulgular, heterosis etkisinin F₁'de belirgin olduğunu ve verim bileşenlerinin büyük ölçüde eklemeli olmayan gen etkileriyle şekillendiğini desteklemektedir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018; Sharma ve ark., 2023). Ayrıca F₁

jenerasyonunda resiprok etkiler (185.96) dikkat çekici düzeydedir (%12.17), bu da anaç-babaç farklarının önemli olduğunu ve ebeveynlerin çaprazlama yönünün bitkide tane sayısı üzerinde belirleyici olabileceğini göstermektedir. $v^2GKY/v^2ÖKY$ oranının 342.53 gibi yüksek bir değer göstermesi, genel kombinasyon yeteneğinin özel kombinasyon yeteneğine göre oldukça düşük olduğunu ve heterosisin etkisinin baskın olduğunu doğrulamaktadır. Bu jenerasyonda hesaplanan Baker oranı (%65) ve dar anlamda kalıtım derecesi ($h^2 = \%9$), genetik varyansın büyük oranda tahmin edilemez eklemeli olmayan etkilere dayandığını, bu nedenle F_1 jenerasyonunda seleksiyonun sınırlı etkiye sahip olabileceğini göstermektedir (Çizelge 4.18). Bu sonuçlar, Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından bildirilen benzer bulgularla uyumludur.

F_2 jenerasyonunda ise genetik yapı anlamlı şekilde değişim göstermiştir. GKY varyansı 245.4'e yükselmiş ve etki yüzdesi %20.20 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.18). Bu durum, eklemeli gen etkilerinin F_2 jenerasyonunda daha belirgin hale geldiğini ve seçime uygun materyallerin bu jenerasyonda daha kolay ayrıştırılabileceğini göstermektedir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018). ÖKY varyansı (186.07) da yüksek kalmakla birlikte GKY ile daha dengeli bir yapı sunmuş, bu da dominant ve epistatik etkilerin etkisini bir miktar yitirdiğini ve genetik varyansın daha tahmin edilebilir hale geldiğini göstermektedir. F_2 jenerasyonunda resiprok etkiler (14.77) belirgin şekilde azalmış, bu da anne ve baba etkileri arasındaki farkların segregasyonla birlikte etkisini yitirdiğini göstermektedir (Çizelge 4.18). Bu durum, genetik katkıların rekombinasyonla dengelendiğini ve çaprazlama yönünün bu jenerasyonda önemini kaybettiğini düşündürmektedir. $v^2GKY/v^2ÖKY$ oranı 132.15, GKY'nın ÖKY'ya göre daha etkili hale geldiğini ve eklemeli gen etkilerinin F_2 jenerasyonunda baskın olduğunu göstermektedir. Baker oranının %73 olarak hesaplanması, genetik varyansın büyük ölçüde tahmin edilebilir olduğunu ve çevresel etkilerin azaldığını göstermektedir. Kalıtım derecelerindeki artış da bu sonucu destekler niteliktedir: dar anlamda kalıtım derecesi %33, geniş anlamda kalıtım derecesi ise %46 olarak bulunmuş (Çizelge 4.18) ve bu durum, genetik ilerleme potansiyelinin F_2 jenerasyonunda daha yüksek olduğunu açıkça ortaya koymuştur (Kumari ve ark., 2015; Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

Bu bulgular, heterosis etkisinin ve eklemeli olmayan gen etkilerinin baskın olduğu F_1 jenerasyonunun hibrit üstünlüğü açısından avantajlı olduğunu, ancak F_2 jenerasyonunun genetik seleksiyon için daha uygun olduğunu göstermektedir. Özellikle GKY değerinin artması ve h^2 'nin yükselmesi, F_2 jenerasyonunun verim artışı ve özellik sabitlemesi için daha stratejik bir dönemeç olduğunu vurgulamaktadır.

Çizelge 4.18. Tam diallel melez setinde bitkide tane sayısı ile ilgili genetik komponentler

Genetik Komponent	F ₁ Jenerasyonu		F ₂ Jenerasyonu	
	Varyans	Etki %	Varyans	Etki %
σ^2 GKY	82,37	5,39	245,4	20,20
σ^2 ÖKY	87,6	5,73	186,07	15,32
Resiprok	185,96	12,17	14,77	1,22
σ^2 GKY / σ^2 ÖKY	342,53	22,42	132,15	10,88
D	164,74		490,79	
H	87,6		186,07	
H/D ^{1/2}	0,94		1,32	
Baker Oranı	0,65		0,73	
h ²	0,09		0,33	
H ²	0,14		0,46	

F₁ jenerasyonunda, GK Y değerleri bakımından Jofs (13.020) ve Compana (2.053) genotipleri pozitif etkileriyle ön plana çıkmış, bu da bu ebeveynlerin bitkide tane sayısını artırmada genetik üstünlük sunduklarını göstermektedir. Özellikle Jofs'un pozitif katkısı, bu genotipin genel uyum kabiliyetinin yüksek olduğunu ve farklı kombinasyonlara olumlu katkı yapabildiğini göstermektedir. Buna karşılık, Ultrillo (-17.847) negatif GK Y değeriyle bu özellik üzerinde olumsuz etki yaratmış ve ıslah programlarında dikkatli değerlendirilmesi gereken bir ebeveyn olarak ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.19). Bu bulgular, eklemeli gen etkilerinin bu özellikte sınırlı olduğunu ve F₁ jenerasyonunda eklemeli olmayan gen etkilerinin (dominans ve epistaz) ön planda olduğunu göstermektedir (Griffing, 1956; Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

F₂ jenerasyonuna geçildiğinde, GK Y değerlerinde dikkat çekici değişiklikler gözlenmiştir. Jofs (27.620**), GK Y bakımından hem en yüksek değeri göstermiş hem de F₁ jenerasyonundaki olumlu katkısını F₂'de artırarak sürdürmüştür. Bu durum, eklemeli gen etkilerinin segregasyonla birlikte ön plana çıktığını ve bu jenerasyonda seleksiyon yapılabilirliğin arttığını göstermektedir. Ancak, Compana (-16.347*) ve Serge (-11.847*) gibi genotipler, F₂ jenerasyonunda negatif GK Y değerleriyle olumsuz etkiler sergilemiş ve bu özellik için daha az uygun ebeveynler olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 4.19).

F₁ jenerasyonu ÖKY açısından değerlendirildiğinde, "Ultrillo × Serge" (49.000*) ve "Jofs × Compana" (39.000*) kombinasyonları, özel kombinasyonların tane sayısını artırmadaki güçlü etkilerini ortaya koymuştur. Bu kombinasyonlardaki yüksek pozitif ÖKY değerleri, dominant gen etkilerinin ve özel ebeveyn eşleşmelerinin verim bileşenleri üzerindeki etkisini desteklemektedir. Öte yandan, "Jofs × Boggie" (-40.167*) ve "Compana × Boggie" (-39.000*) gibi kombinasyonlar negatif ÖKY değerleriyle dikkat çekmiştir (Çizelge 4.19). Bu durum, tüm kombinasyonların üstün

verim sağlamadığını ve ÖKY analizlerinin özel eşleşmelerin başarısını belirlemede kritik rol oynadığını göstermektedir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Resiprokal etkiler ise F_1 jenerasyonunda oldukça belirgin düzeydedir. “Boggie $\times$ Ultrillo” (17.347) ve “Ultrillo $\times$ Boggie” (-15.500*) arasındaki fark, aynı iki ebeveynin çaprazlama yönüne bağlı olarak farklı sonuçlar doğurduğunu göstermektedir (Çizelge 4.19). Bu bulgu, maternal etkilerin ve sito-nükleer etkileşimlerin bitkide tane sayısı üzerinde etkili olabileceğini düşündürmektedir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

Çizelge 4.19. Tam diallel melez setinde bitkide tane sayısı ile ilgili kombinasyon kabiliyetleri

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	1,520	-11,053	3,413	9,480	17,347
Compana	-39,000**	2,053	-3,620	11,447	-5,187
Serge	-8,333	-8,167	1,253	7,080	18,113
Jofs	-40,167**	39,000**	28,167**	13,020	-21,153
Ultrillo	-15,500*	9,500	49,000**	-14,500*	-17,847
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	-2,447	2,580	-0,920	6,280	-9,287
Compana	8,333	-16,347*	-10,687	-0,987	-2,387
Serge	12,000*	-8,333	-11,847*	34,180**	6,613
Jofs	7,333	3,167	-35,167**	27,620**	-5,353
Ultrillo	0,167	15,167*	22,000**	19,500**	3,020

Diyagonallerdeki değerler GKY, köşegen üstü ÖKY, köşegen altı Resiprokal etkileridir.

F₂'de ÖKY yönünden “Serge $\times$ Jofs” (34.180*) ve “Ultrillo $\times$ Serge” (22.000*) kombinasyonları yüksek pozitif etkilerle dikkat çekmiştir. Bu kombinasyonların segregasyon sonrasında dahi tane sayısı üzerindeki katkısını sürdürebilmesi, kalıcı ve seçilebilir genetik varyasyonların bu kombinasyonlarda yoğunlaştığını göstermektedir. Buna karşılık, “Jofs $\times$ Serge” (-35.167*) ve “Compana $\times$ Serge” (-10.687) kombinasyonları, düşük ÖKY değerleriyle verimliliği sınırlamıştır. Resiprok etkiler F₂ jenerasyonunda da anlamlı düzeydedir. “Boggie $\times$ Compana” (2.580) ile “Compana $\times$ Boggie” (8.333*) ve “Ultrillo $\times$ Jofs” (19.500*) ile “Jofs $\times$ Ultrillo” (-5.353) kombinasyonları arasındaki fark, çaprazlama yönünün etkisinin F₂'de de sürdüğünü göstermektedir (Çizelge 4.19). Ancak bu etkiler, F₁'e göre genellikle daha az belirgindir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

Genel olarak hem F₁ hem de F₂ jenerasyonlarındaki bulgular, Jofs genotipinin yüksek GKY ve bazı kombinasyonlarda yüksek ÖKY değerleriyle tane sayısına katkı açısından öncelikli bir ebeveyn olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle “Ultrillo $\times$ Serge” ve “Serge $\times$ Jofs” gibi kombinasyonlar, hem özel hem de genel kombinasyon yetenekleriyle yüksek performans sergilemiş ve ıslah programları için önemli bir

potansiyel taşımaktadır. Öte yandan, resiprok etkilerin göz ardı edilmemesi gerektiği ve anaç-baba seçiminin stratejik planlamayla yapılması gerektiği vurgulanmalıdır.

F₁ jenerasyonunda, “Ultrillo × Serge” (%71.03**) kombinasyonu en yüksek pozitif heterosis değerini göstermiştir. Bu sonuç, iki ebeveynin genetik olarak birbirini tamamladığını ve bu kombinasyonun ortalama ebeveyn değerine göre çok daha yüksek performans sergilediğini ortaya koymaktadır. “Boggie × Jofs” (%40.78**) ve “Boggie × Ultrillo” (%38.63**) kombinasyonları da yüksek heterosis değerleri ile dikkat çekmiş, özellikle Boggie’nin farklı ebeveynlerle uyumlu kombinasyonlar oluşturabilme kapasitesini yansıtmıştır (Çizelge 4.20). Bu kombinasyonlar, heterotik yapının dominant ve epistatik gen etkileriyle şekillendiğini desteklemektedir (Griffing, 1956; Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Pozitif heterosis değeri gösteren “Jofs × Compana” (%29.56**) ve “Jofs × Serge” (%34.00**) kombinasyonları, Jofs’un genel kombinasyon yeteneğinin yüksekliğini pekiştirmekte ve verim bileşenlerine olumlu katkısını teyit etmektedir. Ancak bazı kombinasyonlarda negatif heterosis değerleri gözlemlenmiştir; özellikle “Compana × Boggie” (%-29.71**) ve “Ultrillo × Jofs” (%-19.86) gibi kombinasyonlar, ebeveynler arasında genetik uyumsuzlukların varlığını ya da baskın zararlı alellerin etkisini göstermektedir (Çizelge 4.20). Bu bulgular, heterotik yapının genetik arka plan ve özel kombinasyonlar ile yakından ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

F₂ jenerasyonunda ise heterosis değerlerinde belirgin değişimler gözlenmiştir. “Serge × Jofs” (%104.12**) kombinasyonu, F₂’de en yüksek pozitif heterosis değerini göstererek bu kombinasyonun segregasyon sonrası genetik çeşitlilikten etkili bir şekilde faydalandığını kanıtlamıştır. Aynı zamanda “Ultrillo × Serge” (%40.14**) ve “Jofs × Serge” (%31.62*) kombinasyonları da F₂ jenerasyonunda pozitif heterosis gösteren üstün kombinasyonlar arasında yer almıştır (Çizelge 4.20). Bu durum, bu üç kombinasyonun hem dominant hem de rekombinatif avantajlara sahip olduğunu göstermektedir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Bununla birlikte, F₂ jenerasyonunda negatif heterosis değerlerinin yaygınlaştığı görülmüştür. Özellikle “Compana × Ultrillo” (%-25.79*) ve “Boggie × Compana” (%-12.11) gibi kombinasyonlarda genetik performans düşüşü gözlemlenmiş, bu da segregasyonun ve alel kombinasyonlarının bazı bireylerde avantaj yerine dezavantaj oluşturabileceğini göstermektedir (Çizelge 4.20). F₂ jenerasyonunda heterosis değerlerinde gözlenen varyasyon, heterozigotluğun kaybı, genetik çözülme ve rekombinasyon etkileri ile açıklanabilir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

Genel olarak, F₁ jenerasyonunda heterosis etkisi daha stabil ve yaygın olup birçok kombinasyonda yüksek performans sağlamıştır. Buna karşılık F₂ jenerasyonunda segregasyon süreciyle birlikte heterosis etkisinin azaldığı, bazı kombinasyonlarda ise performansın korunabildiği gözlenmiştir. “Ultrillo × Serge” ve “Jofs × Serge” kombinasyonları her iki jenerasyonda da pozitif heterosis değerleri ile öne çıkarak, ıslah programları için potansiyel adaylar olarak değerlendirilmiştir. Bu durum, hem F₁ hem de F₂’de istikrarlı performans gösterebilen kombinasyonların önemini vurgulamakta ve seleksiyon programları için genetik dayanıklılığı yüksek materyallerin tercih edilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.20. Tam diallel melez setinde bitkide tane sayısı ile ilgili heterosis değerleri (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	----	22,17*	25,47*	40,78**	38,63**
Compana	-29,71**	----	8,72	-16,87	-10,54
Serge	12,92	-2,38	----	-3,43	-11,67
Jofs	-11,50	29,56**	34,00**	----	0,96
Ultrillo	13,15	3,43	71,03**	-19,86	----
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	----	-12,11	1,18	12,60	-12,85
Compana	4,48	----	8,57	6,35	-25,79*
Serge	29,53*	-13,41	----	104,12**	-6,34
Jofs	24,66*	11,96	31,62*	----	-9,87
Ultrillo	-12,57	1,66	40,14**	19,75	----

Bu çalışmada, F₁ jenerasyonunda “Ultrillo × Serge” (%56.30**) kombinasyonu, en yüksek pozitif heterobeltiosis değeriyle öne çıkmıştır. Bu sonuç, bu kombinasyonun üstün genetik uyum sergileyerek en iyi ebeveynden daha yüksek performans gösterdiğini ortaya koymaktadır (Çizelge 4.21). Literatürde de benzer şekilde, genetik olarak uzak ancak tamamlayıcı özelliklere sahip ebeveynlerin melezlerinin yüksek heterobeltiosis sergilediği bildirilmektedir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018; Sharma ve ark., 2023). Bunun yanı sıra, “Boggie × Jofs” (%26.26*) ve “Jofs × Compana” (%27.04*) kombinasyonları da pozitif heterobeltiosis değerleri ile umut vaat eden melezler arasında yer almıştır. Buna karşın, bazı kombinasyonlar negatif heterobeltiosis değerleri göstermiştir. Özellikle “Compana × Boggie” (%-35.83**) ve “Ultrillo × Jofs” (%-34.82**) kombinasyonları, en iyi ebeveyne kıyasla belirgin bir performans düşüşü sergilemiştir (Çizelge 4.21). Bu durum, söz konusu kombinasyonlarda potansiyel genetik uyumsuzlukların, epistatik etkileşimlerin veya baskın zararlı alel

kombinasyonlarının melez performansını olumsuz etkileyebileceğini düşündürmektedir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

F₂ jenerasyonunda ise heterobeltiosis değerlerinde farklı bir eğilim gözlenmiştir. “Serge × Jofs” (%47.76**) kombinasyonu, bu jenerasyonda en yüksek pozitif heterobeltiosis değeri ile dikkat çekmiş ve segregasyon sonrası bile üstün performans sergileyebilecek kombinasyonların varlığını ortaya koymuştur. Ayrıca “Ultrillo × Jofs” (%17.66) ve “Jofs × Boggie” (%13.18) gibi kombinasyonlar da F₂ jenerasyonunda pozitif heterobeltiosis göstererek genetik olarak değerlendirmeye değer materyaller arasında yer almıştır (Çizelge 4.21). Bununla birlikte, F₂'de heterobeltiosis değerlerinde genel bir düşüş gözlenmiş, pozitif heterobeltiosis gösteren kombinasyon sayısı azalmış, negatif değerlerin sıklığı artmıştır. Bu durum, F₂ jenerasyonunda segregasyonun ve genetik rekombinasyonun etkilerinin melez performansında ayrışmalara yol açtığını göstermektedir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Özellikle “Compana × Ultrillo” (%-36.60**) ve “Serge × Ultrillo” (%-31.44*) gibi kombinasyonlar, F₂ jenerasyonunda en iyi ebeveynin oldukça altında performans sergileyerek genetik çözülmenin ve uyumsuzluğun etkisini yansıtmaktadır (Çizelge 4.21). F₁ ve F₂ jenerasyonlarının karşılaştırmalı değerlendirilmesi, F₁'deki pozitif heterobeltiosis etkisinin daha belirgin olduğunu; F₂'de ise bu etkinin genetik varyasyonun çözülmesiyle zayıfladığını göstermektedir.

Çizelge 4.21. Tam diallel melez setinde bitkide tane sayısı ile ilgili heterobeltiosis değerleri (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	----	11,54	22,55	26,26*	24,02
Compana	-35,83**	----	-2,83	-18,48	-26,11*
Serge	10,29	-12,75	----	-15,18	-19,28
Jofs	-20,62*	27,04*	17,70	----	-17,90
Ultrillo	1,23	-14,57	56,30**	-34,82**	----
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	----	-19,21	-21,65	2,24	-19,59
Compana	-3,96	----	-10,18	-10,45	-36,60**
Serge	0,30	-28,36	----	47,76**	-31,44*
Jofs	13,18	-5,72	-4,73	----	-11,44
Ultrillo	-19,33	-13,14	2,58	17,66	----

Genel olarak değerlendirildiğinde, “Ultrillo × Serge” ve “Jofs × Compana” gibi F₁ jenerasyonunda pozitif heterobeltiosis gösteren kombinasyonlar, ilk seleksiyon döngüleri için önem taşımaktadır. Ancak “Serge × Jofs” gibi bazı kombinasyonlar, F₂ jenerasyonunda da yüksek heterobeltiosis koruyarak seleksiyon baskılarına dirençli,

genetik olarak stabilize olabilecek adaylar olarak değerlendirilebilir. Bu sonuçlar, heterobeltiosis etkinliğinin sadece jenerasyonlar arası değişimini değil, aynı zamanda uzun vadeli ıslah stratejileri için genetik uyum, ebeveyn seçimi ve rekombinasyon dengesinin önemini vurgulamaktadır.

4.5. Bitkide Biyolojik Verim

Biyolojik verim, bitki ıslahında toplam fotosentetik ürünün bir göstergesi olarak, genotipin çevresel koşullara verdiği toplam yanıtı yansıtır (Ceyhan, 2004). Bu parametre, özellikle yüksek verim potansiyeline sahip hibritlerin belirlenmesinde kritik bir öneme sahiptir.

F₁ jenerasyonunda, Jofs (105.54 g/bitki) ebeveyni en yüksek biyolojik verimi sağlamış, bu da onun üstün genetik yapısı ve çevresel adaptasyon kapasitesi ile açıklanabilir. Serge (78.67 g/bitki) ise en düşük biyolojik verime sahip ebeveyn olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.22).

F₁ hibritlerinde ise melez üstünlüğü (heterosis) belirgin bir şekilde gözlemlenmiş, birçok kombinasyon ebeveynlerden daha yüksek verim göstermiştir. Özellikle “Jofs × Compana” (109.07 g/bitki), “Ultrillo × Boggie” (101.42 g/bitki) ve “Boggie × Jofs” (101.16 g/bitki) kombinasyonları yüksek biyolojik verimleri ile ön plana çıkmıştır (Çizelge 4.22). Bu sonuçlar, Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından bildirilen ve yüksek verim bileşenlerinin uygun ebeveyn kombinasyonlarıyla elde edilebileceğini vurgulayan bulgularla uyumludur. Ayrıca Ceyhan (2004); Pandey ve ark. (2006), melez gücünün özellikle dominant ve eklemeli olmayan gen etkileriyle kontrol edilen özelliklerde etkili olduğunu belirtmiştir. Buna karşılık, “Compana × Boggie” (74.02 g/bitki) ve “Serge × Ultrillo” (75.03 g/bitki) gibi kombinasyonlarda düşük verim gözlenmiş, bu durum ya genetik uyumsuzluk ya da zayıf heterosis etkisiyle açıklanabilir (Çizelge 4.22). Sharma ve ark. (2023), bu gibi durumlarda genetik denge eksikliğinin heterosis etkisini sınırladığını bildirmiştir. Ayrıca, Kapur (2007); Dalgıç ve Ceyhan (2018), bazı kombinasyonların genetik yapılarında epistatik etkileşimlerin baskın olmasının, melez performansını olumsuz etkileyebileceğini belirtmişlerdir.

F₂ jenerasyonunda ise segregasyonun etkisiyle ortalama verim düzeylerinde düşüş yaşanmış, ancak Jofs (88.27 g/bitki) ebeveyni yine en yüksek değeri sağlayarak genetik kararlılığını korumuştur. En düşük verim Compana (71.79 g/bitki) tarafından sergilenmiştir.

F₂ jenerasyonunda, melez kombinasyonlar arasında, “Serge × Jofs” (97.81 g/bitki), “Ultrillo × Jofs” (95.58 g/bitki) ve “Ultrillo × Boggie” (89.81 g/bitki) kombinasyonları en yüksek biyolojik verimleri sağlayarak (Çizelge 4.22), segregasyon sürecine rağmen genetik istikrarlarını koruyabilen kombinasyonlar olduklarını ortaya koymuştur. F₂ jenerasyonuna geçildiğinde, biyolojik verim değerlerinde genel olarak düşüş yaşanmış; bu durum, genetik ayrışmanın doğal sonucu olarak heterosis etkisinin azalmasıyla açıklanabilir (Ceyhan, 2004; Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Orta düzey verim sağlayan kombinasyonlar arasında “Jofs × Boggie” (85.90 g/bitki) ve “Compana × Jofs” (82.76 g/bitki) gibi melezler yer alırken, “Boggie × Compana” (71.67 g/bitki) ve “Serge × Compana” (67.87 g/bitki) gibi düşük verimliler, segregasyonun olumsuz etkisini yansıtmaktadır (Çizelge 4.22). Benzer şekilde, Ceyhan ve ark. (2008); Parveen (2019) çalışmaları da bazı melez kombinasyonlarının F₂ populasyonlarında yüksek performans göstererek sürdürülebilir genetik ilerleme potansiyeli taşıdığını bildirmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, F₁ jenerasyonunda yüksek biyolojik verim değerleri ile heterozisin etkili olduğu; F₂ jenerasyonunda ise segregasyonun etkisiyle varyasyonun arttığı ve melez kombinasyonların performanslarının daha geniş bir aralıkta dağıldığı görülmüştür. Bununla birlikte, “Serge × Jofs” ve “Ultrillo × Jofs” gibi bazı kombinasyonlar F₂’de de yüksek biyolojik verimlerini koruyarak ıslah açısından seleksiyon için güçlü adaylar olarak öne çıkmıştır.

Çizelge 4.22. Tam diallel melez setinde bitkide biyolojik verim ile ilgili ortalama değerler (adet)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	84,00^{e-h}	88,31 ^{c-h}	89,34 ^{b-h}	101,16 ^{a-d}	100,50 ^{a-e}
Compana	74,02 ^h	85,47^{d-h}	82,27 ^{fgh}	92,29 ^{b-f}	81,30 ^{fgh}
Serge	82,77 ^{fgh}	81,94 ^{fgh}	78,67^{fgh}	79,14 ^{fgh}	75,03 ^{g-h}
Jofs	84,00 ^{e-h}	109,07 ^a	100,42 ^{a-e}	105,54^{ab}	86,33 ^{d-h}
Ultrillo	101,42 ^{a-d}	91,36 ^{b-g}	104,37 ^{abc}	75,62 ^{fgh}	80,28^{fgh}
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	81,45^{c-h}	71,67 ^{g-j}	75,32 ^{e-j}	86,09 ^{a-f}	82,30 ^{b-h}
Compana	75,25 ^{e-j}	71,79^{g-j}	70,57 ^{hij}	82,76 ^{b-h}	77,69 ^{d-j}
Serge	75,88 ^{e-j}	67,87 ^{i-j}	66,35^j	97,81 ^a	76,40 ^{d-j}
Jofs	85,90 ^{a-f}	83,91 ^{b-h}	73,72 ^{f-j}	88,27^{a-e}	91,65 ^{abc}
Ultrillo	89,81 ^{a-d}	80,90 ^{c-i}	83,36 ^{b-h}	95,58 ^{ab}	84,02^{b-g}

Diyagonallerdeki değerler ebeveynler, diğerleri melez değerleridir

Bu bağlamda, F₁ jenerasyonunda yüksek biyolojik verimle birlikte güçlü heterosis etkisinin gözlenmesi, kısa vadede hibrit gücünden faydalanılabileceğini göstermektedir. Ancak, F₂ jenerasyonunda segregasyon sürecine rağmen yüksek verimini koruyabilen kombinasyonların seçilmesi, uzun vadeli genetik kazanç için kritik

önem taşımaktadır. Dalgıç ve Ceyhan (2018), bu yaklaşımın, çevresel stres koşullarına dayanıklı ve verimli hatların geliştirilmesinde stratejik bir öncelik olduğunu vurgulamıştır.

Biyolojik verim üzerine yapılan bu analiz, genetik varyasyonun ve heterosis etkisinin etkin kullanımıyla birlikte, seleksiyon ve melezleme stratejilerinin bezelye ıslahında başarıya ulaşmada bütünleyici roller üstlendiğini ortaya koymaktadır (Singh ve ark., 2007; Gupta ve ark., 2024). Çalışma bulguları, hem genetik etkileşimlerin hem de çevresel adaptasyon kapasitesinin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstererek, modern ıslah programlarına katkı sağlayacak şekilde bilimsel bir temel sunmaktadır.

F₁ jenerasyonunda elde edilen varyans analizine göre, genel kombinasyon yeteneği (GKY) varyansı oldukça düşük (%0,50), özel kombinasyon yeteneği (ÖKY) varyansı ise yüksek (%34,81) bulunmuştur (Çizelge 4.23). Bu durum, biyolojik verim üzerinde eklemeli olmayan gen etkilerinin (dominant ve epistatik) baskın olduğunu ve heterosis etkisinin F₁ jenerasyonunda güçlü şekilde ifade edildiğini göstermektedir (Ceyhan, 2004). $v^2\text{GKY}/v^2\text{ÖKY}$ oranının 19,88 olması, özel kombinasyon etkilerinin açık baskınlığına işaret etmektedir. Baker oranının %3 gibi son derece düşük olması ise genetik varyansın büyük bölümünün tahmin edilemez olduğunu ve çevresel etkilerin güçlü olduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 4.23). Bu bağlamda, dar anlamda kalıtım derecesinin %1 gibi düşük bir düzeyde kalması, biyolojik verimde seleksiyonun F₁ jenerasyonunda sınırlı başarı sağlayabileceğini göstermektedir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018). F₁ jenerasyonundaki resiprok etkilerin %10,25 düzeyinde olması ise, anne ve baba rollerinin biyolojik verim üzerindeki katkılarında farklar olduğunu ve maternal etkilerin dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır (Çizelge 4.23). Lejeune-Henaut ve ark. (1992), benzer şekilde bezelyede bazı verim bileşenlerinde resiprok varyansların belirgin olduğunu ve bu etkinin hibrit kombinasyonların seçiminde dikkate alınması gerektiğini vurgulamıştır.

F₂ jenerasyonunda genetik yapı önemli ölçüde değişmiştir. GKY varyansı %35,97'ye yükselmiş ve ÖKY varyansı %0,40'a kadar düşmüştür. Bu durum, F₂ jenerasyonunda eklemeli gen etkilerinin belirgin şekilde baskın hale geldiğini ve genetik varyansın büyük oranda tahmin edilebilir hale geldiğini ortaya koymaktadır. Baker oranının %99'a yükselmesi, seleksiyon yoluyla genetik kazanç elde etme olasılığının oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Dar ve geniş anlamda kalıtım derecelerinin %53 olması, genetik aktarımın güçlendiğini ve biyolojik verimin kalıtsal yapısının F₂'de daha belirgin olduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 4.23) (Dalgıç ve

Ceyhan, 2018). F_2 jenerasyonundaki resiprok etkilerin %0,51 ile oldukça düşük seviyeye gerilemesi (Çizelge 4.23), ana-baba rollerinin etkisinin artık önemsiz hale geldiğini ve genetik varyasyonun daha stabil bir yapıya ulaştığını göstermektedir. Bu durum, segregasyonun ardından genotipler arası farkların daha öngörülebilir bir yapıya kavuştuğunu desteklemektedir.

Çizelge 4.23. Tam diallel melez setinde bitkide biyolojik verim ile ilgili genetik komponentler

Genetik Komponent	F ₁ Jenerasyonu		F ₂ Jenerasyonu	
	Varyans	Etki %	Varyans	Etki %
σ^2 GKY	0,72	0,50	27,76	35,97
σ^2 ÖKY	49,78	34,81	0,31	0,40
Resiprok	14,66	10,25	0,39	0,51
σ^2 GKY / σ^2 ÖKY	19,88	13,90	11,32	14,67
D	1,45		55,52	
H	49,78		0,31	
H/D ^{1/2}	0,01		89,77	
Baker Oranı	0,03		0,99	
h ²	0,01		0,53	
H ²	0,32		0,53	

F₁ jenerasyonunda eklemeli olmayan gen etkileri ve heterosis ön plandayken, F₂ jenerasyonunda eklemeli etkilerin belirginleştiği, GK Y'nın ÖKY'ya kıyasla daha etkili hale geldiği ve kalıtım derecelerinin önemli ölçüde arttığı görülmüştür. Bu bulgular, F₁ jenerasyonunun melez üstünlüğünden yararlanmak, F₂ jenerasyonunun ise kalıtıma dayalı genetik ilerleme sağlamak için daha uygun olduğunu göstermektedir. İslah çalışmalarında bu jenerasyonlar arasındaki genetik dinamiklerin dikkate alınması, hem kısa vadede yüksek verimli genotiplerin belirlenmesi hem de uzun vadede sürdürülebilir seleksiyon stratejilerinin oluşturulması açısından büyük önem taşımaktadır.

F₁ jenerasyonunda, Jofs (5.326*) en yüksek GK Y değerine sahip ebeveyn olarak dikkat çekmiş ve biyolojik verime olan katkısıyla genetik üstünlüğünü ortaya koymuştur. Bu durum, Jofs'un farklı kombinasyonlarda biyolojik verim artışına belirgin katkı sağladığını ve yüksek GK Y etkisinin F₁ performansını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Diğer yandan, Serge (-3.323) ve Compana (-1.435) gibi ebeveynler düşük GK Y değerleriyle biyolojik verime sınırlı katkı sağlamıştır (Çizelge 4.24). Bu bulgular, F₁'de biyolojik verimin büyük ölçüde eklemeli olmayan gen etkilerine bağlı olduğunu ve bu nedenle GK Y katkılarının çeşitler arasında farklılık gösterdiğini göstermektedir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

F₂ jenerasyonunda GK Y etkileri daha belirgin hale gelmiş ve Jofs (6.744**) ile Ultrillo (3.920*) en yüksek GK Y değerleriyle öne çıkmıştır (Çizelge 4.24). Bu durum, özellikle Jofs'un her iki jenerasyonda da genetik üstünlüğünü koruduğunu ve biyolojik

verim üzerindeki eklemeli gen etkilerinin F_2 'de daha baskın hale geldiğini göstermektedir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Compana (-5.233**) ve Serge (-5.289**) ise düşük GKY değerleri ile F_2 'de de sınırlayıcı ebeveynler olarak kalmıştır (Çizelge 4.24).

F_1 'de ÖKY analizleri, özellikle “Ultrillo x Serge” (14.670*) ve “Boggie x Ultrillo” (12.943*) kombinasyonlarının yüksek özel kombinasyon yetenekleri ile öne çıktığını göstermektedir. Bu kombinasyonlarda baskın ve epistatik gen etkilerinin güçlü biçimde ifade edildiği ve heterosis potansiyelinin yüksek olduğu değerlendirilmektedir. Öte yandan, “Jofs x Ultrillo” (-12.001**) ve “Jofs x Boggie” (-8.581*) gibi kombinasyonlar düşük ÖKY değerleri ile dikkat çekmiş (Çizelge 4.24), bu durum genetik uyumsuzluk veya negatif epistatik etkileşimleri işaret etmektedir. Lejeune-Henaut ve ark. (1992) de, bezelyede bazı kombinasyonların negatif ÖKY değerleri göstermesinin, melez performansını olumsuz yönde etkileyebileceğini bildirmiştir.

Çizelge 4.24. Tam diallel melez setinde bitkide biyolojik verim ile ilgili kombinasyon kabiliyetleri

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F_1 Jenerasyonu					
Boggie	0,367	-6,351*	0,422	-1,697	12,943**
Compana	-7,147**	-1,435	-1,719	8,201**	0,115
Serge	-3,283	-0,164	-3,323	-0,808	5,373
Jofs	-8,581**	8,388**	10,638**	5,326*	-12,001**
Ultrillo	0,457	5,033*	14,670**	-5,355*	-0,936
F_2 Jenerasyonu					
Boggie	-0,141	-1,821	0,378	-1,260	1,622
Compana	1,790	-5,233*	-0,912	1,174	-0,048
Serge	0,280	-1,352	-5,289*	3,657	0,597
Jofs	-0,095	0,577	-12,047**	6,744**	2,299
Ultrillo	3,753*	1,605	3,483*	1,965	3,920*

Diyagonallerdeki değerler GKY, köşegen üstü ÖKY, köşegen altı Resiprokal etkileridir.

F_2 jenerasyonunda ÖKY değerleri genel olarak düşmekle birlikte, “Ultrillo x Boggie” (3.753) ve “Serge x Jofs” (3.657) gibi kombinasyonlar hala yüksek ÖKY değerleri sergileyerek segregasyona rağmen genetik stabilite göstermiştir. “Ultrillo x Serge” (3.483*) ve “Jofs x Ultrillo” (2.299) kombinasyonları da dikkate değer ÖKY katkılarına sahiptir. Ancak “Jofs x Serge” (-12.047) gibi kombinasyonlar, düşük özel kombinasyon yeteneği ile genetik uyumsuzluk potansiyelini ortaya koymuştur. Resiprok etkilerde “Compana x Boggie” ve “Boggie x Ultrillo” kombinasyonları arasında gözlenen farklılıklar (Çizelge 4.24), çaprazlama yönünün biyolojik verime etkili olabileceğini ortaya koymaktadır (Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

F_1 jenerasyonunda heterosis ve eklemeli olmayan gen etkileri baskınken, F_2 jenerasyonunda eklemeli gen etkileri daha belirgin hale gelmiştir. Jofs'un hem F_1 'de

hem de F₂'de yüksek GKY değeri ile ön plana çıkması, bu genotipin biyolojik verimi artırmada genetik dayanıklılık ve stabilite sağladığını göstermektedir. F₂'de segregasyonun etkisiyle ÖKY değerlerinde genel bir düşüş gözlenmekle birlikte, “Ultrillo x Boggie” ve “Serge x Jofs” gibi kombinasyonlar yüksek ÖKY değerleri ile seleksiyon için güçlü adaylar olarak değerlendirilebilir.

Bezelye ıslah çalışmalarında yüksek GKY ve ÖKY değerlerine sahip kombinasyonların öncelikli olarak değerlendirilmesi gerektiğini ve özellikle Jofs ile Ultrillo gibi ebeveynlerin, biyolojik verimi artırmaya yönelik ıslah programlarında etkin şekilde kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

F₁ jenerasyonunda en yüksek heterosis değerleri “Ultrillo x Serge” (%31.32**) ve “Ultrillo x Boggie” (%23.46**) kombinasyonlarında elde edilmiştir. Bu sonuçlar, bu kombinasyonların ortalama ebeveyn değerlerine kıyasla biyolojik verim açısından anlamlı bir genetik üstünlük sağladığını ve yüksek heterotik etkiye sahip olduklarını göstermektedir. Benzer şekilde, “Boggie x Ultrillo” (%22.35**) ve “Jofs x Compana” (%14.20**) kombinasyonları da istatistiksel olarak anlamlı pozitif heterosis değerleri göstermiştir (Çizelge 4.25). Lejeune-Henaut ve ark. (1992), özellikle F₁ jenerasyonunda bazı kombinasyonların verim bileşenlerinde %20’yi aşan heterosis değerleri gösterebileceğini, bunun da heterotik kazanç açısından önemli olduğunu belirtmiştir. Buna karşılık, “Compana x Boggie” (-12.65*) ve “Ultrillo x Jofs” (-18.61**) gibi kombinasyonlarda negatif heterosis değerleri gözlenmiş ve bu durum melezlerin ortalama ebeveyn değerlerinin altında performans sergilediğini ortaya koymuştur (Çizelge 4.25). Bu tür negatif heterosis durumları, genetik uyumsuzluk, olumsuz epistatik etkileşimler veya heterotik dengenin kurulamamasıyla açıklanabilir (Singh ve ark., 2007).

F₂ jenerasyonunda heterosis değerlerinde önemli bir değişim gözlenmiş ve varyasyon genişlemiştir. En yüksek pozitif heterosis değeri “Serge x Jofs” (%26.51**) kombinasyonunda tespit edilmiş ve bu sonuç, bu melezin genetik çeşitliliği verim lehine etkili bir şekilde kullandığını göstermektedir. Ayrıca, “Ultrillo x Serge” (%10.87*) ve “Ultrillo x Jofs” (%10.95*) gibi kombinasyonlar da F₂ jenerasyonunda heterotik etkiyi sürdürebilmiştir. Bununla birlikte, “Boggie x Compana” (-6.47) ve “Serge x Jofs” (-4.65) gibi kombinasyonlar negatif heterosis değerleriyle düşük performans sergilemiştir. Bu durum, F₂ jenerasyonunda segregasyon (Çizelge 4.25), genetik rekombinasyon ve allel frekanslarının yeniden düzenlenmesi gibi faktörlerin melez performansını olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

Çizelge 4.25. Tam diallel melez setinde bitkide biyolojik verim ile ilgili heterosis değerleri (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	----	4,22	9,83*	6,74	22,35**
Compana	-12,65*	----	0,25	-3,37	-1,91
Serge	1,76	-0,15	----	-14,08**	-5,60
Jofs	-11,36*	14,20**	9,02*	----	-7,09
Ultrillo	23,46**	10,24*	31,32**	-18,61**	----
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	----	-6,47	1,92	1,45	-0,53
Compana	-1,79	----	2,17	3,41	-0,28
Serge	2,68	-1,75	----	26,51**	1,61
Jofs	1,23	4,85	-4,65	----	6,39
Ultrillo	8,55*	3,84	10,87*	10,95*	----

Genel olarak, F₁ jenerasyonunda heterosis etkisinin daha belirgin ve yaygın olduğu, özellikle “Ultrillo x Serge” ve “Ultrillo x Boggie” gibi kombinasyonların genetik üstünlük sağladığı görülmektedir. F₂ jenerasyonunda ise heterosis etkisi daha sınırlı olmakla birlikte bazı kombinasyonlar (Serge x Jofs, Ultrillo x Jofs) yüksek heterotik etkiyi sürdürebilmiştir. Bu durum, bazı kombinasyonların segregasyona rağmen genetik stabilite gösterebildiğini, dolayısıyla ıslah programlarında ileri seleksiyonlar için uygun adaylar olabileceğini ortaya koymaktadır.

Bu bulgular, F₁ jenerasyonunun heterosis potansiyelinden yararlanmak için ideal bir seleksiyon jenerasyonu olduğunu, F₂ jenerasyonunda ise segregasyona dayanıklı, üstün kombinasyonların öne çıkarılması gerektiğini vurgulamaktadır. Elde edilen veriler doğrultusunda, biyolojik verimi artırma potansiyeli taşıyan kombinasyonların uzun dönemli ıslah stratejilerine entegre edilmesi önerilmektedir.

F₁ jenerasyonunda, “Ultrillo × Serge” (%30.00**) ve “Ultrillo × Boggie” (%20.73**) kombinasyonları en yüksek pozitif heterobeltiosis değerleriyle dikkat çekmiş ve bu kombinasyonların en iyi ebeveynlerine kıyasla biyolojik verim açısından anlamlı üstünlük sergilediği görülmüştür. Aynı şekilde, “Boggie × Ultrillo” (%19.64**) kombinasyonu da istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek heterobeltiosis göstermiştir (Çizelge 4.26). Bu durum, bu melezlerde dominant gen etkilerinin ve genetik tamamlayıcılığın güçlü biçimde ifade edildiğini ve melez avantajının başarılı şekilde yansıtıldığını göstermektedir (Lejeune-Henaut ve ark., 1992; Singh ve ark., 2007; Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Ancak, “Ultrillo × Jofs” (-28.35**) ve “Serge × Jofs” (-25.01**) gibi bazı kombinasyonlarda yüksek düzeyde negatif heterobeltiosis değerlerinin görülmesi, genetik uyumsuzluk, olumsuz epistatik etkileşimler veya

heterozigot dezavantajı gibi nedenlerle melezlerin en iyi ebeveynden daha düşük performans sergilediğini düşündürmektedir (Çizelge 4.26). Dalgıç ve Ceyhan (2018), F₁ jenerasyonundaki negatif heterobeltiosis etkilerinin, genotipler arası genetik uzaklık yetersizliği veya allel frekanslarının örtüşmemesi gibi faktörlere bağlı olarak gelişebileceğini vurgulamıştır.

F₂ jenerasyonunda ise heterobeltiosis değerlerinde belirgin bir azalma gözlenmiştir. Bu jenerasyonda “Serge × Jofs” (%10.81*) ve “Ultrillo × Jofs” (%8.28) kombinasyonları pozitif heterobeltiosis değerleriyle öne çıkmakla birlikte, bu değerler F₁’e kıyasla daha düşük düzeydedir. Diğer taraftan, “Jofs × Serge” (-16.49**) ve “Serge × Ultrillo” (-9.08*) gibi kombinasyonlar negatif heterobeltiosis ile düşük performans sergilemiştir (Çizelge 4.26). Bu durum, F₂ jenerasyonunda segregasyonun etkisiyle genotipler arasında varyasyonun artması ve üstün gen kombinasyonlarının parçalanması nedeniyle melez performansının zayıfladığını göstermektedir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

Çizelge 4.26. Tam diallel melez setinde bitkide biyolojik verim ile ilgili heterobeltiosis değerleri (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	----	3,33	6,35	-4,15	19,64**
Compana	-13,40*	----	-3,74	-12,56*	-4,88
Serge	-1,47	-4,12	----	-25,01**	-6,54
Jofs	-20,41**	3,34	-4,85	----	-18,20**
Ultrillo	20,73**	6,90	30,00**	-28,35**	----
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	----	-12,01*	-7,53	-2,47	-2,05
Compana	-7,62	----	-1,70	-6,24	-7,54
Serge	-6,84	-5,47	----	10,81*	-9,08*
Jofs	-2,68	-4,94	-16,49**	----	3,83
Ultrillo	6,88	-3,72	-0,79	8,28	----

Her ne kadar F₂ jenerasyonunda pozitif heterobeltiosis daha sınırlı olsa da bazı kombinasyonlar, özellikle “Serge × Jofs” ve “Ultrillo × Jofs”, segregasyona rağmen üstün performans göstererek genetik stabilite ve uyumu koruyabilmiştir. Bu durum, bazı genotiplerin üstün performanslarının F₂ jenerasyonuna da taşınabildiğini, dolayısıyla bu tür kombinasyonların ileri jenerasyon seleksiyonları için uygun adaylar olduğunu göstermektedir.

F₁ jenerasyonunda heterobeltiosis etkisi daha yüksek olup, “Ultrillo × Serge” ve “Boggie × Ultrillo” gibi kombinasyonlar biyolojik verimi artırma potansiyeli açısından dikkat çekicidir. F₂ jenerasyonunda ise segregasyonun etkisiyle heterobeltiosis değerleri genelde düşmüş, ancak belirli kombinasyonlar olumlu performans sergilemeye devam

etmiştir. Bu bulgular, ıslah programlarında hem yüksek heterobeltiosis değerlerine sahip F_1 kombinasyonlarının değerlendirilmesini hem de F_2 jenerasyonunda segregasyona dayanıklı ve genetik olarak dengeli melezlerin seçimini gerekli kılmaktadır.

4.6. Bitkide Tane Verimi

Tane verimi, tarla bitkileri ıslahında doğrudan seleksiyon yapılabilen ve ekonomik açıdan en önemli agronomik özelliklerden biri olarak kabul edilmektedir. Bezelye gibi kendine döllek türlerde, F_1 hibritlerindeki heterosis etkisi sayesinde ebeveyn performanslarının ötesine geçen genetik üstünlükler elde edilebilmektedir (Ceyhan, 2004; Ateş ve Ceyhan, 2016; Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

F_1 jenerasyonunda, tane verimi değerleri genel olarak yüksek düzeyde gözlemlenmiş ve heterosis etkisi belirgin bir şekilde hissedilmiştir. Bu jenerasyonda hibritlerin çoğu, ebeveynlerin bireysel performansını aşarak üstün bir tane verimi sergilemiştir. Bu durum, ebeveynlerin genetik uyumu ve melez azmanlığı etkisiyle açıklanabilir. Ebeveynler arasında Jofs (54.26 g/bitki), F_1 jenerasyonunda en yüksek tane verimine sahip olup, hem bireysel performansı hem de hibrit kombinasyonlarında sağladığı katkılarla dikkat çekmiştir. Jofs'un genetik yapısının, kombinasyonlarda yüksek verime ulaşmada belirleyici olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 4.27).

Hibritler arasında özellikle bazı kombinasyonlar öne çıkmıştır. “Jofs x Compana” (59.12 g/bitki), “Ultrillo x Serge” (53.09 g/bitki), “Boggie x Ultrillo” (52.56 g/bitki) ve “Ultrillo x Boggie” (50.14 g/bitki) gibi kombinasyonlar, F_1 jenerasyonunda en yüksek tane verimine ulaşarak, ebeveynlerin genetik uyumunun etkili olduğu hibritlerdir. Bu kombinasyonlarda hem Jofs'un genetik üstünlüğü hem de Ultrillo'nun uyum sağlayıcı genetik katkısı dikkat çekmektedir. Bu yüksek verim kombinasyonları, F_1 jenerasyonunun heterosis etkisini en iyi şekilde yansıtmaktadır. Özellikle “Jofs x Compana”, verim açısından zirvede yer almakta ve genetik uyumun başarılı bir örneğini temsil etmektedir (Çizelge 4.27). Benzer şekilde Lejeune-Henaut ve ark. (1992); Ceyhan (2004); Ceyhan ve ark. (2008); Gündoğan ve Ceyhan (2018), heterozisin verim bileşenlerinde güçlü bir şekilde ifade edilebilmesi için ebeveynler arasında genetik uyumun kritik öneme sahip olduğunu vurgulamıştır. F_1 jenerasyonunda tüm hibritlerin yüksek performans göstermediği de gözlemlenmiştir. “Ultrillo x Jofs” (24.34 g/bitki) ve “Serge x Ultrillo” (24.75 g/bitki) gibi bazı kombinasyonlar, F_1 jenerasyonunda beklenenden düşük verim sergilemiştir. Bu durum, genetik uyumsuzluğa veya bu kombinasyonlarda heterosis etkisinin yeterince ortaya çıkmamasına bağlanabilir. Düşük

performans gösteren bu hibritler, F₁ jenerasyonunda genetik farklılıkların her kombinasyonda aynı başarıyı sağlamayabileceğini göstermektedir (Singh ve ark., 2007). Ceyhan (2004); Pandey ve ark. (2006); Ceyhan ve ark. (2008); Halil ve Uzun (2020)'de benzer şekilde, yüksek verim potansiyelinin yalnızca uygun genetik eşleşmelerde mümkün olduğunu ve bazı kombinasyonlarda olumsuz genetik etkileşimlerin heterotik etkiyi bastırabileceğini rapor etmiştir.

F₁ jenerasyonu genel olarak, yüksek tane verimi ile genetik potansiyelin en iyi şekilde değerlendirildiği bir jenerasyon olmuştur. Özellikle Jofs ve Ultrillo gibi ebeveynler, genetik uyumun ve heterosis etkisinin belirginleştiği kombinasyonlarda güçlü bir rol oynamışlardır. Bu durum, F₁ jenerasyonunun bitki ıslah çalışmalarında yüksek verim potansiyeli sağlamak için önemli bir kaynak olduğunu ve doğru ebeveyn kombinasyonlarının seçimiyle başarılı sonuçlar elde edilebileceğini göstermektedir.

Çizelge 4.27. Tam diallel melez setinde bitkide tane verimi ile ilgili ortalama değerler (g/bitki)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	33,39^{g-h}	37,37 ^{d-h}	38,06 ^{c-h}	49,88 ^{a-e}	52,56 ^{a-d}
Compana	22,74 ^h	34,19^{fgh}	31,66 ^{g-h}	41,01 ^{b-g}	30,68 ^{g-h}
Serge	31,49 ^{g-h}	30,67 ^{g-h}	27,73^{g-h}	29,20 ^{g-h}	24,75 ^h
Jofs	32,72 ^{g-h}	59,12 ^a	49,14 ^{a-f}	54,26^{ab}	35,05 ^{e-h}
Ultrillo	50,14 ^{a-e}	40,75 ^{b-g}	53,09 ^{abc}	24,34 ^h	29,00^{g-h}
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	27,23^{d-k}	17,45 ^{j-k}	21,10 ^{g-k}	33,64 ^{a-g}	29,85 ^{c-j}
Compana	22,80 ^{f-k}	19,34^{h-k}	18,12 ^{ijk}	30,31 ^{b-j}	25,24 ^{e-k}
Serge	24,10 ^{e-k}	16,09 ^k	14,57^k	46,03 ^a	24,62 ^{e-k}
Jofs	36,72 ^{a-e}	36,03 ^{a-f}	25,84 ^{e-k}	40,39^{a-d}	43,77 ^{ab}
Ultrillo	41,93 ^{abc}	31,11 ^{b-i}	32,62 ^{a-h}	44,84 ^a	33,28^{a-g}

Diyagonallerdeki değerler ebeveynler, diğerleri melez değerleridir

Ebeveynler açısından değerlendirildiğinde, Jofs (40.39 g/bitki) en yüksek performansı sergileyen ebeveyn olmuştur. Jofs'un hem bireysel olarak yüksek verim sergilemesi hem de hibrit kombinasyonlarında üstün sonuçlar vermesi, üstünlüğünü ortaya koymaktadır. Ultrillo (33.28 g/bitki) da F₂ jenerasyonunda stabil bir performans sergileyerek dikkat çekmiştir. Ancak, diğer ebeveynler arasında Serge (14.57 g/bitki) ve Compana (19.34 g/bitki) gibi düşük tane verimine sahip ebeveynlerdir. Bu ebeveynlerin genetik katkıları, segregasyonun etkisiyle hibritlerde de zayıflamış ve düşük verime yol açmıştır (Çizelge 4.27). Ceyhan (2004); Ceyhan ve Avcı (2005b); Ateş ve Ceyhan (2016); Dalgıç ve Ceyhan (2018), bu tür genetik dayanıklılığın, F₂ jenerasyonunda genetik ilerlemenin sürdürülebilmesi açısından kritik olduğunu belirtmektedir.

F₂ jenerasyonunda, F₁'de gözlenen heterosis etkisinin zayıfladığı ve segregasyonun etkisiyle ortalama verim düzeylerinde düşüş yaşandığı belirlenmiştir. Bu durum, alel frekanslarının yeniden dağılması sonucu üstün gen kombinasyonlarının bozulması ile açıklanabilir (Ceyhan, 2004; Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Ancak, bazı kombinasyonlar bu segregasyona direnç göstererek F₂ jenerasyonunda da yüksek tane verimini korumuştur. “Serge × Jofs” (46.03 g/bitki), “Ultrillo × Jofs” (44.84 g/bitki) ve “Ultrillo × Boggie” (41.93 g/bitki) kombinasyonları, genetik stabiliteleriyle öne çıkmış ve seleksiyon için umut vaat eden adaylar olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.27). Bu bulgular, F₂ jenerasyonunda da bazı kombinasyonların yüksek genetik uyuma sahip olduğunu ve seleksiyonla sürdürülebilir kazanç sağlayabileceğini göstermektedir (Ceyhan, 2004; Ceyhan ve ark., 2008; Parveen, 2019). Öte yandan, “Boggie × Compana” (17.45 g/bitki) ve “Serge × Compana” (16.09 g/bitki) gibi kombinasyonlarda F₂ jenerasyonunda düşük verim elde edilmiş ve bu durum, olası genetik uyumsuzluk ve segregasyonun negatif etkileri ile açıklanabilir (Çizelge 4.27). Sharma ve ark. (2023), genetik denge ve tamamlayıcılığın sağlanamadığı kombinasyonlarda heterosis etkisinin kısa ömürlü olabileceğini bildirmiştir. Ceyhan (2004); Ceyhan ve ark. (2008); Dalgıç ve Ceyhan (2018) çalışmalarında da belirtildiği gibi, F₂ jenerasyonunda yüksek performans gösteren melezlerin genetik stabiliteye sahip olması, ileri nesil seleksiyonlarda başarı şansını artırmaktadır. Bu nedenle, F₂ jenerasyonunda seleksiyon yapılırken yalnızca verim değil, aynı zamanda kararlı genetik yapıya sahip kombinasyonların tercih edilmesi büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın bulguları, tane veriminin F₁ jenerasyonunda heterosis etkisi ile önemli ölçüde artırılabilirliğini, ancak F₂ jenerasyonunda segregasyon etkisinin dikkate alınarak genetik stabilitenin korunması gerektiğini ortaya koymuştur. Özellikle Jofs ve Ultrillo gibi ebeveynlerin yer aldığı kombinasyonlar, hem yüksek verim hem de genetik dayanıklılık açısından bezelye ıslahında kullanılabilecek üstün genetik kaynaklar olarak değerlendirilmektedir. Bu durum, ebeveyn seçiminin ve doğru melez kombinasyonlarının, genetik kazanç sağlanmasında temel belirleyici unsurlar olduğunu bir kez daha göstermektedir (Kumari ve ark., 2015; Gupta ve ark., 2024).

Bu çalışmada, F₁ jenerasyonunda v^2 GKY varyansı 0.01 ve etki yüzdesi %0.00 olarak hesaplanmış; bu durum, eklemeli gen etkilerinin tane verimi üzerinde ihmal edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir. Buna karşın, v^2 ÖKY varyansı 57.70 ve etki yüzdesi %40.64 gibi yüksek bir değere sahip olup, F₁ jenerasyonunda dominant ve epistatik gen etkilerinin baskın olduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 4.28). Bu bulgu,

heterosis etkisinin melez kombinasyonlarda güçlü bir şekilde ifade edildiğini ve bu etkinin, genetik olarak tamamlayıcı özel ebeveyn kombinasyonlarına bağlı olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, Ceyhan (2004); Ceyhan ve Avcı (2005a); Pandey ve ark. (2006); Kapur (2007); Kumari ve ark. (2015); Ateş ve Ceyhan (2016); Dalgıç ve Ceyhan (2018); Parveen (2019) çalışmalarında da F₁ jenerasyonunda ÖKY etkilerinin baskın olması, tane verimi gibi kompleks karakterlerde eklemeli olmayan genetik kontrolün önemini vurgulamıştır. Resiprok varyansının (14.83) %10.44'lük etki düzeyiyle orta seviyede kalması, ebeveynlerin anne veya baba olarak kullanılmasının verim üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir (Çizelge 4.28). Bu bulgu, Dalgıç ve Ceyhan (2018); Sharma ve ark. (2023) tarafından bildirilen resiprok etkilerin, bazı durumlarda çaprazlama yönünün melez performansına etkide bulunabileceğine yönelik sonuçlarla örtüşmektedir. F₁ jenerasyonunda Baker oranının %1 gibi düşük bir değerde kalması, genetik varyansın büyük ölçüde tahmin edilemez olduğunu ve çevresel faktörlerin F₁ performansı üzerinde etkili olduğunu ifade etmektedir (Çizelge 4.28). Bu durum, melez gücünün ifade edilmesiyle birlikte yüksek varyasyonun kısa vadeli avantajlar sağladığını, ancak kalıtsal ilerleme için yeterli temeli sunmadığını göstermektedir.

F₂ jenerasyonunda, genetik varyans bileşenlerinde dikkat çekici bir değişim gözlenmiştir. v^2 GKY varyansı (38.29) ve %43.07 etki yüzdesi, bu jenerasyonda eklemeli gen etkilerinin baskın hale geldiğini göstermektedir. Aynı zamanda v^2 ÖKY varyansı 1.50 (%1.69) seviyesine düşmüş, dominant ve epistatik etkilerin etkisi azalmıştır. Bu geçiş, genetik varyansın daha tahmin edilebilir bir yapıya büründüğünü göstermekte olup, ıslah programları açısından F₂ jenerasyonunu seleksiyon için daha uygun bir zemin haline getirmiştir (Çizelge 4.28). Bu eğilim, Ateş ve Ceyhan (2016); Dalgıç ve Ceyhan (2018); Parveen (2019); Taşyürek ve Ceyhan (2022) çalışmalarında F₂ neslinde eklemeli etkilerin öne çıkmasıyla seleksiyonun daha etkili hale geldiği yönündeki bulgularla uyumludur. Resiprok varyansının F₂ jenerasyonunda 0.64 (%0.72) gibi çok düşük bir düzeyde olması, anne-baba etkisi farklarının bu jenerasyonda önemini yitirdiğini göstermektedir. v^2 GKY/ v^2 ÖKY oranının 10.88 gibi yüksek bir düzeye ulaşması, genel kombinasyon yeteneğinin özel kombinasyona göre baskın hale geldiğini ve F₂ jenerasyonunun kalıtsal ilerleme açısından daha güçlü bir yapı sergilediğini kanıtlamaktadır. Özellikle Baker oranının %98'e ulaşması, genetik varyansın büyük ölçüde tahmin edilebilir olduğunu ve çevresel etkilerin sınırlı olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.28). Bu durum, seleksiyon programlarında genetik kazancın

daha istikrarlı biçimde elde edilebileceğini ortaya koymaktadır(Gupta ve ark., 2024). Kalıtım dereceleri açısından değerlendirildiğinde, dar anlamda kalıtım derecesi (h^2) %1 ve geniş anlamda kalıtım derecesi (H^2) %37 ile F_1 jenerasyonunda kalıtsal ilerlemenin sınırlı olduğu görülmektedir. F_2 jenerasyonunda ise bu oranlar sırasıyla %60 ve %61 düzeyine çıkarak, eklemeli genetik katkıların seleksiyonla aktarılabilirliğinin önemli ölçüde arttığını ortaya koymuştur (Çizelge 4.28). Ceyhan (2004); Ceyhan ve ark. (2008); Ceyhan ve Kahraman (2013); Dalgıç ve Ceyhan (2018); Yadav ve ark. (2023) gibi çalışmalar da, F_2 'de yüksek h^2 değerlerinin selektif ıslah açısından avantajlı olduğunu göstermiştir.

Çizelge 4.28. Tam diallel melez setinde bitkide tane verimi ile ilgili genetik komponentler

Genetik Komponent	F ₁ Jenerasyonu		F ₂ Jenerasyonu	
	Varyans	Etki %	Varyans	Etki %
σ^2_{GKY}	0,01	0,00	38,29	43,07
$\sigma^2_{ÖKY}$	57,70	40,64	1,50	1,69
Resiprok	14,83	10,44	0,64	0,72
$\sigma^2_{GKY} / \sigma^2_{ÖKY}$	19,61	13,81	10,88	12,24
D	0,01		76,58	
H	57,70		1,50	
$H/D^{1/2}$	0,01		25,59	
Baker Oranı	0,01		0,98	
h^2	0,01		0,60	
H^2	0,37		0,61	

Bu çalışma tane veriminde F_1 jenerasyonunun melez üstünlüğü ve dominant etkilerle ön plana çıkmasına, buna karşılık F_2 jenerasyonunun eklemeli genetik yapısıyla kalıtsal ilerleme açısından daha uygun bir yapı sunduğuna işaret etmektedir. Bu bulgular, klasik ıslah stratejilerinde F_1 jenerasyonunun heterosis avantajından faydalanılırken, F_2 jenerasyonunda eklemeli genetik varyasyonlara dayalı seleksiyonların sistematik olarak yürütülmesinin genetik kazancı maksimize edebileceğini göstermektedir.

F_1 jenerasyonunda Jofs genotipi, pozitif ve anlamlı GKY değeri (5.180*) ile öne çıkmış, bu durum Jofs'un diğer genotiplerle melezlendiğinde yüksek verim potansiyeli taşıdığını ve genetik açıdan üstün bir ebeveyn olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.29). Bu bulgu, Bourion ve ark. (2002); Ceyhan (2004; 2006); Pandey ve ark. (2006); Gündoğan ve Ceyhan (2018); Yang ve ark. (2022); Gupta ve ark. (2024) tarafından bildirilen, yüksek GKY değerine sahip ebeveynlerin ıslah programlarında öncelikli olarak değerlendirilmesi gerektiği yönündeki bulgularla paralellik göstermektedir. Buna karşılık, Serge (-3.369*) ve Compana (-1.481*) genotipleri negatif ve anlamlı GKY değerleri ile zayıf genel kombinasyon yeteneği sergilemiş, bu da söz konusu

ebeveynlerin melez kombinasyonlarda sınırlı katkı sunduğunu göstermektedir. Lejeune-Henaut ve ark. (1992); Srivastava ve ark. (2012); Suman ve ark. (2017); Parveen (2019); Halil ve Uzun (2020), düşük GKY değerlerinin genetik stabilite ve kalıtsal kazanç açısından dezavantaj oluşturduğunu bildirmiştir.

F₂ jenerasyonunda Jofs, GKY açısından üstünlüğünü korumuş (8.315**) ve kalıtsal olarak stabil bir verim potansiyeli sunduğunu bir kez daha kanıtlamıştır. Bu durum, Jofs'un hem F₁ hem F₂ jenerasyonlarında yüksek verim potansiyeli taşıyan güvenilir bir genetik kaynak olduğunu göstermektedir. Buna karşın Serge (-5.715**) ve Compana (-5.898**) genotipleri F₂ jenerasyonunda daha da belirgin negatif GKY değerleri göstermiş, bu ebeveynlerin genetik olarak zayıf kombinasyonlar oluşturduğunu ve seleksiyon programlarında dikkatle değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. F₂ jenerasyonunda dikkat çeken bir diğer bulgu, Ultrillo'nun pozitif ve anlamlı GKY değeri (4.573*) ile güçlü bir genetik katkı sunmaya devam etmesidir (Çizelge 4.29). Bu bulgu, Ultrillo'nun sadece F₁ performansına değil, aynı zamanda kalıtsal ilerleme sağlayacak genetik yapıya da sahip olduğunu göstermektedir (Halil ve Uzun, 2019; Ceyhan ve Şimşek, 2021).

ÖKY açısından “Boggie × Ultrillo” kombinasyonu (13.956**) F₁ jenerasyonunun en yüksek pozitif değerini sunmuştur (Çizelge 4.29). Bu durum, iki ebeveyn arasında güçlü bir genetik tamamlayıcılığın bulunduğunu ve dominant/epistatik gen etkilerinin sinerjik bir biçimde birleştiğini göstermektedir Sarawat ve ark. (1994); Sharma ve ark. (2023). Ancak, aynı eşleşmenin resiprokal yönü olan “Ultrillo × Boggie” (-1.210) kombinasyonu, düşük ÖKY değeri ile dikkat çekmiş; bu durum, Boggie'nin anne olarak kullanıldığı melezlemenin daha başarılı olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.29). Ateş ve Ceyhan (2016); Dalgıç ve Ceyhan (2018); Taşyürek ve Ceyhan (2022) de çaprazlama yönünün (resiprokal etki) verim üzerinde önemli olabileceğini bildirmiştir. Benzer şekilde, “Jofs × Boggie” (-8.580**) ve “Jofs × Ultrillo” (-12.421**) kombinasyonlarının düşük ÖKY değerlerine sahip olması, Jofs'un bu iki ebeveynle yaptığı kombinasyonlarda verim katkısının sınırlı olduğunu göstermektedir. Ancak, “Boggie × Jofs” (-2.05) ve “Ultrillo × Jofs” (-5.355**) gibi resiprokal kombinasyonların daha ılımlı değerler göstermesi, Jofs'un anne ebeveyn olarak kullanıldığında verim katkısının düştüğünü göstermektedir. Bu farklılıklar, ebeveynlerin melezleme yönüne bağlı olarak genetik performanslarının değişebileceğini ve Jofs'un pozitif etkisinin ancak doğru eşleşmelerde ortaya çıktığını göstermektedir (Çizelge 4.29). Kapur (2007); Ateş ve Ceyhan (2016); Dalgıç ve Ceyhan (2018),

ebeveyn katkısının yönlü olabileceğini ve bu durumun hibrit performansını doğrudan etkileyebileceğini ifade etmiştir.

ÖKY açısından F₂ jenerasyonunda “Ultrillo × Boggie” (6.038**) ve “Ultrillo × Serge” (4.003*) kombinasyonları öne çıkmıştır. Bu eşleşmelerde yüksek verim değerleri elde edilmesi, Ultrillo’nun bu genotiplerle güçlü bir genetik sinerji oluşturduğunu göstermektedir. Ancak resiprokal analizler, Ultrillo’nun anne ebeveyn olarak kullanıldığı kombinasyonların daha başarılı olduğunu ortaya koymuştur. Örneğin, “Boggie × Ultrillo” (3.111) ve “Serge × Ultrillo” (0.281) kombinasyonlarında performans önemli ölçüde düşmüştür. Bu durum, Ultrillo’nun genetik katkısının yön bağımlı olduğunu ve özellikle anne olarak kullanıldığında daha etkin olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.29). Bu tür bulgular, Ateş ve Ceyhan (2016); Dalgıç ve Ceyhan (2018); Sharma ve ark. (2023) tarafından da desteklenmekte olup, ebeveyn rolünün verim karakterleri üzerinde asimetric etkiler doğurabileceğini vurgulamaktadır. Dikkat çeken bir diğer durum ise “Jofs × Serge” (-10.097**) kombinasyonunun oldukça düşük ÖKY değerine sahip olması, buna karşın resiprokal yönü olan “Serge × Jofs” (3.852) kombinasyonunun pozitif bir ÖKY değeri sunmasıdır. Bu fark, Jofs’un anne ebeveyn olarak kullanıldığında hibrit performansının belirgin şekilde azaldığını göstermektedir. Dolayısıyla, Jofs’un hibrit tohum üretiminde baba ebeveyn olarak kullanılması daha uygun olabilir (Çizelge 4.29). Bu bulgu, melezlemede ebeveynlerin rollerine bağlı olarak farklı sonuçlar elde edilebileceğini ve bu durumun ıslah planlamasında dikkate alınması gerektiğini göstermektedir (Lejeune-Henaut ve ark., 1992; Ceyhan ve Avcı, 2005b; Ceyhan ve ark., 2008; Suman ve ark., 2017; Gupta ve ark., 2024).

Çizelge 4.29. Tam diallel melez setinde bitkide tane verimi ile ilgili kombinasyon kabiliyetleri

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	0,454	-6,639*	-0,031	-2,050	13,956**
Compana	-7,313*	-1,481	-1,704	8,647**	0,262
Serge	-3,283	-0,498	-3,369*	-0,362	5,352*
Jofs	-8,580**	9,055**	9,972**	5,180*	-12,421**
Ultrillo	-1,210	5,033*	14,170**	-5,355*	-0,783
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	-1,277	-2,184	0,111	-1,339	3,111
Compana	2,675	-5,898**	-0,765	1,274	0,017
Serge	1,500	-1,017	-5,715**	3,852	0,281
Jofs	1,540	2,862*	-10,097**	8,315**	1,936
Ultrillo	6,038**	2,937*	4,003*	0,535	4,573*

Diyagonallerdeki değerler GKY, köşegen üstü ÖKY, köşegen altı Resiprokal etkileridir.

Bu çalışmada “Boggie $\times$ Ultrillo” ve “Ultrillo $\times$ Boggie” gibi kombinasyonların yüksek ÖKY değerleri ve Ultrillo’nun hem F₁ hem F₂ jenerasyonlarındaki olumlu katkısı, bu genotipin hibrit ıslah çalışmalarında önemli bir kaynak olabileceğini ortaya koymuştur. Aynı şekilde Jofs, yüksek GKY değeri ile dikkat çekerken, kombinasyon başarısı açısından eşleştiği genotipin ve çaprazlama yönünün belirleyici olduğu görülmüştür. Elde edilen bulgular, doğru ebeveyn seçiminin ve yönlü melezlemelerin, bezelye ıslahında yüksek verimli hibritlerin geliştirilmesi için vazgeçilmez bir strateji olduğunu ortaya koymaktadır.

Tane verimi gibi kompleks kantitatif karakterlerde, heterosis etkisinin değerlendirilmesi, yüksek verim potansiyeline sahip melezlerin belirlenmesinde önemli bir göstergedir (Lejeune-Henaut ve ark., 1992; Ceyhan, 2004; Suman ve ark., 2017). Bu çalışmada, F₁ jenerasyonunda heterosis etkisinin belirgin bir şekilde ifade edildiği görülmüştür. Özellikle “Ultrillo $\times$ Serge” kombinasyonu %87.17** ile en yüksek pozitif heterosis değerine ulaşmış, “Boggie $\times$ Ultrillo” (%68.47**) ve “Ultrillo $\times$ Boggie” (%60.71**) kombinasyonları da dikkat çekici düzeyde heterotik üstünlük sergilemiştir (Çizelge 4.30). Bu kombinasyonların genetik olarak tamamlayıcı ve uyumlu ebeveynlerden oluştuğu anlaşılmaktadır. Sarawat ve ark. (1994); Ceyhan (2004); Ceyhan ve ark. (2008); Ateş ve Ceyhan (2016); Dalgıç ve Ceyhan (2018); Sharma ve ark. (2023), benzer şekilde dominant ve epistatik gen etkileşimlerinin baskın olduğu melez kombinasyonlarda yüksek heterosis etkisinin görülebileceğini bildirmiştir. “Jofs $\times$ Compana” kombinasyonu da %33.68** heterosis değeri ile F₁ jenerasyonunda önemli bir potansiyel ortaya koymuştur (Çizelge 4.30). Bu kombinasyon, eklemeli olmayan gen etkilerinin bu eşleşmede olumlu yönde çalıştığını göstermektedir. Lejeune-Henaut ve ark. (1992); Kapur (2007), verim bileşenlerinde heterosisin ortaya çıkmasında ebeveynler arası genetik uzaklık ve tamamlayıcılığın belirleyici olduğunu belirtmiştir. Ancak, F₁ jenerasyonunda negatif heterosis değerleri de gözlenmiştir. Özellikle “Ultrillo $\times$ Jofs” (-41.54**) ve “Serge $\times$ Jofs” (-28.78**) gibi kombinasyonlar, düşük verim göstermiştir (Çizelge 4.30). Bu durum, ebeveynler arası genetik uyumsuzluk, allelik çatışmalar veya epistatik baskılama gibi olumsuz genetik etkileşimlerle açıklanabilir (Ceyhan ve ark., 2008; Sharma ve ark., 2023; Yadav ve ark., 2023).

Çizelge 4.30. Tam diallel melez setinde bitkide tane verimi ile ilgili heterosis değerleri (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	----	10,58*	24,54*	13,82	68,47**
Compana	-32,70**	----	2,28	-7,27	-2,89
Serge	3,05	-0,94	----	-28,78**	-12,74
Jofs	-25,33*	33,68**	19,87*	----	-15,81
Ultrillo	60,71**	28,97**	87,17**	-41,54	----
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	----	-25,08*	0,95	-0,50	-1,34
Compana	-2,10	----	6,85	1,48	-4,09
Serge	15,30	-5,14	----	67,49**	2,88
Jofs	8,61	20,65	-5,99	----	18,82*
Ultrillo	38,57**	18,23	36,34**	21,73*	----

F₂ jenerasyonunda heterosis düzeylerinde belirgin değişimler gözlemlenmiş, F₁'deki heterotik üstünlük, segregasyon ve genetik rekombinasyon süreçlerinin etkisiyle bazı kombinasyonlarda azalmış, bazı kombinasyonlarda ise yeniden ifade edilmiştir. “Serge × Jofs” kombinasyonu, F₂ jenerasyonunda %67.49 gibi yüksek bir heterosis değeri ile öne çıkmış, bu durum söz konusu kombinasyonun F₂ neslinde genetik çeşitlilikten faydalandığını göstermektedir (Çizelge 4.30). Ceyhan (2004); Ceyhan ve Avcı (2005b), F₂'deki yüksek heterosis değerlerinin epistatik gen etkileşimlerinin sürdürülebilir olduğunu ve bazı kombinasyonlarda genetik stabilitenin sağlandığını bildirmiştir. Benzer şekilde “Ultrillo × Serge” (%36.34**) ve “Ultrillo × Jofs” (%21.73*) kombinasyonları da F₂ jenerasyonunda yüksek pozitif heterosis değerleri sunarak, bu hatların genetik olarak avantajlı yapılar sunduğunu ve segregasyona rağmen verim potansiyelini koruyabildiklerini göstermiştir (Çizelge 4.30). Bu bulgular, eklemeligen etkilerinin daha baskın hale geldiği F₂ jenerasyonunda da bazı melezlerin yüksek verimlilik sergileyebileceğini desteklemektedir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018; Yadav ve ark., 2023). Öte yandan, F₂ jenerasyonunda da negatif heterosis değerleri dikkat çekmiştir. Özellikle “Boggie × Compana” (-25.08*) ve “Serge × Jofs” (-5.99) gibi kombinasyonlar (Çizelge 4.30), düşük verimle öne çıkmış ve bu durum segregasyon sonucu üstün gen kombinasyonlarının kaybolmuş olabileceğini göstermektedir (Lejeune-Henaut ve ark., 1992; Ceyhan ve ark., 2008; Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Genetik rekombinasyonla heterotik etkiyi destekleyen genetik yapıların bozulması, özellikle F₂ neslinde varyasyonun artmasına ancak heterosisin zayıflamasına neden olabilmektedir (Sarawat ve ark., 1994; Ceyhan, 2004; Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

Genel olarak değerlendirildiğinde, F₁ jenerasyonunda heterosis etkisinin yaygın ve güçlü bir şekilde ifade edildiği, buna karşılık F₂ jenerasyonunda daha dengeli ve

seleksiyon açısından değerli bir varyasyonun ortaya çıktığı görülmüştür. Özellikle “Ultrillo × Serge” kombinasyonunun her iki jenerasyonda da yüksek heterosis değerlerini koruması, bu kombinasyonun genetik stabiliteye sahip olduğunu ve ıslah programlarında öncelikli olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir (Suman ve ark., 2017; Gupta ve ark., 2024). Bu bağlamda, yüksek heterosis etkisi gösteren kombinasyonlar, melezleme temelli ıslah stratejileri açısından önemli bir genetik kaynak sunmakta; özellikle yüksek verim, stabilite ve geniş genetik varyasyon gibi hedefler doğrultusunda, doğru ebeveyn seçimi ve çevreye uygun kombinasyonların belirlenmesi, genetik kazancı maksimize etmek için temel belirleyici olarak karşımıza çıkmaktadır (Taşyürek ve Ceyhan, 2022; Sharma ve ark., 2023).

Bezelye gibi kendine döllek türlerde, heterobeltiosis analizi ile yüksek performanslı kombinasyonlar tanımlanabilir ve genetik kazanç potansiyeli olan eşleşmeler belirlenebilir (Sarawat ve ark., 1994; Ceyhan, 2004). Bu çalışmada, F₁ jenerasyonunda pozitif heterobeltiosis etkisinin sınırlı ancak bazı kombinasyonlarda anlamlı düzeyde yüksek olduğu gözlenmiştir. Özellikle “Ultrillo × Serge” kombinasyonu, %83.05** ile en yüksek heterobeltiosis değerini sergilemiş; “Ultrillo × Boggie” (%57.40**) ve “Ultrillo × Compana” (%19.19) kombinasyonları da pozitif değerleriyle dikkat çekmiştir (Çizelge 4.31). Bu kombinasyonlar, dominant ve epistatik gen etkilerinin başarılı bir şekilde birleştiğini ve ebeveynler arası genetik tamamlayıcılığın güçlü olduğunu göstermektedir. Sarawat ve ark. (1994); Ceyhan (2004) de, dominant × dominant türü gen etkileşimlerinin yüksek heterobeltiosis etkisi oluşturduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte, F₁ jenerasyonunda birçok kombinasyon negatif heterobeltiosis etkisi göstermiştir. Özellikle “Ultrillo × Jofs” (-55.14**) ve “Serge × Jofs” (-46.19**) kombinasyonlarında ciddi bir verim düşüşü gözlenmiştir. Bu durum, genetik uyumsuzluk (Çizelge 4.31), allelik çatışmalar veya epistatik baskılamaların melez performansını olumsuz yönde etkilediğini düşündürmektedir (Lejeune-Henaut ve ark., 1992; Ceyhan, 2004; Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Bu tür kombinasyonlarda, dominant genlerin etkisinin yetersiz kalması veya uygun olmayan allel kombinasyonlarının birleşmesi, F₁ hibritin en iyi ebeveyni aşamamasına neden olabilir (Sarawat ve ark., 1994; Gupta ve ark., 2024).

F₂ jenerasyonunda heterobeltiosis değerlerinde genel olarak bir azalma gözlenmiştir. Bu düşüş, segregasyonun ve genetik rekombinasyonun etkisiyle üstün gen kombinasyonlarının parçalanmasıyla açıklanabilir (Sarawat ve ark., 1994; Ceyhan, 2004). F₂'de yalnızca “Ultrillo × Boggie” (%25.97*) ve “Serge × Jofs” (%13.96)

kombinasyonları pozitif heterobeltiosis değerleri göstermiştir (Çizelge 4.31). Bu durum, söz konusu kombinasyonların belirli ölçüde genetik stabiliteye sahip olduğunu ve avantajlı alel kombinasyonlarının bir kısmının korunabildiğini göstermektedir. Benzer şekilde, Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018) çalışmalarında da F₂ jenerasyonunda sınırlı sayıda kombinasyonun yüksek performans sergileyebildiği ve bunun çoğunlukla ebeveyn uyumuna ve genetik yapılarına bağlı olduğu ifade edilmiştir. Öte yandan, F₂ jenerasyonunda negatif heterobeltiosis değerleri yaygındır. “Jofs × Serge” (-36.03**) ve “Serge × Ultrillo” (-26.04*) kombinasyonları gibi örnekler, genetik ayrışmanın verim üzerine olumsuz etkilerini yansıtmaktadır (Çizelge 4.31). Bu bulgu, Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından ifade edilen, kalitatif karakterlerin dominant genlerle kontrol edildiği ancak çevresel etkilerin sınırlı olduğu senaryolarda bile, F₂ jenerasyonunda varyasyonun artarak verim stabilitesini bozabileceği yönündeki gözlemlerle uyumludur.

Çizelge 4.31. Tam diallel melez setinde bitkide tane verimi ile ilgili heterobeltiosis değerleri (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	----	9,29	13,98	-8,07	57,40**
Compana	-33,49*	----	-7,39	-24,42**	-10,26
Serge	-5,69	-10,31	----	-46,19**	-14,66
Jofs	-39,70**	8,95	-9,44	----	-35,41**
Ultrillo	50,15**	19,19	83,05**	-55,14**	----
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	----	-35,93*	-22,51	-16,71	-10,32
Compana	-16,28	----	-6,32	-24,96*	-24,18*
Serge	-11,49	-16,84	----	13,96	-26,04*
Jofs	-9,09	-10,79	-36,03**	----	8,37
Ultrillo	25,97*	-6,53	-1,98	11,02	----

Genel olarak değerlendirildiğinde, F₁ jenerasyonunda heterobeltiosis etkisinin daha yüksek ve yaygın olduğu, F₂ jenerasyonunda ise bu etkinin sınırlı kaldığı belirlenmiştir. “Ultrillo × Serge” ve “Ultrillo × Boggie” kombinasyonları, F₁’de gösterdikleri yüksek heterobeltiosis sayesinde hibrit tohum geliştirme çalışmalarında öncelikli değerlendirilmesi gereken eşleşmeler olarak öne çıkmaktadır. F₂ jenerasyonunda ise “Ultrillo × Boggie” kombinasyonu genetik üstünlüğünü belirli ölçüde sürdürebilmiş, ancak çoğu kombinasyonda heterobeltiosis etkisi zayıflamıştır. Bu sonuçlar, dominant etkilerin erken jenerasyonlarda güçlü bir şekilde ifade edilebildiğini, ancak ilerleyen jenerasyonlarda genetik stabilitenin yalnızca belirli

kombinasyonlarda korunabildiğini göstermektedir (Kumari ve ark., 2015; Gupta ve ark., 2024).

Heterobeltiosis analizi, bezelye ıslah programlarında yüksek verimli, genetik olarak uyumlu ve ıslah açısından avantajlı kombinasyonların belirlenmesinde etkili bir araçtır. F₁ jenerasyonunda yüksek heterobeltiosis gösteren kombinasyonlar, hibrit çeşit geliştirme açısından önemli potansiyel taşırken, F₂ jenerasyonunda ise genetik stabiliteye sahip kombinasyonların seçilmesi, sürdürülebilir verim kazancı açısından önem arz etmektedir. Bu bağlamda, ebeveyn seçimi kadar çaprazlama yönü, melezlerin değerlendirme jenerasyonu ve genetik etkileşim tipi de ıslah stratejilerinde dikkate alınmalıdır.

4.7. Yüz Tane Ağırlığı

Yüz tane ağırlığı, tane büyüklüğünü ve dolayısıyla verim ve ticari kaliteyi doğrudan etkileyen önemli bir morfolojik özelliktir. Bu özellik, genetik ve çevresel etkilerin etkileşimiyle şekillenmekte olup, ıslah çalışmalarında seleksiyon kriteri olarak sıklıkla kullanılmaktadır (Singh et al., 2003; Falconer & Mackay, 1996).

Bu çalışmada, ebeveynler arasında Jofs (29.33 g) ve Ultrillo (22.33 g), yüksek değerleriyle dikkat çekerken; Compana (18.03 g) ve Serge (17.67 g) gibi ebeveynler daha düşük ortalamalar sergilemiştir. Bu durum, Jofs'un iri tanelik özelliğini baskın olarak yavru döllere aktarabildiğini göstermektedir (Çizelge 4.32). Ceyhan (2003) ve Kapur (2007), bu tür morfolojik özelliklerin çoğunlukla dominant veya epistatik genlerle kontrol edilebildiğini ve uygun ebeveyn kombinasyonları ile F₁'de önemli genetik kazanç sağlanabileceğini ifade etmiştir.

F₁ jenerasyonu, yüz tane ağırlığında heterosis etkisinin belirgin olarak öne çıkmıştır. Hibritler arasında, "Ultrillo × Boggie" kombinasyonu, 33.33 g ile F₁ jenerasyonunda en yüksek yüz tane ağırlığını sağlamış ve bu eşleşme, ebeveynler arası genetik tamamlayıcılığın başarılı bir örneğini sunmuştur. Ayrıca, "Boggie × Ultrillo" ve "Compana × Jofs" gibi kombinasyonlar da sırasıyla 26.33 g ile dikkat çekmiştir (Çizelge 4.32). Bu hibritlerdeki üstün performans, genetik olarak uyumlu ebeveynlerin bir araya gelmesiyle dominant etkilerin verimli biçimde ortaya çıktığını göstermektedir (Sharma et al., 2023; Pandey et al., 2006). Öte yandan, "Serge × Jofs" (16.00 g) ve "Compana × Serge" (16.57 g) gibi kombinasyonlar (Çizelge 4.32), düşük yüz tane ağırlıklarıyla genetik uyumsuzluk sinyalleri vermekte, bu durum melez uyumsuzluğu veya allelik çatışma ihtimaline işaret etmektedir (Barin et al., 2002; Ceyhan & Avcı,

2005a). Genetik yapının tamamlayıcı olmaması, heterozisin beklenen düzeyde ortaya çıkmasını engelleyebilmektedir.

F₂ jenerasyonunda, ebeveynler arasında, Jofs (27.33 g) ve Ultrillo (22.33 g), genetik dayanıklılıklarını koruyarak segregasyona karşı direnç göstermiştir (Çizelge 4.32). Bu bulgu, bu genotiplerin genetik yapılarının kararlı olduğunu ve yüz tane ağırlığı gibi özelliklerin kalıtımında dominant veya yüksek kalıtım derecesine sahip allelleri taşıdıklarını düşündürmektedir (Ceyhan & Şimşek, 2021).

F₂ jenerasyonunda, segregasyonun etkisiyle genel olarak yüz tane ağırlığında bir düşüş gözlenmiş, ancak bazı kombinasyonlar F₁ düzeyindeki performanslarını korumayı başarmıştır. F₂ jenerasyonundaki hibritler arasında, “Ultrillo × Boggie” kombinasyonu 36.00 g ile en yüksek yüz tane ağırlığını göstermiştir. Bu kombinasyonu, “Jofs × Ultrillo” (33.00 g) ve “Compana × Ultrillo” (25.33 g) gibi hibritler takip etmiştir (Çizelge 4.32). Bu durum, söz konusu kombinasyonların F₂ jenerasyonunda da genetik stabiliteyi koruyabildiğini ve segregasyonun olumsuz etkilerinden daha az etkilendiğini göstermektedir. Benzer şekilde Parveen (2019), F₂ jenerasyonunda belirli kombinasyonların yüksek performans sergileyebilmesinin genetik denge ve seleksiyonel avantajlarla ilişkili olduğunu vurgulamıştır. Ancak, “Boggie × Compana” (14.70 g) ve “Compana × Serge” (16.60 g) gibi kombinasyonlar F₂’de düşük yüz tane ağırlıklarıyla performans kaybı yaşamış (Çizelge 4.32); bu durum, bu kombinasyonların genetik olarak kararsız ve uyumsuz olabileceğini göstermektedir. Dalgıç & Ceyhan (2018), segregasyon sonucu uygun alel kombinasyonlarının bozulmasının bu tür performans düşüşlerine neden olabileceğini belirtmiştir.

Çizelge 4.32. Tam diallel melez setinde yüz tane ağırlığı ile ilgili ortalama değerler (gram)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	20,80^{def}	17,67 ^{efg}	20,30 ^{d-g}	21,00 ^{def}	26,33 ^{bc}
Compana	17,30 ^{f-g}	18,03^{efg}	16,57 ^{f-g}	26,33 ^{bc}	21,00 ^{def}
Serge	18,03 ^{efg}	18,23 ^{efg}	17,67^{efg}	16,00 ^g	18,33 ^{efg}
Jofs	20,80 ^{def}	24,67 ^{bcd}	22,33 ^{cde}	29,33^{ab}	20,33 ^{dg}
Ultrillo	33,33 ^a	25,00 ^{bcd}	24,00 ^{cd}	17,67 ^{efg}	22,33^{cde}
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	20,83^{d-g}	14,70 ⁱ	19,40 ^{e-h}	21,33 ^{def}	24,33 ^{bcd}
Compana	17,50 ^{gh}	16,20^{h-i}	16,60 ^{h-i}	21,33 ^{def}	25,33 ^{bc}
Serge	17,93 ^{f-i}	17,77 ^{f-i}	16,87^{h-i}	21,00 ^{d-g}	22,67 ^{cde}
Jofs	21,33 ^{def}	25,00 ^{bc}	16,67 ^{h-i}	27,33^b	33,00 ^a
Ultrillo	36,00 ^a	23,67 ^{cd}	21,33 ^{def}	25,67 ^{bc}	22,33^{cde}

Diyagonallerdeki değerler GKG, diğerleri ÖKG etkileridir

F₁ jenerasyonunda heterosis etkisiyle yüz tane ağırlığı değerleri artmış, özellikle Jofs ve Ultrillo gibi ebeveynlerin dominant katkıları hibritlerin performansını yükseltmiştir. F₂ jenerasyonunda ise genetik ayrışmanın etkisiyle varyasyon artmış, ancak bazı kombinasyonlar, özellikle “Ultrillo × Boggie” ve “Jofs × Ultrillo”, üstünlüklerini koruyarak genetik stabilite açısından seleksiyon için uygun adaylar olarak öne çıkmıştır. Bu durum, yüz tane ağırlığı gibi önemli bir verim bileşeninin ıslah sürecinde yalnızca F₁ değil, aynı zamanda F₂ jenerasyonunda da dikkatle değerlendirilmesi gerektiğini ve segregasyona dayanıklı kombinasyonların seçiminin kritik olduğunu ortaya koymaktadır (Gupta et al., 2024; Kumari et al., 2015).

F₁ jenerasyonunda, yüz tane ağırlığı üzerine etkili olan genetik varyans bileşenleri incelendiğinde, özel kombinasyon yeteneği ($v^2\text{ÖKY}$) varyansı 13.56 ve etki yüzdesi %62.92 ile belirgin bir baskınlık göstermektedir (Çizelge 4.33). Bu durum, yüz tane ağırlığında heterosis etkisinin güçlü bir şekilde ifade edildiğini ve dominant ile epistatik gen etkilerinin ön planda olduğunu göstermektedir (Singh & Chaudhary, 2004; Sharma et al., 2023). Buna karşılık, genel kombinasyon yeteneği ($v^2\text{GKY}$) varyansı yalnızca 0.71 (%3.29) olup, eklemeli gen etkilerinin katkısının oldukça sınırlı olduğu anlaşılmaktadır. Bu jenerasyonda hesaplanan $v^2\text{GKY}/v^2\text{ÖKY}$ oranının 2.00, Baker oranının %9 ve dar anlamda kalıtım derecesinin (h^2) %6 gibi düşük değerlerde olması (Çizelge 4.33), genetik ilerlemenin bu jenerasyonda sınırlı olacağını ve çevresel etkilerin baskın olduğunu ortaya koymaktadır (Ceyhan & Avcı, 2005a). Geniş anlamda kalıtım derecesinin (H^2) ise %66 olarak hesaplanması (Çizelge 4.33), varyansın büyük kısmının kalıtsal olduğunu ancak bunun çoğunlukla eklemeli olmayan genlerle taşındığını göstermektedir. Parveen (2019) ve Kapur (2007) gibi araştırmacılar da F₁ jenerasyonunda morfolojik karakterlerde dominant etkilerin seleksiyon açısından daha az sürdürülebilir olduğunu vurgulamıştır.

F₂ jenerasyonuna geçildiğinde, genetik yapının yeniden düzenlenmesiyle birlikte varyans bileşenlerinde önemli değişimler gözlenmiştir. Genel kombinasyon yeteneği varyansı ($v^2\text{GKY}$) 7.30 (%28.06) ile anlamlı şekilde artmış; bu da eklemeli gen etkilerinin bu jenerasyonda baskın hale geldiğini ortaya koymuştur. Aynı zamanda özel kombinasyon yeteneği varyansı ($v^2\text{ÖKY}$) 8.63 (%33.17) ile etkinliğini korumakla birlikte, GKY ile daha dengeli bir yapıya ulaşmıştır (Çizelge 4.33). Bu sonuçlar, F₂ jenerasyonunun genetik ilerleme ve seleksiyon açısından daha elverişli olduğunu göstermektedir (Gupta et al., 2024; Kumari et al., 2015). F₂ jenerasyonunda $v^2\text{GKY}/v^2\text{ÖKY}$ oranı 7.44 olarak hesaplanmış, bu da eklemeli etkilerin özel

kombinasyon etkilerine göre daha belirgin hale geldiğini ve selektif avantaj sağladığını göstermektedir. Baker oranının %63 ve dar anlamda kalıtım derecesinin %44 olması (Çizelge 4.33), bu jenerasyonda genetik varyansın büyük oranda tahmin edilebilir olduğunu ve çevresel etkilerin sınırlı kaldığını göstermektedir (Ceyhan & Şimşek, 2021). Geniş anlamda kalıtım derecesinin %70 gibi yüksek bir değere ulaşması, yüz tane ağırlığı karakterinin F_2 jenerasyonunda ıslah açısından uygun hedef olduğunu desteklemektedir. Resiprok etkiler, her iki jenerasyonda da oldukça düşük kalmış (%2.55 ve %0.01) (Çizelge 4.33), bu da anne-baba etkisinin yüz tane ağırlığı üzerinde belirgin olmadığını göstermektedir. Lejeune-Hénaut et al. (1992) ve Dalgıç & Ceyhan (2018) da bezelye çalışmalarında yüz tane ağırlığı gibi kantitatif karakterlerde resiprok etkilerin genellikle sınırlı kaldığını bildirmiştir.

Çizelge 4.33. Tam diallel melez setinde yüz tane ağırlığı ile ilgili genetik komponentler

Genetik Komponent	F ₁ Jenerasyonu		F ₂ Jenerasyonu	
	Varyans	Etki %	Varyans	Etki %
v^2GKY	0,71	3,29	7,30	28,06
$v^2ÖKY$	13,56	62,92	8,63	33,17
Resiprok	0,55	2,55	0,01	0,01
$v^2GKY / v^2ÖKY$	2,00	9,28	7,44	28,59
D	1,42		14,61	
H	13,56		8,63	
$H/D^{1/2}$	0,05		0,85	
Baker Oranı	0,09		0,63	
h^2	0,06		0,44	
H^2	0,66		0,70	

F_1 jenerasyonunda yüz tane ağırlığı üzerine genetik varyans büyük ölçüde dominant ve epistatik gen etkilerinden kaynaklanmış, bu da hibrit üstünlüğünü sağlamış ancak genetik ilerleme potansiyelini sınırlamıştır. Buna karşılık, F_2 jenerasyonunda eklemeli etkilerin ön plana çıkması, yüz tane ağırlığı gibi morfolojik karakterler açısından genetik seleksiyonun etkinliğini artırmıştır. Bu durum, F_2 jenerasyonunun, özellikle yüksek kalıtım derecesi ve tahmin edilebilir varyans yapısı sayesinde, ıslah programlarında kalıcı genetik kazanç sağlamak için daha uygun bir jenerasyon olduğunu göstermektedir (Hallauer et al., 2010; Falconer & Mackay, 1996).

F_1 jenerasyonunda, yüz tane ağırlığı açısından yapılan GKY analizlerinde, Ultrillo (1.731**) ve Jofs (1.444*), pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı GKY değerleriyle ön plana çıkmıştır. Bu sonuçlar, söz konusu ebeveynlerin yüksek verim potansiyeline sahip olduğunu ve hibrit kombinasyonlarında dominant genetik katkı sunduklarını göstermektedir. Öte yandan, Serge (-2.423**) ve Compana (-1.053) negatif GKY değerleriyle düşük performans sergilemiş, bu da bu hatların genel ıslah

potansiyelinin sınırlı olduğunu ortaya koymuştur. Boggie ise 0.301 gibi pozitif ancak anlamsız bir GKY değeriyle orta düzeyde bir katkı göstermiştir (Çizelge 4.34).

F₂ jenerasyonunda, benzer bir eğilim devam etmiş ve Ultrillo (3.821**) ile Jofs (2.155**) ebeveynleri yüksek ve anlamlı GKY değerleriyle bir kez daha üstünlüklerini korumuştur. Bu bulgular, bu iki hattın sadece F₁'de değil, F₂ gibi segregasyonun daha baskın olduğu jenerasyonlarda da genetik stabilite sağladığını ortaya koymaktadır. Serge (-3.135**) ve Compana (-2.415**) ise negatif ve anlamlı GKY değerleriyle F₂'de de başarısız kombinasyonlar olarak öne çıkmıştır (Çizelge 4.34). Bu durum, söz konusu ebeveynlerin eklemeli etkiler açısından da zayıf olduğunu ve F₂ seleksiyonları açısından elverişli adaylar olmadığını göstermektedir (Parveen, 2019; Lejeune-Henaut et al., 1992).

ÖKY analizlerine bakıldığında, F₁ jenerasyonunda “Boggie × Ultrillo” (6.466**) ve “Ultrillo × Boggie” (3.500**) kombinasyonları, en yüksek ve anlamlı özel kombinasyon yeteneği değerlerine ulaşmıştır (Çizelge 4.34). Bu durum, Ultrillo'nun farklı ebeveynlerle yaptığı melezlerde dominant ve/veya epistatik gen etkileşimlerinden olumlu şekilde faydalandığını ve yüksek hibrit performansı ortaya koyduğunu göstermektedir (Singh & Chaudhary, 2004; Kumari et al., 2015). Buna karşılık, “Jofs × Ultrillo” (-5.511**) ve “Ultrillo × Jofs” (-1.333*) gibi kombinasyonlar, düşük ÖKY değerleriyle negatif heterotik etkiler sergilemiş, bu da ebeveyn eşleşmelerinde genetik uyumsuzluk ihtimalini gündeme getirmiştir. Ayrıca, “Boggie × Compana” (-3.101**) ve “Compana × Boggie” (-0.183) gibi kombinasyonlar arasında gözlemlenen farklar, resiprokal etkilerin F₁ jenerasyonunda belirgin düzeyde etkili olduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 4.34). Ana-baba rollerindeki değişim, bazı kombinasyonların başarısını dramatik şekilde değiştirmiştir. Bu durum, tane iriliğini arttırmada ebeveynin hangi rolü (ana/baba) üstlendiğinin dikkatle belirlenmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Dalgıç & Ceyhan, 2018).

F₂ jenerasyonunda ise “Ultrillo × Boggie” (5.833) ve “Boggie × Ultrillo” (4.925) kombinasyonları yine yüksek ÖKY değerleriyle Ultrillo'nun üstünlüğünü sürdürdüğünü göstermektedir. Ancak bu jenerasyonda da “Ultrillo × Jofs” (-3.667) ve “Jofs × Ultrillo” (1.512) kombinasyonları arasında dikkat çekici farklar gözlenmiş ve resiprokal etkilerin F₂'de de devam ettiği anlaşılmıştır (Çizelge 4.34). Bu durum, dominant etkileşimlerin F₂'de bile kalıntı etkiler bırakabileceğini ve bazı karakterler açısından ebeveyn rolünün önemini koruyabileceğini göstermektedir.

Çizelge 4.34. Tam diallel melez setinde yüz tane ağırlığı ile ilgili kombinasyon kabiliyetleri

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	0,301	-3,101**	-0,047	-2,181*	6,466**
Compana	-0,183	-1,053	-0,461	3,773**	0,986
Serge	-1,133*	0,833	-2,423**	-1,191	0,523
Jofs	-0,100	-0,833	3,167**	1,444*	-5,511**
Ultrillo	3,500**	2,000**	2,833**	-1,333*	1,731**
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	-0,425	-2,905	0,382	-2,241	4,925
Compana	1,400	-2,415**	0,889	1,582	1,249
Serge	-0,733	0,583	-3,135**	-2,031	-0,531
Jofs	0,000	1,833	-2,167	2,155**	1,512
Ultrillo	5,833	-0,833	-0,667	-3,667	3,821**

Diyagonallerdeki değerler GKY, köşegen üstü ÖKY, köşegen altı Resiprokal etkileridir.

F₁ ve F₂ jenerasyonlarında resiprokal kombinasyonlar arasında gözlemlenen önemli performans farklılıkları, sadece genetik katkıların değil, aynı zamanda sitoplazmik etkiler ve genetik x maternal etkileşimlerin de verim bileşenlerinde etkili olabileceğini göstermektedir (Sharma et al., 2023). Bu bağlamda, Ultrillo gibi üstün GKY ve ÖKY değerlerine sahip ebeveynlerin özellikle dişi ebeveyn olarak kullanılması, hibrit verimliliğini artırmak açısından stratejik önem taşımaktadır. Jofs da F₂'deki güçlü performansı sayesinde seleksiyon ve çeşit geliştirme çalışmalarında dikkate alınması gereken bir diğer adaydır.

F₁ jenerasyonunda, “Ultrillo × Boggie” kombinasyonu %54.56 gibi oldukça yüksek ve anlamlı (p<0.01) bir heterosis değeri ile yüz tane ağırlığı açısından öne çıkmıştır. Bu durum, söz konusu kombinasyonun ortalama ebeveyn değerine kıyasla önemli bir üstünlük sergilediğini ve genetik tamamlayıcılığın başarılı olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde “Ultrillo × Compana” (%23.86**) ve “Ultrillo × Serge” (%20.00**) kombinasyonları da önemli düzeyde pozitif heterosis etkisi göstermiştir (Çizelge 4.35). Bu kombinasyonlarda Ultrillo'nun anne ebeveyn olarak kullanılması, verim bileşenleri üzerindeki genetik katkısının daha etkin olduğunu düşündürmektedir (Lejeune-Henaut et al., 1992; Ceyhan & Avcı, 2005). Buna karşılık, “Jofs × Ultrillo” (-31.61**) ve “Serge × Jofs” (-31.91**) kombinasyonları negatif heterosis göstermiştir. Bu durum, ebeveynler arası genetik uyumsuzluk ya da baskın alellerin olumsuz kombinasyonlarından kaynaklanıyor olabilir (Singh & Chaudhary, 2004). F₁ jenerasyonunda gözlenen pozitif heterosis etkisinin belirli kombinasyonlarla sınırlı olması, dominant ve epistatik gen etkilerinin özellikle bazı eşleşmelerde daha güçlü ifade edildiğini göstermektedir (Kumar et al., 2016).

Çizelge 4.35. Tam diallel melez setinde yüz tane ağırlığı ile ilgili heterosis değerleri (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	----	-9,01	5,55	-16,22**	22,10**
Compana	-10,90	----	-7,19	11,19*	4,05
Serge	-6,24	2,15	----	-31,91**	-8,33
Jofs	-17,02**	4,15	-4,96	----	-21,29**
Ultrillo	54,56**	23,86**	20,00**	-31,61**	----
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	----	-20,61**	2,92	-11,42**	12,74**
Compana	-5,49	----	0,40	-1,99	31,49**
Serge	-4,86	7,46	----	-4,98	15,65**
Jofs	-11,42**	14,85**	-24,59**	----	32,89**
Ultrillo	66,80**	22,84**	8,84*	3,36	----

F₂ jenerasyonunda, heterosis değerlerinde daha geniş bir dağılım gözlemlenmiş ve bazı kombinasyonlarda heterozisin sürdüğü görülmüştür. “Ultrillo × Boggie” kombinasyonu, %66.80** değeri ile F₂ jenerasyonunda da en yüksek pozitif heterosis etkisini göstermiştir. Bu sonuç, segregasyonun olumlu etkiler yarattığı nadir kombinasyonlardan biri olarak değerlendirilebilir. Ayrıca, “Jofs × Ultrillo” (%32.89**) ve “Compana × Ultrillo” (%31.49**) kombinasyonlarında da pozitif heterosis etkisi devam etmiş (Çizelge 4.35), bu kombinasyonların F₂ jenerasyonunda genetik istikrar sağlayabildiği izlenimi oluşmuştur (Parveen, 2019). Ancak, negatif heterosis değerleri F₂ jenerasyonunda da belirginliğini korumuştur. “Boggie × Compana” (-20.61**) ve “Jofs × Serge” (-24.59**) gibi kombinasyonlar düşük performans sergilemiş (Çizelge 4.35), bu da bazı genotiplerin segregasyon sonrası dezavantajlı alel kombinasyonlarına sahip olduğunu düşündürmektedir. Özellikle bu tür kombinasyonlarda F₁'de gözlenen heterosis etkisinin F₂'de sürdürülemediği ve genetik çözülme yaşandığı anlaşılmaktadır (Sharma et al., 2023).

F₁ jenerasyonunda heterosis etkisi daha sınırlı sayıda kombinasyonda güçlü şekilde ifade edilirken, F₂ jenerasyonunda pozitif heterosis etkisinin bazı yeni kombinasyonlarda öne çıktığı görülmüştür. Bu bulgu, bazı kombinasyonlarda eklemeli gen etkilerinin segregasyon sonrası avantaj sağladığını, dolayısıyla F₂ seçiminin potansiyel genetik kazanç açısından değerli olabileceğini göstermektedir (Ceyhan, 2003; Dalgıç & Ceyhan, 2018).

Sonuç olarak, “Ultrillo × Boggie” kombinasyonu, her iki jenerasyonda da yüz tane ağırlığı bakımından üstün performans sergilemiş ve genetik ıslah programları açısından öncelikli olarak değerlendirilmesi gereken bir hibrit olarak öne çıkmıştır.

Diğer pozitif heterosis gösteren kombinasyonlar (“Ultrillo × Compana”, “Jofs × Ultrillo”), F₂’de istikrar sağlayabildiği takdirde, yüksek verimli ve iri tohumlu hatların geliştirilmesi açısından önemli kaynaklar olabilir. Negatif heterosis değerleri sergileyen kombinasyonlar ise genetik uyumsuzluk, zayıf dominant etkiler veya çevresel duyarlılıklardan kaynaklanabilir; bu nedenle bu kombinasyonlar ıslah çalışmaları dışında bırakılmalı veya detaylı analizlerle yeniden değerlendirilmelidir.

F₁ jenerasyonunda, “Ultrillo × Boggie” kombinasyonu %49.25** heterobeltiosis değeriyle dikkat çekmiştir. Bu yüksek ve anlamlı pozitif değer, bu kombinasyonun yüz tane ağırlığı bakımından en iyi ebeveyne göre kayda değer bir üstünlük sağladığını göstermektedir. “Ultrillo × Compana” (%11.94*) kombinasyonu da anlamlı pozitif heterobeltiosis göstererek genetik tamamlayıcılık açısından umut vaat eden bir eşleşme olduğunu ortaya koymuştur (Çizelge 4.36). Bu bulgular, dominant ve epistatik etkilerin F₁ jenerasyonunda yüz tane ağırlığı üzerinde etkili olabileceğini düşündürmektedir (Ceyhan & Avcı, 2005; Falconer & Mackay, 1996). Bununla birlikte, negatif heterobeltiosis gösteren kombinasyonlar F₁’de daha yaygındır. Özellikle “Ultrillo × Jofs” (-39.77**), “Serge × Jofs” (-45.45**) ve “Jofs × Ultrillo” (-30.68**) gibi kombinasyonlar, en iyi ebeveyne göre önemli ölçüde daha düşük performans sergilemiştir (Çizelge 4.36). Bu durum, bu kombinasyonlarda genetik uyumsuzluk, alel antagonizmi veya negatif dominant etkilerin baskın olduğunu göstermektedir (Parveen, 2019; Sharma et al., 2023).

F₂ jenerasyonunda, heterobeltiosis etkisinde belirgin değişimler gözlenmiştir. Segregasyon ve rekombinasyon süreçlerinin etkisiyle bazı kombinasyonlarda pozitif heterobeltiosis etkisi artmıştır. “Ultrillo × Boggie” kombinasyonu, %61.19** değeri ile F₂ jenerasyonunda da en yüksek heterobeltiosis değerine ulaşarak, genetik üstünlüğünü koruyan nadir kombinasyonlardan biri olmuştur. Ayrıca, “Jofs × Ultrillo” (%20.73**) ve “Compana × Ultrillo” (%13.43**) gibi kombinasyonlar da pozitif heterobeltiosis göstermiştir (Çizelge 4.36). Bu durum, bazı F₂ bireylerinin üstün gen kombinasyonlarını taşıyarak seleksiyon için değerli materyal oluşturduğunu göstermektedir (Kumar et al., 2016). Öte yandan, negatif heterobeltiosis etkisi F₂ jenerasyonunda da devam etmiştir. “Jofs × Serge” (-39.02**) ve “Serge × Jofs” (-23.17**) gibi kombinasyonlarda en iyi ebeveynin bile gerisinde kalan performanslar gözlenmiştir (Çizelge 4.36). Bu bulgular, segregasyon sonrası ortaya çıkan genetik çözülmenin bazı kombinasyonlarda üstünlüğü yok ettiğini ve bu eşleşmelerin ıslah programlarında dikkatle değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir (Lejeune-Henaut et al., 1992).

Çizelge 4.36. Tam diallel melez setinde yüz tane ağırlığı ile ilgili heterobeltiosis değerleri (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	----	-15,06*	-2,40	-28,41**	17,91**
Compana	-16,83*	----	-8,13	-10,23*	-5,97
Serge	-13,30*	1,11	----	-45,45**	-17,91**
Jofs	-29,09**	-15,91*	-23,86**	----	-30,68**
Ultrillo	49,25**	11,94*	7,46	-39,77**	----
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	----	-29,44**	-6,88	-21,95**	8,96*
Compana	-16,00**	----	-1,58	-21,95**	13,43**
Serge	-13,92**	5,34	----	-23,17**	1,49
Jofs	-21,95**	-8,54*	-39,02**	----	20,73**
Ultrillo	61,19**	5,97	-4,48	-6,10	----

“Ultrillo × Boggie” kombinasyonu her iki jenerasyonda da yüksek pozitif heterobeltiosis değeri ile öne çıkmıştır. Bu, hem dominant hem de eklemeli gen etkilerinin bu kombinasyonda başarıyla birleştiğini ve genetik ilerleme potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir. F₁’de sınırlı sayıda kombinasyon pozitif heterobeltiosis gösterirken, F₂ jenerasyonunda bu sayı artmış ve bazı yeni kombinasyonların seleksiyon için avantajlı hale geldiği görülmüştür.

Genel olarak değerlendirildiğinde, her iki jenerasyonda da yüksek heterobeltiosis değerleri gösteren kombinasyonlar, özellikle Ultrillo’nun anne ebeveyn olarak yer aldığı melezler, yüz tane ağırlığı açısından öncelikli değerlendirilmesi gereken adaylardır. Buna karşılık, negatif heterobeltiosis sergileyen kombinasyonlar genetik uyumsuzluk, alel etkileşimi ya da çevresel duyarlılıklardan etkilenmiş olabilir ve bu eşleşmelerin ıslah programlarında elenmesi veya ileri jenerasyon analizleriyle tekrar değerlendirilmesi önerilmektedir.

4.8. Hasat İndeksi

Hasat indeksi, bir bitkinin fotosentetik ürünlerini ekonomik verime (tohum, tane vb.) ne ölçüde yönlendirdiğini gösteren temel bir verim parametresidir ve tarla bitkileri ıslahında doğrudan seleksiyon yapılabilecek önemli bir özelliktir (Ceyhan, 2004). Özellikle stres koşullarında genetik ilerlemenin değerlendirilmesinde hasat indeksine ait genetik parametrelerin detaylı biçimde analiz edilmesi, başarılı bir ıslah programı yürütülmesi açısından kritik öneme sahiptir (Ceyhan, 2004).

Bu çalışmada, F₁ jenerasyonunda hasat indeksi değerleri incelendiğinde, ebeveyn çeşitleri arasında en yüksek değer %49.27 ile Ultrillo genotipinde, en düşük

değer ise %34.76 ile Serge genotipinde kaydedilmiştir. Melez kombinasyonlarında heterosis etkisi belirgin şekilde ortaya çıkmış ve en yüksek değer %52.78 ile “Jofs × Compana” melezinde tespit edilmiştir. Bu kombinasyon, her iki ebeveynin bireysel performansını aşarak hasat indeksi açısından üstünlük göstermiştir. Öte yandan, en düşük melez değeri %31.37 ile “Serge × Ultrillo” kombinasyonunda gözlenmiş ve bu durum (Çizelge 4.37), bazı kombinasyonlarda genetik uyumsuzluk veya allelik baskılanma gibi faktörlerin etkili olabileceğini düşündürmektedir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018; Gündoğan ve Ceyhan, 2018).

Genel olarak, F₁ jenerasyonunda çoğu melez kombinasyonun ebeveyn ortalamalarını aşarak daha yüksek hasat indeksi değerleri sergilemesi, heterotik etkinin bu özelliğe doğrudan yansıdığını göstermektedir. Bu durum, melezleme çalışmalarında hasat indeksini artırmak amacıyla F₁ jenerasyonunda seleksiyon yapılabileceğine işaret etmektedir.

Çizelge 4.37. Tam diallel melez setinde hasat indeksi ile ilgili ortalama değerler (adet)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	38,91^{d-j}	41,78 ^{b-i}	42,58 ^{a-h}	49,26 ^{a-d}	48,59 ^{a-e}
Compana	30,65 ^j	39,92^{c-j}	37,61 ^{f-j}	44,38 ^{a-g}	36,74 ^{g-j}
Serge	38,00 ^{e-j}	37,36 ^{g-j}	34,76^{g-j}	34,72 ^{g-j}	31,37 ^{i-j}
Jofs	38,91 ^{d-j}	52,78 ^a	48,39 ^{a-f}	51,34^{a-b}	38,64 ^{d-j}
Ultrillo	49,27 ^{a-d}	43,34 ^{a-g}	50,37 ^{abc}	31,65 ^{hij}	35,34^{g-j}
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	33,41^{d-h}	24,33 ^{hij}	27,85 ^{f-j}	39,05 ^{a-e}	36,16 ^{b-f}
Compana	30,26 ^{e-j}	26,84^{f-j}	25,65 ^{g-j}	36,25 ^{b-f}	32,30 ^{e-i}
Serge	31,71 ^{e-i}	23,60 ^{i-j}	21,93ⁱ	46,38 ^a	32,06 ^{e-i}
Jofs	42,56 ^{a-d}	42,91 ^{abc}	34,79 ^{c-g}	45,43^{ab}	46,85 ^a
Ultrillo	46,17 ^a	38,27 ^{a-e}	39,11 ^{a-e}	46,73 ^a	39,44^{a-e}

Diyagonallerdeki değerler ebeveynler, diğerleri melez değerleridir

F₂ jenerasyonunda ise hasat indeksi değerlerinde F₁’e kıyasla genel bir düşüş gözlenmiştir. Ebeveynler arasında en yüksek değer yine Ultrillo (%46.17) çeşidine aitken, en düşük değer %21.93 ile Serge genotipinde kaydedilmiştir. Melezler arasında en yüksek hasat indeksi %46.85 ile “Jofs × Ultrillo” melezinde elde edilmiş, bu durum bazı kombinasyonlarda heterosis etkisinin F₂ neslinde de sürdüğünü göstermiştir. Ancak, F₂ jenerasyonunda heterosis etkisi genellikle zayıflamış ve segregasyon sonucu bireyler arasında daha dar bir varyasyon gözlenmiştir. Özellikle “Serge × Compana” kombinasyonu, %23.60 gibi düşük bir hasat indeksi değeriyle bu jenerasyondaki performans düşüşünün belirgin örneklerinden biridir (Çizelge 4.37).

F₂'deki bu daralmış varyasyon yapısı, genetik ayrışmanın ve alel kombinasyonlarının yeniden düzenlenmesinin bir sonucu olarak değerlendirilmektedir (Ceyhan, 2004; Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Selektif olmayan kombinasyonlar, bu süreçte avantajlı genetik kombinasyonları kaybedebilmekte ve sonuç olarak genetik kazanç düşmektedir. Bu durum literatürde de sıkça belirtilmiştir; örneğin Ceyhan (2004), F₂'de heterozisin parçalanması sonucu hasat indeksinde düşüş yaşandığını ve bu özellikte stabiliteğin ancak ileri jenerasyonlarda yeniden kazanılabileceğini bildirmiştir.

F₁ jenerasyonunda heterozisin güçlü etkisiyle birçok melez kombinasyonun hasat indeksinde üstünlük gösterdiği, F₂ jenerasyonunda ise bu etkinin azaldığı gözlemlenmiştir. Ancak “Jofs × Ultrillo” gibi bazı kombinasyonların F₂'de de yüksek performans göstermesi, bu kombinasyonların genetik olarak stabil ve seleksiyonla iletilemeye uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular, özellikle yüksek hasat indeksi değerine sahip melez kombinasyonların F₁ neslinde erken seleksiyon açısından avantaj sağlayabileceğini, ancak F₂ ve sonrası nesillerde segregasyon nedeniyle dikkatli analiz ve seçim yapılması gerektiğini göstermektedir.

Bu çalışmada, F₁ jenerasyonunda genetik genel kombinasyon yeteneği (GKY) varyansı 0.01 gibi oldukça düşük bir değerde kalmış (%0.01 etki yüzdesi), bu da ebeveynlerin hasat indeksi üzerindeki katkılarının ihmal edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir. Buna karşın, özel kombinasyon yeteneği (ÖKY) varyansı 20.64 ve %34.80 etki yüzdesiyle oldukça yüksek bulunmuş, bu durum F₁ jenerasyonunda özel ebeveyn kombinasyonlarının hasat indeksini belirlemede baskın bir rol oynadığını ortaya koymuştur (Çizelge 4.38). ÖKY'nin GKY'ye göre daha yüksek varyans göstermesi, heterosis etkisinin bu jenerasyonda güçlü bir şekilde ifade edildiğini düşündürmektedir (Ateş ve Ceyhan, 2016; Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Resiprok etkilerin %10.66 gibi anlamlı bir paya sahip olması, F₁ jenerasyonunda ana-baba rollerinin değiştirilmesinin hasat indeksini etkileyebileceğini göstermektedir. Bu durum, sitoplazmik kalıtım ya da maternal etkilerin bu özelliğin ifadesinde rol oynayabileceğine işaret etmektedir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Baker oranının sıfıra yakın oluşu, çevresel faktörlerin baskınlığını ve genetik varyansın tahmin edilemezliğini vurgulamaktadır. Benzer şekilde, dar anlamda kalıtım derecesi (h^2) %0 ile ihmal edilebilir düzeyde iken, geniş anlamda kalıtım derecesi (H^2) %31 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.38). Bu durum, F₁ jenerasyonunda hasat indeksine ilişkin varyansın büyük ölçüde dominant ve epistatik etkilere bağlı olduğunu, yani genetik kazancın sabit ve

öngörülebilir bir şekilde aktarılmasının zor olduğunu göstermektedir (Ceyhan, 2004; Ateş ve Ceyhan, 2016; Taşyürek ve Ceyhan, 2022).

F₂ jenerasyonunda ise genetik varyans bileşenlerinde belirgin bir değişim gözlenmiştir. GKY varyansı 28.21 ve etki yüzdesi %50.67 ile önemli ölçüde artmış, bu durum genetik varyansın büyük bir kısmının ebeveyn katkılarıyla açıklanabilir hale geldiğini göstermiştir. ÖKY varyansı 2.63 ve %4.72 etki yüzdesiyle düşüş göstermiştir. Bu, F₂ jenerasyonunda genetik varyansın daha tahmin edilebilir ve kalıcı hale geldiğini, özel kombinasyonlardan ziyade genel katkıların baskınlaştığını ortaya koymaktadır. Resiprok etkilerdeki azalma (%2.03), bu jenerasyonda ebeveyn pozisyonlarının etkisinin azaldığını ve sitoplazmik farkların etkisinin giderek önemsizleştiğini göstermektedir (Çizelge 4.38). Baker oranı %96 gibi çok yüksek bir düzeye ulaşmış olup, genetik varyansın büyük ölçüde tahmin edilebilir olduğunu, çevresel etkilerin F₂'de daha az etkili hale geldiğini göstermektedir. Aynı şekilde, dar ve geniş anlamda kalıtım derecelerinin sırasıyla %66 ve %69 olması, hasat indeksinin genetik aktarımının F₂ jenerasyonunda güçlendiğini (Çizelge 4.38) ve bu özelliğin seleksiyonla başarılı şekilde iyileştirilebileceğini göstermektedir (Sharma ve ark., 2023).

F₁ jenerasyonunda özel kombinasyon yeteneği (ÖKY) ve heterosis etkileri baskınken, F₂ jenerasyonunda genel kombinasyon yeteneği (GKY) ve kalıtım derecelerindeki artış, bu neslin genetik seçim açısından daha avantajlı bir yapı sergilediğini ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, erken jenerasyonlarda (F₁) heterotik kombinasyonların belirlenmesinin ve ileri jenerasyonlarda (F₂ ve sonrası) bu kombinasyonların stabilite yönünden değerlendirilmesinin önemini vurgulamaktadır.

Çizelge 4.38. Tam diallel melez setinde hasat indeksi ile ilgili genetik komponentler

Genetik Komponent	F ₁ Jenerasyonu		F ₂ Jenerasyonu	
	Varyans	Etki %	Varyans	Etki %
v^2 GKY	0,01	0,01	28,21	50,67
v^2 ÖKY	20,64	34,80	2,63	4,72
Resiprok	6,32	10,66	1,13	2,03
v^2 GKY / v^2 ÖKY	7,27	12,26	5,48	9,84
D	0,00		56,42	
H	20,64		2,63	
H/D ^{1/2}	0,00		10,72	
Baker Oranı	0,00		0,96	
h ²	0,00		0,66	
H ²	0,31		0,69	

Bu çalışmada, F₁ jenerasyonu GKY değerleri incelendiğinde, Jofs (3.074*) pozitif ve anlamlı bir GKY değerine sahip tek ebeveyn olarak öne çıkmıştır. Bu durum, Jofs'un yüksek protein oranı yönünden eklemeligen etkileri taşıdığını ve farklı

eşleşmelerde sürekli katkı sağladığını göstermektedir. Boggie (0.621) pozitif bir değer taşımakla birlikte anlamlı düzeye ulaşamamıştır. Compana (-0.619), Serge (-2.073) ve Ultrillo (-1.002) gibi ebeveynler ise negatif GKY değerleriyle, ortalama olarak düşük protein verimi sağlayan kombinasyonlara katkı sunduklarını göstermektedir. Bu sonuçlar, F₁ jenerasyonunda Jofs'un genetik üstünlüğünü ortaya koyarken, diğer ebeveynlerin sınırlı ya da olumsuz katkılarını da vurgulamaktadır (Çizelge 4.39). Ateş ve Ceyhan (2016); Taşyürek ve Ceyhan (2022); Gupta ve ark. (2024), belirli ebeveynlerin sabit genetik katkı potansiyelinin F₁ hibrit performansına yansıdığını ve GKY değerlerinin hibrit seçimi için önemli bir belirleyici olduğunu belirtmişlerdir. Aynı şekilde, Sharma ve ark. (2023) de bezelyede yüksek GKY değerine sahip ebeveynlerin, verim ve kalite bileşenlerinin artırılmasında öncelikli olarak değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

F₂ jenerasyonu GKY analizinde ise, genetik varyasyonun daha belirginleştiği gözlemlenmiştir. Jofs (7.036**) ile yine en yüksek pozitif ve anlamlı GKY değerine sahip ebeveyn olarak öne çıkmıştır. Bu sonuç, Jofs'un sadece F₁'de değil, F₂ jenerasyonunda da yüksek kalıtılabilir genetik katkılar sunduğunu göstermektedir. Ultrillo (4.052**) ise F₁ jenerasyonunda negatif değer sergilerken, F₂ jenerasyonunda pozitif ve güçlü bir GKY değeri elde ederek, eklemeligen etkilerinin segregasyonla birlikte daha belirgin hale geldiğini göstermiştir. Buna karşın, Boggie (-1.109) F₂ jenerasyonunda negatif GKY değeriyle zayıf katkı sunarken, Compana (-4.877**) ve Serge (-5.102**) ciddi düzeyde negatif GKY değerleriyle protein oranı üzerinde olumsuz etkiye sahip ebeveynler olarak dikkat çekmiştir. Özellikle Serge'nin en düşük GKY değerine sahip olması, bu genotipin kombinasyonlarda zayıf bir aday olduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 4.39).

GKY analizleri, ebeveynlerin genel ıslah değerlerinin nesiller arasında nasıl değiştiğini ve hangi genotiplerin sabit bir şekilde olumlu katkı sunduğunu değerlendirmede önemlidir (Ceyhan, 2004; Dalgıç ve Ceyhan, 2018). F₂ jenerasyonunda Jofs ve Ultrillo'nun pozitif katkılarının artması, bu ebeveynlerin ileri nesil seleksiyon programlarında yüksek verim ve kalite sağlayan hatların geliştirilmesinde stratejik önem taşıdığını göstermektedir.

Çizelge 4.39. Tam diallel melez setinde hasat indeksi ile ilgili kombinasyon kabiliyetleri

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	0,621	-4,853*	0,676	-0,673	8,245**
Compana	-5,565**	-0,619	-0,888	5,058*	0,595
Serge	-2,290*	-0,127	-2,073	-0,511	2,880
Jofs	-5,175**	4,203**	6,833**	3,074*	-7,995**
Ultrillo	0,343	3,300*	9,502**	-3,493*	-1,002
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	-1,109	-2,317	0,390	-0,723	2,623
Compana	2,965*	-4,877**	-1,000	1,818	0,507
Serge	1,930	-1,027	-5,102**	3,049	1,032
Jofs	1,758	3,332**	-5,792**	7,036**	0,099
Ultrillo	5,003**	2,987*	3,527**	-0,058	4,052**

Diyagonallerdeki değerler GKY, köşegen üstü ÖKY, köşegen altı Resiprokal etkileridir.

F₁ jenerasyonunda GKY değerleri sınırlı düzeyde eklemelikatki sergilerken, F₂ jenerasyonunda bu katkılar daha belirgin hale gelmiş ve özellikle Jofs ile Ultrillo gibi genotiplerin güçlü genetik potansiyelleri açığa çıkmıştır. Compana, Serge ve kısmen Boggie gibi genotipler ise negatif katkıları nedeniyle seleksiyon sürecinde dikkatle değerlendirilmelidir. GKY değerlerine dayalı bu değerlendirmeler, genetik kazanç potansiyeli yüksek ebeveynlerin belirlenmesi ve sürdürülebilir ıslah programlarının oluşturulması açısından yol gösterici niteliktedir.

Bu çalışmada F₁ jenerasyonunda, “Boggie × Ultrillo” (8.245**) ve “Ultrillo × Serge” (9.502**) kombinasyonları, yüksek ÖKY değerleri ile dikkat çekmiş ve bu kombinasyonların protein verimi bakımından önemli avantaj sunduğu belirlenmiştir. Özellikle, “Serge × Ultrillo” (2.88) kombinasyonuna kıyasla, aynı ebeveynlerin farklı sıralamayla oluşturduğu “Ultrillo × Serge” kombinasyonunda ÖKY değerinin yaklaşık üç kat daha fazla olması, Ultrillo’nun anne ebeveyn olarak kullanımının melez performansı üzerinde belirgin bir etkisi olduğunu göstermektedir. Bu durum, resiprokal etkilerin F₁ jenerasyonunda güçlü biçimde ifade edildiğini ortaya koymaktadır (Çizelge 4.39). Ceyhan (2004); Sharma ve ark. (2023); Gupta ve ark. (2024), bezelyede belirli kombinasyonlarda yüksek ÖKY etkisinin, sadece genotipler arasındaki genetik uyumdan değil, aynı zamanda melezleme sırasındaki ebeveyn rollerinden de kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Buna karşılık, “Jofs × Ultrillo” (-7.995**) ve “Ultrillo × Jofs” (-3.493*) gibi kombinasyonlarda negatif ÖKY değerleri kaydedilmiş ve bu durum hem genetik uyumsuzluk hem de ebeveyn sırasının olumsuz etkisiyle açıklanmıştır. Aynı şekilde “Boggie × Compana” (-4.853*) ve “Compana × Boggie” (-5.565**) kombinasyonlarının her iki yönlü eşleşmede de düşük performans sergilemesi,

bu genotiplerin hibrit programlarında sınırlı bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.39).

F₂ jenerasyonu ÖKY analizleri, F₁'deki bazı pozitif kombinasyonların genetik istikrarını koruyabildiğini göstermektedir. Özellikle "Ultrillo × Boggie" (5.003**) ve "Boggie × Ultrillo" (2.623) kombinasyonları, hem F₁'de hem de F₂'de yüksek ÖKY değerleriyle öne çıkmıştır. Bu durum, Ultrillo ve Boggie arasındaki genetik uyumun sürdürülebilir olduğunu ve ileri nesillerde de yüksek verim potansiyeli sunduğunu göstermektedir. Ayrıca, "Compana × Jofs" (1.818) ve "Jofs × Compana" (3.332**) kombinasyonları arasındaki fark, Jofs'un anne olarak kullanıldığında melez performansının daha iyi olduğunu ve maternal etkilerin F₂ jenerasyonunda da sürdüğünü ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, "Serge × Jofs" (3.049) kombinasyonu pozitif ÖKY değeri sunarken, resiprokali olan "Jofs × Serge" (-5.792**) kombinasyonu ciddi bir performans düşüklüğü sergilemiştir. Aynı şekilde, "Compana × Boggie" (2.965**) kombinasyonu, "Boggie × Compana" (-2.317) kombinasyonuna göre belirgin bir üstünlük göstermiştir (Çizelge 4.39). Bu bulgular, resiprokal varyasyonun F₂ jenerasyonunda da etkili olabileceğini ve ebeveyn rollerinin sadece erken jenerasyonlarda değil, segregasyon sonrası populasyonlarda da önem arz ettiğini göstermektedir (Ceyhan, 2004; Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

Hem F₁ hem de F₂ jenerasyonlarında yüksek ÖKY değerlerine sahip kombinasyonlar, özellikle Ultrillo ve Jofs gibi ebeveynlerin doğru pozisyonlarda kullanılmasıyla, hasat indeksi yüksek, verim potansiyeli güçlü hibrit hatların geliştirilmesine katkı sunmaktadır. Ayrıca, negatif ÖKY değerlerine sahip kombinasyonların dışlanması, ıslah sürecinde zaman ve kaynakların verimli kullanılmasına olanak sağlayacaktır. Bu nedenle, hibrit geliştirme çalışmalarında sadece genotip seçimi değil, ana-baba rollerinin stratejik olarak belirlenmesi, başarıyı doğrudan etkileyen bir unsur olarak ele alınmalıdır.

Bu çalışmada F₁ jenerasyonunda, "Ultrillo × Serge" (%43.72**) ve "Ultrillo × Boggie" (%32.72**) kombinasyonları, hasat indeksi açısından en yüksek heterosis değerlerine ulaşarak dikkat çekmiştir. Bu kombinasyonların, ortalama ebeveyn değerine kıyasla belirgin bir fizyolojik üstünlük sergilediği ve bu üstünlüğün genetik sinerji ve tamamlayıcılık temelinde açıklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca "Boggie × Ultrillo" (%30.87**) ve "Jofs × Compana" (%15.69*) kombinasyonları da pozitif heterosis göstererek F₁ jenerasyonunda genetik kazanç potansiyeli sunmuştur. Pozitif heterosis etkilerinin yanında, "Ultrillo × Jofs" (-26.97**) ve "Serge × Jofs" (-19.34**) gibi

kombinasyonlarda gözlemlenen negatif heterosis değerleri (Çizelge 4.40), olası genetik uyumsuzluklar, allelik karşıtlıklar ya da sitoplazmik/nükleer etkileşimler sonucu oluşan verim kayıplarına işaret etmektedir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Lejeune-Henaut ve ark. (1992)da benzer şekilde, bazı kombinasyonların yüksek heterosis sergilerken, genetik olarak zayıf uyum gösteren çiftlerin olumsuz performanslar ortaya koyduğunu rapor etmiştir.

F₂ jenerasyonunda heterosis değerlerinde bir miktar değişim gözlenmiştir. Özellikle “Serge × Jofs” (%37.70**) ve “Ultrillo × Serge” (%27.46**) kombinasyonları, F₁ jenerasyonundaki üstünlüklerini F₂’de de sürdürmeyi başarmış, bu da bu eşleşmelerin genetik istikrar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, “Ultrillo × Boggie” (%26.75**) ve “Jofs × Compana” (%18.75**) kombinasyonlarının da F₂ jenerasyonunda anlamlı pozitif heterosis sergilemesi, bu melezlerin ileri nesillerde seleksiyonla geliştirilebilir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Ancak bazı kombinasyonlarda F₂ jenerasyonunda heterosis etkisinin azaldığı ya da negatif yönde değiştiği gözlemlenmiştir. Örneğin, “Boggie × Compana” (-19.23*) ve “Compana × Serge” (-3.23) kombinasyonları F₂ jenerasyonunda düşük hasat indeksi sergileyerek, segregasyonun ve genetik rekombinasyonun olumsuz etkilerini yansıtmaktadır (Çizelge 4.40). Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018), F₂ neslinde genetik varyasyonun artmasına bağlı olarak heterotik etkinin dağılabileceğini ve bu durumun ileri seleksiyon stratejileri ile dengelenmesi gerektiğini vurgulamıştır.

F₁ jenerasyonunda heterosis etkisi daha güçlü ve yaygın olarak gözlemlenmiş, ancak bu etkinin F₂ jenerasyonunda bazı kombinasyonlarda sürdüğü, bazılarında ise azaldığı görülmüştür. Bu durum, heterotik etkinin kalıcılığının ebeveyn kombinasyonuna, genetik dengeye ve melez populasyonlardaki segregasyon derecesine bağlı olduğunu göstermektedir (Falconer & Mackay, 1996).

Bu bulgular, özellikle “Ultrillo × Serge”, “Ultrillo × Boggie” ve “Jofs × Compana” gibi kombinasyonların F₁’de yüksek heterosis göstermeleri ve “Serge × Jofs” gibi kombinasyonların F₂’de bu üstünlüğü sürdürmeleri bakımından önemlidir. Dolayısıyla, hem F₁’de yüksek heterosis değeri gösteren kombinasyonlar hibrit tohum üretiminde kullanılabilirken, F₂ jenerasyonunda performansını sürdüren kombinasyonlar seleksiyon programlarında üstün hatların geliştirilmesi için öncelikli olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 4.40. Tam diallel melez setinde hasat indeksi ile ilgili heterosis değerleri (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	----	6,00	15,59*	9,17	30,87**
Compana	-22,24**	----	0,73	-2,74	-2,36
Serge	3,15	0,05	----	-19,34**	-10,50
Jofs	-13,77*	15,69*	12,40*	----	-10,85
Ultrillo	32,72**	15,18*	43,72**	-26,97**	----
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	----	-19,23*	0,66	-0,95	-0,72
Compana	0,46	----	5,19	0,31	-2,55
Serge	14,61	-3,23	----	37,70**	4,47
Jofs	7,97	18,75**	3,31	----	10,39
Ultrillo	26,75**	15,47*	27,46**	10,12	----

F₁ jenerasyonunda “Ultrillo × Serge” (%42.55**) ve “Ultrillo × Boggie” (%26.62**) kombinasyonları, en iyi ebeveyne kıyasla yüksek pozitif heterobeltiosis değerleri göstererek genetik sinerjinin açık bir göstergesi olmuştur. Bu kombinasyonların heterotik üstünlüğü, özellikle Ultrillo’nun anne ebeveyn olarak kullanıldığı kombinasyonlarda daha belirgin olup, ebeveynin cinsiyet yönünün melez performansına etkisini ortaya koymaktadır. Ayrıca “Boggie × Ultrillo” (%24.86**) ve “Ultrillo × Compana” (%8.58) kombinasyonları da pozitif heterobeltiosis yönünden umut vaat eden sonuçlar ortaya koymuştur. Ancak, F₁ jenerasyonunda negatif heterobeltiosis değerlerinin de yaygın olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle “Ultrillo × Jofs” (-38.35**) ve “Serge × Jofs” (-32.36**) kombinasyonları, en iyi ebeveyne kıyasla düşük performans sergileyerek olası genetik uyumsuzlukları işaret etmiştir. Benzer şekilde, “Jofs × Compana” (-24.20**) gibi kombinasyonlar da negatif heterobeltiosis değerleriyle dikkat çekmiştir (Çizelge 4.40). Lejeune-Henaut ve ark. (1992); Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018), heterobeltiosis değerlerindeki negatifliklerin, özellikle çekinik zararlı allellerin kombinasyonlara yansması ve dengesiz epistatik etkileşimlerden kaynaklandığını ifade etmektedir.

F₂ jenerasyonunda ise heterobeltiosis etkilerinde belirgin bir düşüş gözlenmiştir. Segregasyon ve genetik rekombinasyon, F₂ neslinde genetik varyabiliteyi artırmakla birlikte, heterotik avantajların sürdürülebilirliğini de azaltmaktadır (Ceyhan, 2004; Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Bu bağlamda, “Ultrillo × Boggie” (%17.05*) ve “Jofs × Ultrillo” (%3.12) gibi kombinasyonlar, pozitif heterobeltiosis gösteren sınırlı kombinasyonlar arasında yer almıştır. Ancak genel eğilim, heterotik etkinin F₂ jenerasyonunda zayıfladığı yönündedir. Örneğin, “Boggie × Compana” (-27.17**) ve

“Serge × Jofs” (-23,41**) gibi kombinasyonlarda ciddi performans düşüşleri yaşanmıştır (Çizelge 4.41).

Çizelge 4.41. Tam diallel melez setinde hasat indeksi ile ilgili heterobeltiosis değerleri (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	----	4,67	9,42	-4,04	24,86**
Compana	-23,22**	----	-5,77	-13,56*	-7,96
Serge	-2,35	-6,41	----	-32,36**	-11,23
Jofs	-24,20**	2,82	-5,74	----	-24,74**
Ultrillo	26,62**	8,58	42,55**	-38,35**	----
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	----	-27,17**	-16,64*	-14,0*5	-8,32
Compana	-9,42	----	-4,43	-20,21**	-18,12*
Serge	-5,09	-12,08	----	2,08	-18,73*
Jofs	-6,31	-5,55	-23,41**	----	3,12
Ultrillo	17,05*	-2,97	-0,85	2,86	----

Bu sonuçlar, F₁ jenerasyonunda heterosis ve heterobeltiosis etkilerinin güçlü bir şekilde gözleendiğini, ancak F₂ jenerasyonunda bu etkilerin büyük ölçüde kaybolduğunu ortaya koymaktadır. Dalgıç ve Ceyhan (2018) bu durumu, heterozisin dominant ve epistatik genetik etkileşimlere dayalı olması ve segregasyonla bu etkilerin dağılım göstermesiyle açıklamaktadır. Bu nedenle, F₁'de gözlenen yüksek heterobeltiosis etkileri kısa vadeli hibrit tohum üretimi açısından önem arz ederken, F₂ ve sonraki nesillerde pozitif heterobeltiosis gösteren kombinasyonların seçilerek stabilize edilmesi gerekmektedir.

Özellikle “Ultrillo × Serge” ve “Ultrillo × Boggie” kombinasyonlarının F₁ jenerasyonundaki yüksek performansı, bu eşleşmelerin hibrit tohum geliştirme çalışmalarında öncelikli adaylar olabileceğini göstermektedir. F₂ jenerasyonunda “Ultrillo × Boggie” ve “Jofs × Ultrillo” gibi kombinasyonların nispeten olumlu performansı ise, bazı melezlerde heterotik üstünlüklerin ileri nesillere kısmen aktarılabilceğini ortaya koymaktadır. Öte yandan, negatif heterobeltiosis gösteren kombinasyonlar (örneğin, “Boggie × Compana” ve “Serge × Jofs”) genetik ıslah sürecinde dikkatle değerlendirilmelidir.

4.9. Protein Oranı

F₁ jenerasyonunda ebeveyn çeşitleri arasında en yüksek protein oranı %23,22 ile Serge çeşidine aitken, en düşük değer %20,12 ile Ultrillo çeşidinde kaydedilmiştir. Melez kombinasyonlarında ise heterozisin etkisiyle protein oranlarında önemli artışlar

gözlenmiştir. En yüksek değer, %23.27 ile “Serge × Jofs” melezinden elde edilmiş, bu da bu kombinasyonun genetik uyum açısından güçlü olduğunu göstermektedir. Öte yandan, en düşük protein oranı %19.51 ile “Compana × Jofs” kombinasyonunda görülmüştür. Genel olarak F₁ jenerasyonunda heterosis etkisi protein oranında belirgin artışlar sağlamış ve melezler ebeveynlerden daha yüksek performans sergilemiştir (Çizelge 4.42). Bu bulgu, Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından bildirilen, bazı ebeveyn kombinasyonlarının verim ve ilişkili özelliklerde yüksek heterosis etkisi gösterebildiği yönündeki bulgularla uyumludur.

F₂ jenerasyonunda F₁’e kıyasla genel olarak protein oranında artışlar gözlenmiş ve bazı kombinasyonlarda yüksek protein oranları elde edilmiştir. Ebeveyn çeşitleri arasında en yüksek değer %24.19 ile yine Serge çeşidine aitken, en düşük değer %21.09 ile Ultrillo çeşidinde kaydedilmiştir. Melez kombinasyonlarında en yüksek protein oranı %24.24 ile “Serge × Jofs” melezinde görülmüş, bu da bu kombinasyonun heterosis etkisinden F₂’de de fayda sağladığını göstermiştir. En düşük melez değeri ise %20.48 ile “Compana × Jofs” kombinasyonunda kaydedilmiştir (Çizelge 4.42). Bu durum, Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından vurgulanan, bazı melez kombinasyonlarında heterosis etkisinin F₂ populasyonlarında da sürdürülebileceği yönündeki bulguları desteklemektedir.

Çizelge 4.42. Tam diallel melez setinde protein oranı ile ilgili ortalama değerler (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	23,14^{abc}	19,83 ^{ij}	23,23 ^{ab}	22,52 ^d	23,23 ^{ab}
Compana	21,91 ^{e-f}	20,11ⁱ	21,99 ^e	19,51 ^j	22,87 ^{bcd}
Serge	23,22 ^{ab}	22,06 ^e	21,92^{ef}	23,27 ^a	23,26 ^a
Jofs	21,57 ^f	21,10 ^g	20,72 ^h	21,72^{ef}	21,10 ^g
Ultrillo	20,12 ⁱ	20,76 ^{gh}	20,78 ^{gh}	22,77 ^{cd}	22,09^e
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	24,11^{abc}	20,80 ^{ij}	24,20 ^{ab}	23,49 ^d	24,20 ^{ab}
Compana	22,88 ^{ef}	21,08ⁱ	22,96 ^e	20,48 ^j	23,84 ^{bcd}
Serge	24,19 ^{ab}	23,03 ^e	22,89^{ef}	24,24 ^a	24,23 ^a
Jofs	22,54 ^f	22,07 ^g	21,69 ^h	22,69^{ef}	22,07 ^g
Ultrillo	21,09 ⁱ	21,73 ^{gh}	21,75 ^{gh}	23,74 ^{cd}	23,06^e

Diyagonallerdeki değerler ebeveynler, diğerleri melez değerleridir

Genel olarak değerlendirildiğinde, protein oranı gibi kalite özelliklerinde dominant gen etkilerinin baskın olduğu ve bu nedenle heterosis ıslahının etkinliğinin arttığı görülmektedir (Ceyhan ve Şimşek, 2021; Sharma ve ark., 2023). Heterozisin, özellikle “Serge × Jofs” gibi genetik olarak uyumlu kombinasyonlarda hem F₁ hem de F₂ jenerasyonlarında kalite artışını mümkün kıldığı görülmektedir. Benzer şekilde,

Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından yapılan çalışmalarda da belirli ebeveynlerin güçlü GKY etkileriyle yüksek performanslı melezler oluşturduğu ve bu kombinasyonların genetik kazanç açısından umut verici olduğu bildirilmiştir.

Bununla birlikte, bazı kombinasyonların, örneğin “Compana $\times$ Jofs” (%19.51 - F_1 , %20.48 - F_2) (Çizelge 4.42), protein oranı bakımından düşük performans göstermesi, genetik uyum eksikliği ve/veya epistatik etkileşimlerin olumsuz etkileriyle açıklanabilir. Bu durum, Dalgıç ve Ceyhan (2018); Yadav ve ark. (2023) gibi araştırmalarda da belirtildiği üzere, sadece heterosis etkisinin değil, aynı zamanda kombinasyon yeteneklerinin ve genetik denge durumunun da dikkatle analiz edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

F_1 jenerasyonunda genel olarak gözlenen heterosis etkisi, geniş genetik varyasyon, dominant gen etkileri ve çevresel stabilite ile açıklanabilir (Ceyhan, 2004; Kumari ve ark., 2015; Gupta ve ark., 2024). Ancak F_2 jenerasyonunda bu etkinin farklı kombinasyonlarda sürmesi ya da zayıflaması, segregasyon, rekombinasyon ve genetik dengenin yeniden oluşmasıyla ilgilidir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018; Sharma ve ark., 2023). Bu bağlamda, F_1 jenerasyonunda elde edilen yüksek performanslı kombinasyonların F_2 ve daha ileri jenerasyonlardaki stabilitelerinin test edilmesi, ıslah programlarının başarısı açısından kritik öneme sahiptir.

F_1 jenerasyonunda protein oranına ilişkin varyans bileşenleri incelendiğinde, özel kombinasyon yeteneği ($v^2\text{ÖKY}$) varyansı 1,95 ile genel kombinasyon yeteneği ($v^2\text{GKY}$) varyansına (0,52) kıyasla anlamlı biçimde daha yüksek bulunmuştur. Etki yüzdesi açısından da benzer bir durum söz konusudur: $v^2\text{GKY}$ %7,87’de kalırken, $v^2\text{ÖKY}$ %29,50’ye ulaşmıştır. Bu durum, protein oranı üzerinde özel ebeveyn kombinasyonlarının etkisinin baskın olduğunu ve heterosis kaynaklı varyansın belirleyici olduğunu göstermektedir. Nitekim $v^2\text{GKY}/v^2\text{ÖKY}$ oranının 3,55 ile düşük kalması, bu özelliğin çoğunlukla eklemeli olmayan (dominant veya epistatik) genetik etkilerle kontrol edildiğini düşündürmektedir (Çizelge 4.43). Bu bulgu, Ceyhan ve Şimşek (2021); Taşyürek ve Ceyhan (2022); Sharma ve ark. (2023) gibi araştırmalarda da vurgulanan, kalite özelliklerinde heterozisin genetik varyansta baskın rol oynadığı yönündeki değerlendirmelerle paralellik göstermektedir. F_1 jenerasyonunda hesaplanan Baker oranı %35 olup, genetik varyansın yalnızca sınırlı bir kısmının tahmin edilebilir olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.43). Bu, çevresel etkilerin protein oranı üzerinde önemli bir rol oynadığını, dolayısıyla bu özelliğin seleksiyonla iyileştirilmesinin zor olabileceğini ortaya koymaktadır (Ateş ve Ceyhan, 2016; Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

Kalıtım dereceleri incelendiğinde, dar anlamda kalıtım (h^2) %13 ve geniş anlamda kalıtım (H^2) %39 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.43). Bu veriler, protein oranındaki genetik varyansın büyük oranda dominant ve epistatik gen etkilerine dayandığını ve eklemeligen etkilerinin sınırlı olduğunu göstermektedir (Kapur, 2007; Parveen, 2019). Resiprok etkiler varyansı (0,56) ve %8,47'lik etki yüzdesiyle orta düzeyde bulunmuş, bu da anne ve baba genotiplerinin farklı genetik katkılar sunduğunu göstermektedir (Çizelge 4.43). Sarawat ve ark. (1994); Halil ve Uzun (2020) tarafından da benzer şekilde, melez yönünün bazı kalite özelliklerinde farklı sonuçlar doğurabileceği bildirilmiştir. Bu bağlamda, F_1 jenerasyonundaki bulgular, protein oranının iyileştirilmesinde heterosis etkisine dayalı melezleme stratejilerinin ve uygun kombinasyon seçimlerinin önemine dikkat çekmektedir.

F_2 jenerasyonunda protein oranına ilişkin varyans bileşenlerinin F_1 jenerasyonu ile neredeyse tamamen benzerlik göstermesi, genetik kontrolün nesiller boyunca korunabildiğini ortaya koymaktadır. Genel kombinasyon yeteneği (v^2GKY) %7,87, özel kombinasyon yeteneği ($v^2ÖKY$) %29,50, resiprok etkiler ise %8,47 olarak belirlenmiştir. Bu oranların F_1 jenerasyonu ile birebir örtüşmesi, heterosis etkisinin ve kombinasyon yeteneklerinin F_2 neslinde de etkin şekilde devam ettiğini göstermektedir. $v^2GKY/v^2ÖKY$ oranının yine 3,55 olarak hesaplanması, F_2 jenerasyonunda da eklemeli olmayan gen etkilerinin baskın olduğunu ve özel kombinasyonların üstün performans üzerinde daha etkili olduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 4.43). Bu durum, Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından bildirilen, bazı kombinasyonlarda heterosis etkisinin F_2 neslinde sürdürülebileceği yönündeki bulgularla örtüşmektedir. Baker oranı F_2 jenerasyonunda da %35 olarak kalmış ve bu değer, protein oranı üzerindeki genetik varyansın sınırlı derecede tahmin edilebilir olduğunu, çevresel etkilerin bu karakter üzerindeki rolünün güçlü olduğunu bir kez daha teyit etmiştir (Çizelge 4.43). Bu durum, Sharma ve ark. (2023); Gupta ve ark. (2024) tarafından önerilen, stabil performans gösteren genotiplerin çoklu çevrelerde test edilmesi gerekliliğini desteklemektedir. Kalıtım dereceleri de F_1 ile aynıdır: dar anlamda kalıtım %13, geniş anlamda kalıtım %39 (Çizelge 4.43). Bu değerler, klasik seleksiyon yöntemlerinin bu özellikte sınırlı başarı sağlayabileceğini, ancak melezleme ve heterosis ıslahının önemli bir araç olarak kullanılabileceğini göstermektedir (Ceyhan ve Avcı, 2005b; Parveen, 2019). F_2 jenerasyonundaki bu genetik süreklilik, özellikle “Serge × Jofs” gibi kombinasyonlarda protein oranının F_1 ’e benzer biçimde yüksek kalmasıyla desteklenmektedir. Bu bulgu, dominant ve epistatik genetik etkilerin F_2 populasyonlarında da etkili olabileceğini

göstermekte; ileri nesil seleksiyonların doğru kombinasyonlarda sürdürülebilir genetik kazanç sağlayabileceğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.43. Tam diallel melez setinde protein oranı ile ilgili genetik komponentler

Genetik Komponent	F ₁ Jenerasyonu		F ₂ Jenerasyonu	
	Varyans	Etki %	Varyans	Etki %
v^2GKY	0,52	7,87	0,52	7,87
$v^2ÖKY$	1,95	29,50	1,95	29,50
Resiprok	0,56	8,47	0,56	8,47
$v^2GKY / v^2ÖKY$	3,55	53,71	3,55	53,71
D	1,03		1,03	
H	1,95		1,95	
$H/D^{1/2}$	0,26		0,26	
Baker Oranı	0,35		0,35	
h^2	0,13		0,13	
H^2	0,39		0,39	

F₁ jenerasyonunda protein oranına ilişkin genel kombinasyon yeteneği (GKY) değerleri, genotiplerin bu özelliğe katkı düzeylerini ortaya koymuştur. Boggie (0.445), Serge (0.398) ve Ultrillo (0.116), pozitif GKY değerleriyle protein oranını artırıcı yönde önemli katkı sağlamış, bu durum söz konusu genotiplerin ıslah programlarında ebeveyn olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Buna karşılık, Compana (-0.776) ve Jofs (-0.192) gibi negatif GKY değerine sahip genotipler, protein oranını azaltıcı yönde etki göstermiştir. Bu sonuçlar, genotiplerin kalite özelliklerine katkısının çeşit bazında değişebileceğini ve genel etkilerin genetik yapı ile doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 4.44). Benzer biçimde, Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018); Parveen (2019), bazı genotiplerin protein içeriğine olan katkılarının GKY analizleri ile tutarlı biçimde saptanabileceğini belirtmiştir.

Genel kombinasyon yeteneği (GKY) değerleri, genotiplerin bu özelliğe katkısını ortaya koymakta ve Boggie (0.445), Serge (0.398) ile Ultrillo (0.116) pozitif GKY değerleriyle protein oranını artırma potansiyellerini F₂ jenerasyonunda da sürdürmektedir. Buna karşın Compana (-0.776) ve Jofs (-0.192), negatif GKY değerleriyle protein oranına olumsuz yönde katkı sağlamaya devam etmiş, bu durum genetik etkilerin nesiller arasında korunabilirliğini göstermiştir (Çizelge 4.44). Ateş ve Ceyhan (2016); Dalgıç ve Ceyhan (2018) gibi araştırmalarda da belirtildiği üzere, bazı genotiplerin kalite özelliklerine etkileri kalıcı nitelikte olup, sonraki jenerasyonlarda da seleksiyonla sürdürülebilir.

F₁ jenerasyonunda ÖKY analizleri, bazı melez kombinasyonlarının ortalamanın üzerinde bir performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Özellikle “Compana × Ultrillo” (0.677), “Boggie × Serge” (0.588) ve “Compana × Serge” (0.553) kombinasyonları,

protein oranında pozitif ÖKY değerleriyle dikkat çekmiş ve bu kombinasyonların üstün özel genetik etkileşimlere sahip olduğunu göstermiştir. Buna karşın, “Boggie × Ultrillo” (-0.628), “Boggie × Compana” (-0.557) ve “Compana × Jofs” (-0.527) gibi kombinasyonlar, negatif ÖKY değerleriyle protein oranını azaltıcı yönde etkiler sergilemiştir. Bu durum, ÖKY’nın genetik varyansın önemli bir kısmını açıkladığını ve melezlerin başarısında özel genetik kombinasyonların kritik olduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 4.44). Benzer bulgular, Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından da rapor edilmiştir; bu çalışmalar, ÖKY etkilerinin özellikle kalite ve verim bileşenleri üzerinde belirleyici olduğunu vurgulamaktadır. Resiprokal etkiler bakımından, “Boggie × Compana” (-0.557) ile “Compana × Boggie” (1.040), “Boggie × Serge” (0.588) ile “Serge × Boggie” (-0.005) ve “Boggie × Jofs” (0.047) ile “Jofs × Boggie” (-0.472) gibi çaprazlamalar arasındaki farklar, ana ve baba genotiplerinin yer değiştirmesinin protein oranı üzerindeki etkisini net bir şekilde ortaya koymaktadır (Çizelge 4.44). Bu bulgular, maternal etkilerin, muhtemelen sitoplazmik kalıtımla bağlantılı olarak, kalite özellikleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir. Ateş ve Ceyhan (2016); Dalgıç ve Ceyhan (2018); Taşyürek ve Ceyhan (2022) tarafından yürütülen çalışmalarda da benzer şekilde resiprokal etkilerin önemli olduğu, bazı özelliklerde anne genotipinin yönünün sonucu ciddi biçimde etkileyebileceği bildirilmiştir.

F₂ jenerasyonunda ÖKY bakımından değerlendirildiğinde, “Compana × Ultrillo” (0.677), “Boggie × Serge” (0.588) ve “Compana × Serge” (0.553) kombinasyonları, F₁ jenerasyonunda olduğu gibi F₂’de de pozitif ÖKY etkisi göstermiştir. Bu durum, bu kombinasyonlardaki genetik etkileşimlerin F₂ popülasyonunda da korunarak devam ettiğini göstermekte olup, melezleme programlarında bu tür kombinasyonların öncelikli olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, “Boggie × Ultrillo” (-0.628), “Boggie × Compana” (-0.557) ve “Compana × Jofs” (-0.527) gibi kombinasyonlar da negatif ÖKY etkilerini sürdürmüştür (Çizelge 4.44). Bu bulgular, Ceyhan (2004); Singh ve ark. (2007); Dalgıç ve Ceyhan (2018); Gupta ve ark. (2024) tarafından bildirilen; ÖKY’nın, özellikle kalite ve verim bileşenlerinde genotip kombinasyonlarının özgünlüğüne dayalı olarak nesiller boyunca devam edebileceği yönündeki sonuçlarla örtüşmektedir. F₂ jenerasyonunda resiprokal etkiler de F₁ ile paralel şekilde seyretmiş; “Compana × Boggie” (1.040) ve “Boggie × Compana” (-0.557) gibi kombinasyonlar arasındaki fark, çaprazlama yönünün protein oranı üzerindeki etkisinin sürdüğünü göstermiştir. Benzer şekilde,

“Boggie $\times$ Serge” (0.588) ve “Serge $\times$ Boggie” (-0.005), “Jofs $\times$ Boggie” (-0.472) ve “Boggie $\times$ Jofs” (0.047) gibi χ^2 testlerinde anlamlı farklar devam etmiş; bu da maternal etkilerin (ana ebeveyn yönünün) F_2 jenerasyonunda da etkili olabileceğini ortaya koymuştur (Çizelge 4.44). Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018) da melezleme yönünün kalite özellikleri üzerindeki etkilerini vurgulamış ve bu farkların muhtemelen sitoplazmik kalıtım ve epigenetik mekanizmalarla ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir.

F_2 jenerasyonunda GKY, ÖKY ve resiprokal etkilerde gözlemlenen bu istikrar, protein oranı gibi karmaşık bir özelliğin kontrolünde kalıcı genetik etkilerin varlığını desteklemekte ve seleksiyon programlarında bu kombinasyonların ileri jenerasyonlara taşınmasının rasyonel olabileceğini göstermektedir. Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından yapılan çalışmalar, dominant ve epistatik gen etkilerinin F_2 ve daha ileri nesillerde de sürdürülebileceğini ve bu durumun heterosis etkisinin kalıcılığı açısından önemli olduğunu ortaya koymuştur.

F_2 jenerasyonunda hem GKY hem de ÖKY değerlerinin F_1 ile büyük ölçüde örtüşmesi, belirli genotiplerin protein oranına katkısının sabit olduğunu ve bu genetik yapının sonraki jenerasyonlara taşınabileceğini göstermektedir. Bu durum, özellikle “Boggie”, “Serge” ve “Ultrillo” gibi genotiplerin protein oranını artırmaya yönelik ıslah çalışmalarında ebeveyn olarak değerlendirilmesi gerektiğini; “Compana $\times$ Serge” veya “Compana $\times$ Ultrillo” gibi kombinasyonların ise pozitif ÖKY değerleri sayesinde seleksiyon programlarında öncelikli olarak dikkate alınabileceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca resiprokal etkilere bağlı olarak anaç seçiminin kalite iyileştirmelerinde dikkate alınması, genetik kazancın artırılmasına katkı sağlayacaktır.

Çizelge 4.44. Tam diallel melez setinde protein oranı ile ilgili kombinasyon kabiliyetleri

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F_1 Jenerasyonu					
Boggie	0,398	-0,557	0,588	0,047	-0,628
Compana	1,040	-0,766	0,553	-0,527	0,677
Serge	-0,005	0,037	0,445	-0,048	-0,332
Jofs	-0,472	0,797	-1,273	-0,192	0,219
Ultrillo	-1,557	-1,055	-1,243	0,832	0,116
F_2 Jenerasyonu					
Boggie	0,398	-0,557	0,588	0,047	-0,628
Compana	1,040	-0,766	0,553	-0,527	0,677
Serge	-0,005	0,037	0,445	-0,048	-0,332
Jofs	-0,472	0,797	-1,273	-0,192	0,219
Ultrillo	-1,557	-1,055	-1,243	0,832	0,116

Diyagonallerdeki değerler GKY, köşegen üstü ÖKY, köşegen altı Resiprokal etkilerdir.

F₁ jenerasyonunda, “Compana × Ultrillo” kombinasyonu %8.40 heterosis değeriyle en yüksek pozitif etkiyi göstermiş, protein oranı bakımından belirgin bir genetik üstünlük sağlamıştır. Bununla birlikte, “Serge × Jofs” (%6.65) ve “Serge × Ultrillo” (%5.73) gibi diğer kombinasyonlar da anlamlı düzeyde pozitif heterosis göstererek dikkat çekmiştir. Bu durum, belirli ebeveyn kombinasyonlarının kalite özelliklerinde heterosis yoluyla üstünlük sağlayabileceğini göstermektedir (Çizelge 4.45). Benzer şekilde, Lejeune-Henaut ve ark. (1992); Sarawat ve ark. (1994), bezelyede özellikle dallanma ve bakla sayısı gibi verimle ilişkili özelliklerde heterosis etkisinin belirgin olduğunu, bu etkinin kalite karakterlerine de yansıyabileceğini vurgulamışlardır. Ancak F₁ jenerasyonunda negatif heterosis değerleri de yaygın biçimde gözlemlenmiştir. “Ultrillo × Boggie” (-11.02) ve “Boggie × Compana” (-8.32) gibi kombinasyonlar, düşük performans sergileyerek genetik uyumsuzluk ya da epistatik etkileşimlerin olumsuz sonuçlarını ortaya koymuştur (Çizelge 4.45). Bu bulgular, genetik denge ve allel etkileşimlerinin her zaman sinerjik sonuçlar doğurmadığını ve heterozisin tüm kombinasyonlarda olumlu etki göstermediğini ortaya koymaktadır (Ceyhan, 2004; Kapur, 2007; Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

F₂ jenerasyonunda elde edilen heterosis değerleri, F₁ jenerasyonu ile paralel bir eğilim göstermiştir. “Compana × Ultrillo” kombinasyonu %8.04 değeriyle F₂’de de en yüksek pozitif heterosis etkisini göstermeye devam etmiş; “Serge × Jofs” (%6.37) ve “Serge × Ultrillo” (%5.48) kombinasyonları da pozitif etkilerini sürdürmüştür. Bu bulgu, bazı üstün kombinasyonların heterosis etkisinin sadece F₁ ile sınırlı kalmadığını, F₂ populasyonunda da devam edebileceğini ortaya koymaktadır (Çizelge 4.45). Bu sonuçlar, Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından da desteklenmekte; bu çalışmalarda, F₂ jenerasyonunda bazı melezlerin F₁ ile benzer ya da yüksek performans sergileyebileceği belirtilmiştir. F₂ jenerasyonunda da negatif heterosis değerleri devam etmiş, “Ultrillo × Boggie” (-10.57) ve “Boggie × Compana” (-7.96) gibi kombinasyonlar düşük performans göstermiştir (Çizelge 4.45). Bu durum, F₂ populasyonunda segregasyon ve genetik rekombinasyonun, üstünlük etkisini baskılayabildiğini ve genetik dengenin yeniden şekillenmesiyle heterosis etkilerinde düşüşe neden olabileceğini göstermektedir (Ceyhan, 2004; Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Özellikle resesif alellerin ortaya çıkışı ve dominant-genetik etkileşimlerin ayrışması, F₂ jenerasyonunda heterozisin sürdürülmesini zorlaştırabilir (Gupta ve ark., 2024).

Çizelge 4.45. Tam diallel melez setinde protein oranı ile ilgili heterosis değerleri (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	----	-8,32**	3,10**	0,40	2,75**
Compana	1,30**	----	4,62**	-6,72**	8,40**
Serge	3,06**	4,96**	----	6,65**	5,73**
Jofs	-3,80**	0,90*	-5,02**	----	-3,65**
Ultrillo	-11,02**	-1,60**	-5,57**	3,95**	----
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	----	-7,96**	2,97**	0,38	2,64**
Compana	1,25**	----	4,41**	-6,42**	8,04**
Serge	2,93**	4,75**	----	6,37**	5,48**
Jofs	-3,65**	0,86*	-4,81**	----	-3,49**
Ultrillo	-10,57**	-1,53**	-5,34**	3,78**	----

Her iki jenerasyon birlikte değerlendirildiğinde, “Compana × Ultrillo” kombinasyonu protein oranı açısından tutarlı bir şekilde en yüksek heterosis etkisini göstermekte; bu durum, bu kombinasyonun genetik uyum açısından güçlü olduğunu ve stabil genetik katkı sağladığını göstermektedir. “Serge × Jofs” ve “Serge × Ultrillo” kombinasyonları da benzer şekilde her iki jenerasyonda da pozitif heterosis etkilerini sürdürmüş ve ıslah programları için umut vaat eden adaylar olarak öne çıkmıştır. Buna karşın “Ultrillo × Boggie” ve “Boggie × Compana” gibi kombinasyonların her iki jenerasyonda da negatif heterosis göstermesi, bu genotiplerin birlikte kullanılmasının genetik uyum açısından risk taşıdığını ortaya koymaktadır.

Bu bulgular doğrultusunda, protein oranını artırmaya yönelik ıslah çalışmalarında pozitif heterosis etkisi gösteren kombinasyonlar öncelikli olarak değerlendirilmeli; genetik uyumsuzluk sergileyen kombinasyonlar ise dışlanmalı ya da ileri seleksiyon basamaklarında dikkatle analiz edilmelidir. Ayrıca, F₂ jenerasyonunda da heterosis etkisinin sürmesi, bu kombinasyonların yalnızca F₁ hibrit üretimi için değil, stabil ve yüksek kaliteli hatların geliştirilmesinde de kullanılabileceğini göstermektedir. Bu durum, Ceyhan ve Avcı (2005b); Dalgıç ve Ceyhan (2018); Ceyhan ve Şimşek (2021) tarafından vurgulanan, dominant ve epistatik genetik etkilerin kalite özelliklerinin kalıtımında önemli bir rol oynadığı yönündeki bulgularla da örtüşmektedir.

F₁ jenerasyonunda “Serge × Jofs” kombinasyonu %6.16 heterobeltiosis değeriyle öne çıkmış ve bu kombinasyonun en iyi ebeveyne kıyasla anlamlı bir üstünlük sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca “Serge × Ultrillo” (%5.33), “Compana × Ultrillo” (%3.56) ve “Ultrillo × Jofs” (%3.08) kombinasyonları da pozitif heterobeltiosis değerleriyle dikkat çekmiş, bu kombinasyonların protein oranı açısından potansiyel

taşıdığı ortaya konmuştur (Çizelge 4.46). Bu sonuçlar, heterosis etkisinin yalnızca ortalama ebeveyne göre değil, en iyi ebeveyne karşı da ifade edilebildiğini ve bu durumun melez ıslahı açısından değerli olduğunu göstermektedir. Nitekim, Kapur (2007); Sharma ve ark. (2023); Yadav ve ark. (2023) gibi çalışmalarda da, özellikle kalite özelliklerinde en iyi ebeveyne aşan melezlerin elde edilmesinin, ıslah programları açısından önemli olduğu vurgulanmıştır. F₁ jenerasyonunda heterobeltiosis etkisi gösteren kombinasyonlar sınırlı sayıdadır; pek çok melezde negatif heterobeltiosis değerleri gözlemlenmiştir. Örneğin, “Boggie × Compana” (%-14.31) ve “Ultrillo × Boggie” (-13.04) kombinasyonları, protein oranı bakımından en iyi ebeveyne kıyasla ciddi düzeyde düşük performans sergilemiştir (Çizelge 4.46). Bu durum, bazı ebeveyn kombinasyonlarının genetik uyumsuzluk nedeniyle negatif etki yaratabileceğini göstermektedir. Lejeune-Henaut ve ark. (1992); Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından yapılan çalışmalar, heterobeltiosis etkisinin genetik dengeye ve özel genotipik etkileşimlere bağlı olduğunu; genetik olarak uyumsuz kombinasyonların hibrit gücünü olumsuz etkileyebileceğini ortaya koymuştur.

F₂ jenerasyonunda heterobeltiosis değerlerinin genel eğilimi, F₁ jenerasyonu ile benzerlik göstermektedir. “Serge × Jofs” kombinasyonu %5.90 değeriyle yine en yüksek pozitif heterobeltiosis etkisine sahip olmuş ve genetik üstünlüğünü korumuştur. “Serge × Ultrillo” (%5.10), “Compana × Ultrillo” (%3.41) ve “Ultrillo × Jofs” (%2.95) kombinasyonları da F₂ jenerasyonunda pozitif heterobeltiosis etkisini sürdüren önemli kombinasyonlar arasında yer almıştır. Bu durum, belirli melezlerin genetik üstünlüğünün yalnızca F₁ dönemine özgü olmadığını, genetik stabilitenin F₂ populasyonunda da korunabileceğini göstermektedir. Dalgıç ve Ceyhan (2018); Parveen (2019), F₂ populasyonlarında pozitif heterobeltiosis etkisinin devam etmesinin, epistatik etkileşimlerin kalıcılığı ile ilişkili olduğunu bildirmiştir.

Bununla birlikte, F₂ jenerasyonunda da negatif heterobeltiosis değerleri yaygın olarak görülmektedir. “Boggie × Compana” (-13.73) ve “Ultrillo × Boggie” (-12.51) kombinasyonları, en iyi ebeveyne kıyasla düşük protein oranı ile dikkat çekmiş ve F₁ jenerasyonunda gözlemlenen düşük performanslarını F₂’de de sürdürmüştür (Çizelge 4.46). Bu sonuçlar, F₂ jenerasyonunda segregasyon ve genetik rekombinasyonun etkilerini açıkça yansıtmakta; bazı kombinasyonların heterobeltiosis etkisini sürdürebilirken, bazılarının bu etkiyi kaybettiğini göstermektedir (Ceyhan, 2004; Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

Çizelge 4.46. Tam diallel melez setinde protein oranı ile ilgili heterobeltiosis değerleri (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	----	-14,31**	0,39	-2,68**	0,42
Compana	-5,32**	----	0,30	-10,16**	3,56**
Serge	0,35	0,64	----	6,16**	5,33**
Jofs	-6,76**	-2,82**	-5,46**	----	-4,45**
Ultrillo	-13,04**	-5,99**	-5,93**	3,08**	----
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	----	-13,73**	0,37	-2,57**	0,40
Compana	-5,10**	----	0,29	-9,73**	3,41**
Serge	0,33	0,61	----	5,90**	5,10**
Jofs	-6,49**	-2,70**	-5,23**	----	-4,26**
Ultrillo	-12,51**	-5,74**	-5,68**	2,95**	----

F₁ ve F₂ jenerasyonlarında benzer eğilimlerin gözlenmesi, genetik etkilerin belirli kombinasyonlarda istikrarlı olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle “Serge × Jofs”, “Serge × Ultrillo”, “Compana × Ultrillo” ve “Ultrillo × Jofs” kombinasyonları hem F₁ hem de F₂ jenerasyonlarında pozitif heterobeltiosis göstererek, protein oranı açısından üstünlüklerini korumuştur. Bu durum, bu kombinasyonların genetik kazanç sağlama potansiyelini desteklemekte ve ıslah programlarında öncelikli olarak değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Buna karşılık, “Boggie × Compana” ve “Ultrillo × Boggie” gibi kombinasyonlar hem F₁ hem de F₂ jenerasyonlarında negatif heterobeltiosis etkisi göstermiştir. Bu sonuçlar, genetik uyumsuzlukların veya antagonistik genetik etkileşimlerin melez performansını düşürdüğünü ortaya koymakta ve bu tür kombinasyonların ıslah programlarında dikkatle analiz edilmesini gerektirmektedir.

Her iki jenerasyonda da pozitif heterobeltiosis etkisi gösteren kombinasyonlar, hem yüksek protein oranı hedefi hem de genetik kazanç açısından değerli materyaller olarak öne çıkmaktadır. Bu kombinasyonların ileri seleksiyon basamaklarında test edilmesi, kaliteli ve yüksek verimli yeni bezelye çeşitlerinin geliştirilmesine önemli katkılar sağlayacaktır. Ayrıca, heterobeltiosis etkisinin nesiller boyunca sürdürülebilirliği, genetik stabilite açısından da umut vericidir (Gündoğan ve Ceyhan, 2018; Halil ve Uzun, 2020).

4.10. Bitkide Protein Verimi

Bu çalışmada F₁ ve F₂ jenerasyonlarında protein verimi bakımından ebeveynler ve melezler arasında anlamlı düzeyde farklılıklar gözlemlenmiştir. F₁ jenerasyonunda heterosis etkisi belirgin şekilde ortaya çıkmış ve birçok melez kombinasyonu,

ebeveynlerin bireysel performansını aşarak daha yüksek protein verimi sergilemiştir. Ebeveynler arasında en yüksek protein verimi 11.79 g/bitki ile Ultrillo çeşidine aitken, en düşük değer 6.00 g/bitki ile Serge genotipinde kaydedilmiştir. Buna karşılık, F₁ melezleri arasında “Jofs × Compana” kombinasyonu 12.20 g/bitki değeri ile en yüksek protein verimini sağlamış ve heterosis etkisinin potansiyelini ortaya koymuştur. En düşük verim ise 4.98 g/bitki ile “Compana × Boggie” kombinasyonunda gözlenmiştir (Çizelge 4.47). Bu bulgular, heterozisin protein verimi gibi karmaşık fizyolojik özelliklerde etkili olabileceğini ve uygun ebeveyn kombinasyonlarının hibrit üstünlüğü sağlayabileceğini göstermektedir. Ateş ve Ceyhan (2016), bezelye bitkisinde verim bileşenleri üzerinde yapılan çalışmalarında heterosis etkisinin özellikle dallanma ve bakla sayısı gibi verim parametreleri üzerinde anlamlı olduğunu; bu etkinin dolaylı olarak tohum ve protein verimine de katkı sağladığını belirtmiştir. Benzer şekilde, Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018) da protein verimi ve ilişkili karakterlerde heterosis etkisinin hibrit ıslahı açısından kullanılabilir olduğunu vurgulamıştır.

F₂ jenerasyonunda ise, F₁'e kıyasla genel olarak protein veriminde düşüş kaydedilmiştir. Bu düşüş, genetik segregasyon ve yeniden genotipleşme süreciyle açıklanabilir. Ebeveynler arasında protein verimi sıralaması benzer şekilde devam etmiş; Ultrillo 9.16 g/bitki ile en yüksek değeri, Serge ise 3.33 g/bitki ile en düşük değeri sunmuştur. F₂ melez kombinasyonları arasında ise “Serge × Jofs” kombinasyonu 11.15 g/bitki ile en yüksek protein verimini sağlamış; bu, söz konusu melezde heterosis etkisinin F₂ jenerasyonunda da sürdürülebilir olduğunu göstermiştir. Öte yandan, “Boggie × Compana” kombinasyonu 3.63 g/bitki ile en düşük protein verimini sergilemiş ve hem F₁ hem de F₂ jenerasyonlarında zayıf performans göstermiştir (Çizelge 4.47). Bu sonuçlar, bazı melez kombinasyonlarının heterotik üstünlüğünü F₂ jenerasyonuna kadar taşıyabildiğini göstermektedir. Bu durum, epistatik gen etkileri ve genetik denge durumunun, özellikle bazı özelliklerde nesiller boyunca korunabilirliğini işaret etmektedir (Ceyhan, 2004; Dalgıç ve Ceyhan, 2018; Parveen, 2019). “Serge × Jofs” kombinasyonunun F₂ jenerasyonunda da yüksek performans göstermesi, bu kombinasyonun protein verimi bakımından seleksiyonla geliştirilebilecek üstün bir genetik kaynak olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.47. Tam diallel melez setinde bitkide protein verimi ile ilgili ortalama değerler (g/bitki)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	7,57^{d-g}	7,34 ^{efg}	8,84 ^{a-f}	11,23 ^{abc}	11,44 ^{abc}
Compana	4,98 ^g	6,88^{efg}	6,81 ^{efg}	8,00 ^{c-g}	6,87 ^{efg}
Serge	7,31 ^{efg}	6,77 ^{efg}	6,00^{f-g}	6,48 ^{f-g}	5,76 ^{f-g}
Jofs	7,06 ^{efg}	12,20 ^a	10,18 ^{a-e}	11,79^{ab}	7,40 ^{efg}
Ultrillo	10,08 ^{a-e}	8,32 ^{b-g}	11,02 ^{a-d}	5,57 ^{f-g}	6,40^{f-g}
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	6,56^{d-i}	3,63 ^{ij}	5,10 ^{g-j}	7,90 ^{b-g}	7,23 ^{c-g}
Compana	5,22 ^{g-j}	4,08^{hij}	4,16 ^{hij}	6,21 ^{d-j}	6,02 ^{e-j}
Serge	5,83 ^{e-j}	3,71 ^{i-j}	3,33^j	11,15 ^a	7,77 ^{b-g}
Jofs	8,27 ^{a-f}	7,95 ^{b-g}	5,60 ^{f-j}	9,16^{a-d}	9,67 ^{abc}
Ultrillo	8,85 ^{a-e}	6,76 ^{c-h}	7,09 ^{c-h}	10,61 ^{ab}	7,67^{b-g}

Diyagonallerdeki değerler ebeveynler, diğerleri melez değerleridir

F₁ jenerasyonundaki genel yüksek protein verimi ve heterosis etkisine karşın, F₂ jenerasyonunda genetik rekombinasyonun etkisiyle ortalamalarda bir düşüş gözlenmiş olması, klasik seleksiyon programlarında dikkatli bir strateji gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, heterosis etkisinin F₂ jenerasyonunda da korunabildiği kombinasyonlar (örneğin “Serge × Jofs”), ileri seleksiyon basamakları için umut verici materyaller sunmaktadır. Dalgıç ve Ceyhan (2018); Sharma ve ark. (2023), F₂ jenerasyonlarında özellikle epistatik ve dominant genetik etkilerin sürdürülmesinin, uygun seleksiyon yöntemleriyle mümkün olduğunu ve bu tür melezlerin ıslah programlarına entegre edilmesinin yararlı olacağını belirtmişlerdir.

Sonuç olarak, F₁ jenerasyonunda heterosis etkisi protein veriminde açıkça ortaya çıkmış, F₂ jenerasyonunda ise bu etkinin bazı kombinasyonlarda sürdürülebildiği görülmüştür. Bu durum, protein verimini artırmaya yönelik ıslah programlarında doğru ebeveyn kombinasyonlarının seçilmesinin ve genetik çeşitliliğin etkin bir şekilde yönetilmesinin önemini vurgulamaktadır. “Serge × Jofs”, “Jofs × Compana” ve “Serge × Ultrillo” gibi kombinasyonlar, yüksek protein verimi ve genetik üstünlük potansiyeli nedeniyle gelecekteki ıslah programlarında öncelikli olarak değerlendirilmeye adaydı

F₁ jenerasyonunda, genel kombinasyon yeteneği (v^2_{GKY}) varyansı 0.01 ve etki yüzdesi %0.01 ile ihmal edilebilir düzeydedir. Bu durum, ebeveynlerin ortalama katkılarının protein verimi üzerindeki genetik varyansa çok sınırlı düzeyde yansıdığını göstermektedir. Öte yandan, özel kombinasyon yeteneği ($v^2_{ÖKY}$) varyansı 2.46 ve etki yüzdesi %39.81 ile oldukça yüksek bulunmuş, bu da melez kombinasyonlarının genetik uyumunun belirleyici olduğunu ortaya koymuştur (Çizelge 4.48). Bu bulgular, heterosis etkisinin baskın olduğunu ve protein verimi gibi karmaşık özelliklerde

dominant/epistatik gen etkileşimlerinin önemli rol oynadığını göstermektedir. Bu durum, Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından da belirtilmiş; düşük GKY ve yüksek ÖKY varyansının, eklemeli olmayan gen etkilerinin baskınlığını işaret ettiği vurgulanmıştır. F_1 'de resiprok etkiler de 0.45 varyans değeri ve %7.28 etki yüzdesi ile orta düzeyde olup, ana-baba rollerinin protein verimi üzerinde farklı etkiler yaratabileceğini göstermektedir (Çizelge 4.48). Bu, maternal etkilerin veya sitoplazmik mirasın melez performans üzerindeki katkılarını düşündürmektedir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018). F_1 jenerasyonunda $v^2GKY/v^2ÖKY$ oranının 0.47 olarak bulunması, genel kombinasyon yeteneğinin özel kombinasyon yeteneğine göre oldukça zayıf olduğunu, dolayısıyla heterosis etkisinin bu jenerasyonda belirleyici olduğunu teyit etmektedir. Baker oranı F_1 'de sıfıra yakın bulunmuştur. Bu sonuç, genetik varyansın büyük ölçüde tahmin edilemez olduğunu, çevresel etkilerin baskın geldiğini ve melez performansların seçilebilmesinin zor olduğunu göstermektedir. Ayrıca dar anlamda kalıtım derecesi (h^2) sıfır, geniş anlamda kalıtım derecesi (H^2) ise %37 olarak bulunmuş, bu da dominant ve epistatik etkilerin baskınlığına işaret etmektedir (Çizelge 4.48). Benzer şekilde, Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018) çalışmalarında da, F_1 melezlerinde yüksek ÖKY etkileri ve düşük GKY katkıları protein verimi gibi kantitatif özelliklerde vurgulanmıştır.

F_2 jenerasyonunda ise durum önemli ölçüde değişmiştir. Genel kombinasyon yeteneği varyansı 1.98 ve etki yüzdesi %40.82'ye yükselmiş, bu da ebeveyn katkılarının artık protein verimi üzerindeki genetik varyansın önemli bir kısmını açıkladığını göstermektedir. Buna karşılık özel kombinasyon yeteneği varyansı 0.20'ye, etki yüzdesi ise %4.12'ye düşmüş, heterosis etkisinin azalmakta olduğunu ve genetik kontrolün daha çok eklemeli etkilere kaydığını göstermektedir (Çizelge 4.48). Bu değişim, segregasyon ve genetik rekombinasyonla birlikte F_2 populasyonlarında genetik çeşitliliğin artması ve sabitlenen genotip sayısının çoğalmasıyla açıklanabilir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018). F_2 jenerasyonunda resiprok etkiler de kayda değer şekilde azalmış (%0.62), varyans değeri 0.03 olarak bulunmuştur. Bu durum, F_2 'de maternal etkilerin ve ana-baba farklarının artık önemsiz hale geldiğini göstermektedir. $v^2GKY/v^2ÖKY$ oranı 0.69 ile genel kombinasyon yeteneğinin özel kombinasyon yeteneği karşısında daha baskın hale geldiği görülmektedir. Bu da F_2 jenerasyonunda seçime dayalı genetik ilerlemenin daha mümkün olduğunu göstermektedir. Nitekim Baker oranının %95 gibi oldukça yüksek bir seviyeye ulaşması da, genetik varyansın büyük kısmının tahmin edilebilir hale geldiğini ve çevresel etkilere göre genetik etkilerin daha baskın olduğunu ortaya

koymaktadır. Ayrıca, F₂ jenerasyonunda dar anlamda kalıtım derecesi (h^2) %58, geniş anlamda kalıtım derecesi (H^2) ise %61 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.48). Bu bulgular, F₂'de kalıtım derecelerinin anlamlı şekilde yükseldiğini, genetik ilerleme potansiyelinin arttığını ve seleksiyon programları için daha uygun bir jenerasyon haline geldiğini göstermektedir. Özellikle eklemeli genetik varyansın yükselmesi, klasik seleksiyon yöntemlerinin etkinliğini desteklemektedir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

Çizelge 4.48. Tam diallel melez setinde bitkide protein verimi ile ilgili genetik komponentler

Genetik Komponent	F ₁ Jenerasyonu		F ₂ Jenerasyonu	
	Varyans	Etki %	Varyans	Etki %
σ^2_{GKY}	0,01	0,01	1,98	40,82
$\sigma^2_{ÖKY}$	2,46	39,81	0,20	4,12
Resiprok	0,45	7,28	0,03	0,62
$\sigma^2_{GKY} / \sigma^2_{ÖKY}$	0,47	7,61	0,69	14,23
D	0,01		3,96	
H	2,46		0,20	
H/D ^{1/2}	0,01		9,9	
Baker Oranı	0,00		0,95	
h^2	0,00		0,58	
H^2	0,37		0,61	

Genel olarak değerlendirildiğinde, F₁ jenerasyonunda heterosis etkisi, özel kombinasyon yeteneği ve eklemeli olmayan genetik etkileşimler baskınken; F₂ jenerasyonunda genel kombinasyon yeteneği, kalıtım dereceleri ve Baker oranı gibi parametrelerin yükselmesi, F₂'yi genetik seleksiyon açısından daha verimli bir jenerasyon haline getirmiştir. Bu bulgular, protein verimi bakımından genetik ilerleme sağlamak isteyen ıslah programlarında F₂ populasyonlarının daha etkin biçimde kullanılabileceğini göstermektedir.

F₁ jenerasyonunda GKY değerleri, genotiplerin ortalama genetik katkılarını yansıtarak protein verimine olan etkilerini belirlemiştir. Bu bağlamda Jofs (1.087) yüksek pozitif GKY değeri ile öne çıkarken, Boggie (0.250) sınırlı pozitif etki ve Ultrillo (-0.166) nötr-düşük katkı göstermiştir. Buna karşın Compana (-0.587) ve Serge (-0.575) gibi genotipler negatif GKY değerleri ile protein verimini düşürücü etkiler sergilemiştir. Bu durum, Jofs genotipinin yüksek protein verimi potansiyeline katkı sağlayan eklemeligen etkilerine sahip olduğunu düşündürmektedir (Çizelge 4.49). Dalgıç ve Ceyhan (2018), yüksek GKY değerlerinin eklemeli gen etkilerinin baskın olduğu durumlarda görüldüğünü ve bu genotiplerin seleksiyon programlarında önemli kaynaklar oluşturduğunu belirtmiştir.

F₂ jenerasyonunda ise bazı GKY değerlerinde kayda değer değişimler yaşanmıştır. Jofs (1.787**) F₁'de olduğu gibi F₂'de de yüksek pozitif GKY değeri ile

üstün katkısını sürdürmüş, buna ek olarak Ultrillo (1.152*) da yüksek GKY değeriyle öne çıkmıştır. Boggie (-0.267), Compana (-1.600**) ve Serge (-1.073*) ise negatif GKY değerleri ile düşük katkılar sergilemiştir (Çizelge 4.49). Bu durum, eklemeligen etkilerinin F₂ jenerasyonunda daha belirgin hale geldiğini ve Jofs ile Ultrillo'nun bu bağlamda protein verimi artışına katkı sağlayabilecek güçlü genetik kaynaklar olduğunu göstermektedir. Bu, Dalgıç ve Ceyhan (2018) tarafından da vurgulandığı gibi, segregasyon sonrası artan eklemeli varyansın seleksiyon için uygun bir yapı oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.49. Tam diallel melez setinde bitkide protein verimi ile ilgili kombinasyon kabiliyetleri

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	0,250	-1,592*	0,307	-0,274	2,585
Compana	-1,180*	-0,587	-0,141	1,516	0,255
Serge	-0,762	-0,023	-0,575	-0,264	1,038
Jofs	-2,087**	2,097**	1,848**	1,078*	-2,520**
Ultrillo	-0,678	0,728	2,633**	-0,915	-0,166
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	-0,267	-0,490	0,024	-0,217	0,371
Compana	0,792*	-1,600**	-0,174	0,113	0,056
Serge	0,363	-0,225	-1,073*	0,883	0,570
Jofs	0,185	0,872*	-2,775**	1,787**	0,416
Ultrillo	0,812*	0,373	-0,338	0,470	1,152*

Diyagonallerdeki değerler GKY, köşegen üstü ÖKY, köşegen altı Resiprokal etkileridir.

F₁ jenerasyonu ÖKY açısından değerlendirildiğinde, “Boggie × Ultrillo” (2.585) ve “Compana × Jofs” (1.516) gibi kombinasyonlar yüksek pozitif özel etkilerle dikkat çekmiştir. Bu tür kombinasyonlar, belirli ebeveyn çiftlerinin birbirleriyle olan genetik uyumunun yüksek olduğunu ve heterosis etkisinin bu kombinasyonlarda güçlü şekilde ortaya çıktığını göstermektedir. Öte yandan, “Jofs × Ultrillo” (-2.520) ve “Boggie × Compana” (-1.592) gibi kombinasyonlar negatif ÖKY değerleri ile, potansiyel genetik uyumsuzlukları yansıtmakta ve verim kayıplarına neden olmaktadır (Çizelge 4.49). Lejeune-Henaut ve ark. (1992); Sharma ve ark. (2023), yüksek ÖKY varyanslarının dominant ve epistatik etkilerin baskın olduğu durumları gösterdiğini ve bu etkilerin melez kombinasyonlara özgü olduğunu ifade etmişlerdir. Resiprokal etkiler bakımından, “Serge × Jofs” (-0.264) ile “Jofs × Serge” (1.848) veya “Boggie × Serge” (0.307) ile “Serge × Boggie” (-0.762) gibi çaprazlamalar arasında kayda değer farklar gözlenmiştir (Çizelge 4.49). Bu farklar, genotiplerin anne veya baba olarak kullanımının protein verimi üzerinde farklı sonuçlar doğurabileceğini ve maternal etkiler ile

sitoplazmik kalıtımın F₁ jenerasyonunda belirgin şekilde etkili olduğunu göstermektedir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

F₂ jenerasyonunda ÖKY değerlerinde genel bir azalma söz konusu olmakla birlikte, “Serge × Jofs” (0.883) ve “Serge × Ultrillo” (0.570) gibi kombinasyonlar pozitif özel etkilerini sürdürmüştür. Bununla birlikte, “Boggie × Compana” (-0.490) ve “Boggie × Jofs” (-0.217) gibi kombinasyonlar negatif ÖKY değerleriyle düşük uyumu yansıtmıştır (Çizelge 4.49). ÖKY’nın F₂’de azalması, heterosis etkisinin kırılmaya başlaması ve epistatik etkilerin çözülmesi ile ilişkilendirilebilir (Ceyhan, 2004). Resiprokal etkiler F₂ jenerasyonunda da kayda değer farklılıklar göstermiştir. Özellikle “Serge × Jofs” (0.883) ile “Jofs × Serge” (-2.775) arasında görülen büyük fark, ana-baba rollerinin F₂’de de önemini koruduğunu ortaya koymuştur (Çizelge 4.49). Bu tür etkiler, sitoplazmik mirasın veya çekirdek-sitoplazmik etkileşimlerin devam ettiğini göstermekte ve ebeveynlerin doğru kombinasyon yönleriyle kullanılmasının önemini vurgulamaktadır (Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

Sonuç olarak, F₁ jenerasyonunda Jofs genotipi yüksek GKY ve uygun kombinasyonlarla güçlü bir protein verimi potansiyeli ortaya koyarken, F₂ jenerasyonunda bu katkı Ultrillo ile birlikte artmış ve eklemeli gen etkilerine dayalı genetik ilerleme potansiyeli güçlenmiştir. ÖKY analizleri, “Boggie × Ultrillo”, “Compana × Jofs” ve “Serge × Jofs” gibi kombinasyonların protein verimi artışı için umut vadettiğini ortaya koymuştur. Resiprokal etkiler ise, melez yönünün ihmal edilemeyecek derecede önemli olduğunu, ana ve baba rollerinin ıslah programlarında dikkatle ele alınması gerektiğini göstermiştir. Tüm bu bulgular, protein verimi odaklı melezleme ve seleksiyon programlarının tasarımında genotip seçimi ve kombinasyon yönünün ne denli stratejik olduğunu ortaya koymaktadır.

F₁ jenerasyonunda, “Ultrillo × Serge” (%77.70**) ve “Boggie × Ultrillo” (%63.78**) kombinasyonları en yüksek pozitif heterosis değerlerine ulaşmıştır. Bu melezler, ortalama ebeveyn değerlerinin oldukça üzerinde protein verimi sağlayarak hibrit üstünlüğünü açık şekilde ortaya koymuştur. Bununla birlikte, “Ultrillo × Boggie” (%44.36**), “Jofs × Compana” (%30.66*) ve “Boggie × Serge” (%30.24*) gibi kombinasyonlar da anlamlı pozitif heterosis göstermiştir (Çizelge 4.50). Bu sonuçlar, uygun ebeveyn kombinasyonlarının oluşturduğu genetik sinerjinin protein verimi gibi karmaşık bir özelliğe önemli katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Heterosis etkisi özellikle yüksek varyanslı kantitatif karakterlerde belirgin hale gelmekte ve bu durum, epistatik ve dominant gen etkileşimlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

(Ceyhan, 2004; Ateş ve Ceyhan, 2016). Ayrıca, Ceyhan ve Avcı (2005b), bezelye bitkisinde verimle ilişkili karakterler üzerine yaptıkları çalışmada, heterozisin özellikle melez kombinasyonlara özgü özel genetik etkileşimler sonucu şekillendiğini ve verim artışına neden olabileceğini bildirmiştir. Heterosis etkisi özellikle yüksek varyanslı kantitatif karakterlerde belirgin hale gelmekte ve bu durum, epistatik ve dominant gen etkileşimlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Dalgıç ve Ceyhan, 2018; Gündoğan ve Ceyhan, 2018; Sharma ve ark., 2023). Ayrıca, Taşyürek ve Ceyhan (2022), bezelye bitkisinde verimle ilişkili karakterler üzerine yaptıkları çalışmada, heterozisin özellikle melez kombinasyonlara özgü özel genetik etkileşimler sonucu şekillendiğini ve verim artışına neden olabileceğini bildirmiştir. F₁ jenerasyonunda gözlemlenen pozitif heterosis değerlerine rağmen, negatif heterosis gösteren kombinasyonların sayısı da dikkat çekicidir. Özellikle “Ultrillo × Jofs” (-38.77**) ve “Serge × Jofs” (-27.13) kombinasyonları, ortalama ebeveyn değerlerinin altında kalmış ve genetik uyumsuzluk olasılığını gündeme getirmiştir (Çizelge 4.50). Bu durum, bazı ebeveyn çiftlerinin genetik olarak uyumlu olmadığını ve negatif gen-gen etkileşimlerinin verim üzerinde olumsuz etkiler yarattığını göstermektedir (Parveen, 2019).

F₂ jenerasyonunda ise heterosis değerlerinde belirli kombinasyonlarda farklılaşmalar ortaya çıkmıştır. “Serge × Jofs” kombinasyonu %78.55 gibi yüksek bir heterosis değeri ile dikkat çekmiş, F₁’deki zayıf performansına rağmen F₂’de üstün bir genetik potansiyel sergilemiştir. Bu durum, genetik rekombinasyon ve segregasyonun bazı bireylerde üstün fenotiplerin ortaya çıkmasına olanak tanıdığını göstermektedir. Benzer şekilde “Serge × Ultrillo” (%41.19), “Ultrillo × Serge” (%28.89) ve “Ultrillo × Jofs” (%26.02) kombinasyonları da F₂’de anlamlı düzeyde pozitif heterosis sunmuştur. Bu sonuçlar, F₂ jenerasyonunda bile bazı kombinasyonların yüksek protein verimi bakımından değerli olabileceğini göstermektedir. Öte yandan, “Boggie × Compana” (-31.68), “Jofs × Serge” (-10.30) ve “Compana × Jofs” (-6.17) gibi kombinasyonlarda negatif heterosis devam etmiş, F₂ jenerasyonunda genetik ayrışma sonucu düşük performanslı bireylerin ön plana çıktığı anlaşılmıştır (Çizelge 4.50). Ceyhan (2004); Dalgıç ve Ceyhan (2018), bu tür durumların F₂ jenerasyonunda sıkça görüldüğünü ve heterozisin parçalanması nedeniyle ortalamalarda düşüş yaşandığını belirtmiştir.

Çizelge 4.50. Tam diallel melez setinde bitkide protein verimi ile ilgili heterosis değerleri (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	----	1,66	30,24*	16,07	63,78**
Compana	-31,01*	----	5,77	-14,27	3,39
Serge	7,79	5,05	----	-27,13*	-7,20
Jofs	-27,05*	30,66*	14,42	----	-18,65*
Ultrillo	44,36**	25,32	77,70**	-38,77**	----
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	----	-31,68*	3,17	0,51	1,55
Compana	-1,91	----	12,28	-6,17	2,41
Serge	17,86	0,13	----	78,55**	41,19**
Jofs	5,22	20,17	-10,30	----	14,85
Ultrillo	24,36*	15,12	28,89**	26,02**	----

F₁ ve F₂ jenerasyonlarının birlikte değerlendirilmesi, hibrit üstünlüğünün sürdürülebilirliğini anlamak açısından önemlidir. “Ultrillo × Serge” ve “Boggie × Ultrillo” kombinasyonları F₁ jenerasyonunda yüksek performans gösterirken, “Serge × Jofs” ve “Serge × Ultrillo” kombinasyonları F₂ jenerasyonunda ön plana çıkmıştır. Bu durum, heterosis etkisinin jenerasyonlar arasında farklı kombinasyonlarda devam edebileceğini ve uygun melezlerin seçimi kadar, bu melezlerin izleyen nesillerdeki performanslarının da dikkatle izlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

F₁ jenerasyonunda yüksek pozitif heterosis değerleri ile öne çıkan kombinasyonlar, özellikle erken seleksiyon aşamalarında değerlendirilebilirken; F₂ jenerasyonunda heterozisin sürdüğü kombinasyonlar uzun vadeli genetik kazançlar açısından daha stratejik seçimler sunabilir. “Serge × Jofs”, “Serge × Ultrillo” ve “Ultrillo × Serge” gibi kombinasyonlar, hem heterosis etkisinin hem de kalıcı genetik ilerlemenin sağlanabileceği adaylar olarak öne çıkmaktadır. Buna karşın, negatif heterosis gösteren kombinasyonlar, genetik uyumsuzlukları nedeniyle dikkatle analiz edilmeli ve ıslah programlarından dışlanması göz önünde bulundurulmalıdır. Bu değerlendirmeler, protein verimi gibi karmaşık kantitatif karakterlerde başarılı ıslah stratejilerinin temelini oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, F₁ jenerasyonunda bazı kombinasyonlar protein verimi bakımından yüksek düzeyde pozitif heterobeltiosis göstermiştir. Özellikle “Ultrillo × Serge” (%72.15) ve “Boggie × Ultrillo” (%51.19) kombinasyonları, en iyi ebeveynlerine kıyasla anlamlı düzeyde üstünlük sağlamış ve melez azmanlığının (heterosis) en iyi ebeveyn karşısında da ifade edildiğini göstermiştir. Bunlara ek olarak “Ultrillo × Boggie” (%33.26), “Ultrillo × Compana” (%20.98) ve “Boggie × Serge”

(%16.78) gibi kombinasyonlar da pozitif heterobeltiosis değerleriyle dikkat çekmiştir. Bu durum, özellikle “Ultrillo” ebeveyninin, hem dişi hem de erkek olarak kullanıldığında protein verimini artırıcı bir etki sağladığını ve genetik kombinasyonlara önemli katkılar sunduğunu ortaya koymaktadır. Ancak F₁ jenerasyonunda negatif heterobeltiosis değerlerinin yaygınlığı da dikkat çekicidir. “Ultrillo × Jofs” (%-52.76), “Serge × Jofs” (%-45.01), “Jofs × Ultrillo” (%-37.23) ve “Jofs × Boggie” (%-40.12) gibi kombinasyonlar, en iyi ebeveyne kıyasla ciddi performans düşüşü göstermiştir (Çizelge 4.51). Bu sonuçlar, genetik uyumsuzluk, allelik etkileşim eksikliği veya epistatik baskılama gibi faktörlerin melez performansını olumsuz yönde etkileyebileceğini göstermektedir (Lejeune-Henaut ve ark., 1992; Ceyhan, 2004; Ateş ve Ceyhan, 2016). Ayrıca, bu negatif değerler, F₁'deki pozitif heterozisin her zaman en iyi ebeveyne karşı üstünlük sağlamayabileceğini, bu nedenle heterobeltiosis analizlerinin ıslah kararlarında tamamlayıcı nitelikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

F₂ jenerasyonunda ise heterobeltiosis değerlerinde genel bir düşüş gözlenmiştir. Bu durum, F₂ neslinde segregasyon, genetik rekombinasyon ve uygun alel kombinasyonlarının parçalanması nedeniyle üstün genotip oranının azalmasıyla açıklanabilir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Pozitif heterobeltiosis değerleri F₂'de daha sınırlı olmakla birlikte, “Serge × Jofs” (%21.76), “Ultrillo × Jofs” (%15.79) ve “Ultrillo × Boggie” (%15.33) gibi kombinasyonlar halen önemli düzeyde üstünlük sunmuştur. Bu durum, bazı melezlerde F₂ neslinde dahi seçilebilecek üstün bireylerin varlığını göstermekte, bu da ileri nesil seleksiyon programları açısından değerlidir. Bununla birlikte, F₂ jenerasyonunda da negatif heterobeltiosis değerleri birçok kombinasyonda devam etmiştir. “Boggie × Compana” (%-44.61) ve “Jofs × Serge” (%-38.83) gibi kombinasyonlar, en iyi ebeveyne kıyasla belirgin bir düşüş sergilemiştir (Çizelge 4.51). Bu bulgular, F₂ neslinde özellikle düşük kombinasyon yeteneğine sahip ebeveynlerin birlikte kullanıldığında, genetik potansiyelin yetersiz hale geldiğini ve bu kombinasyonların ıslah programlarından çıkarılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.51. Tam diallel melez setinde bitkide protein verimi ile ilgili heterobeltiosis değerleri (%)

Ana Çeşitler	Baba Çeşitler				
	Boggie	Compana	Serge	Jofs	Ultrillo
F ₁ Jenerasyonu					
Boggie	----	-2,95	16,78	-4,72	51,19**
Compana	-34,14*	----	-0,97	-32,12*	-0,19
Serge	-3,35	-1,65	----	-45,01**	-10,10
Jofs	-40,12**	3,45	-13,66	----	-37,23**
Ultrillo	33,26*	20,98	72,15**	-52,76**	----
F ₂ Jenerasyonu					
Boggie	----	-44,61**	-22,21*	-13,76	-5,82
Compana	-20,48*	----	2,04	-32,21**	-21,59*
Serge	-11,13	-8,99	----	21,76*	1,26
Jofs	-9,72	-13,17	-38,83**	----	5,53
Ultrillo	15,33	-11,86	-7,56	15,79	----

F₁ ve F₂ jenerasyonları karşılaştırıldığında, F₁'de heterobeltiosis düzeylerinin genellikle daha yüksek olduğu, ancak F₂'de bu üstünlüklerin azaldığı görülmektedir. Bu durum literatürle de paraleldir; çünkü F₁ nesli, genetik olarak homozigot olmayan bireyleri içerdiğinden dolayı hibrit üstünlüğü en üst seviyede yansıtırken, F₂ neslinde genetik ayrışma ve alel kombinasyonlarının parçalanması heterobeltiosis değerlerinin düşmesine neden olur (Ceyhan, 2004; Dalgıç ve Ceyhan, 2018).

Bu çalışmada “Ultrillo × Serge” ve “Boggie × Ultrillo” gibi F₁'de yüksek heterobeltiosis gösteren kombinasyonlar, erken jenerasyon seleksiyonları için büyük potansiyel taşımaktadır. F₂ jenerasyonunda ise “Serge × Jofs” ve “Ultrillo × Jofs” gibi kombinasyonların halen belirli düzeyde üstünlük sergilemesi, bu kombinasyonların ileri nesillerde de değerlendirilebileceğini göstermektedir. Islah programlarında, F₁ ve F₂ jenerasyonlarındaki heterobeltiosis değerleri birlikte değerlendirilerek, yüksek verimli ve stabil genetik yapıların seçimi sağlanabilir. Bununla birlikte, negatif heterobeltiosis gösteren kombinasyonlar dikkatle analiz edilmeli ve genetik ilerlemeyi sınırlayacak uyumsuzluklar program dışı bırakılmalıdır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada materyal olarak Betagreen, Compana, Serge, Jofs, Boogie ve Carina çeşitlerinden oluşan altı farklı bezelye genotipi kullanılmış ve bu genotipler arasında yapılan melezlemeler sonucunda F_1 ve F_2 jenerasyonları elde edilmiştir. Yöntem olarak, diallel melezleme tasarımı uygulanmış ve elde edilen populasyonlar Tesadüf Blokları Deneme Deseni ile üç tekerrürlü olarak Selçuk Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanında değerlendirilmiştir. Araştırmanın amacı, Orta Anadolu koşullarına uyumlu, yüksek verimli ve endüstriyel işleme uygun konservelik bezelye hatlarının geliştirilmesidir.

Bitki boyu özelliği, bezelyede hem tarımsal verim hem de genetik ilerleme açısından kritik bir morfolojik karakter olup, bu çalışmada F_1 jenerasyonunda dominant ve epistatik etkileşmelerin, F_2 jenerasyonunda ise eklemeli gen etkilerinin belirleyici olduğu görülmüştür. F_1 jenerasyonunda Serge ve Ultrillo gibi ebeveynlerin hibritlerde pozitif katkıları dikkat çekerken, Boggie ve Compana bazı kombinasyonlarda bitki boyunu olumsuz etkilemiştir. GKY ve ÖKY varyans analizleri, F_2 jenerasyonunda genetik katkıların daha tahmin edilebilir ve seleksiyona uygun hale geldiğini göstermektedir. F_1 'de yüksek performans gösteren bazı hibritler F_2 'de bu performansı sürdüremezken, özellikle “Serge x Jofs” ve “Jofs x Compana” gibi bazı kombinasyonlar F_2 'de üstünlüklerini korumuştur. Heterosis ve heterobeltiosis analizleri, jenerasyonlar arasında genetik ayrışma sonucu önemli değişimler yaşandığını ve heterotik etkinin her kombinasyonda sabit kalmadığını ortaya koymuştur. F_2 jenerasyonunda hem pozitif hem de negatif heterosis etkilerinin belirginleşmesi, genetik varyasyonun ileri ıslah basamakları için dikkatle değerlendirilmesini gerektirmektedir. Geniş varyasyon aralığı, ileri nesil seleksiyonlarında hem genetik kazanç hem de stabilite açısından fırsatlar sunduğu gibi riskler de taşımaktadır. Bu nedenle, bitki boyu gibi karmaşık kantitatif özelliklerde ıslah süreci hem jenerasyonlar arası analiz hem de ebeveyn-hibrit uyumu dikkate alınarak planlanmalıdır.

Bitkide bakla sayısı, bezelyede verimi doğrudan etkileyen temel bileşenlerden biri olup, F_1 jenerasyonunda özel kombinasyon yetenekleri ve heterosis etkileri ön plandadır. “Jofs x Compana” kombinasyonu her iki jenerasyonda da yüksek performans göstererek ıslah açısından güçlü bir aday olarak öne çıkmıştır. F_1 'de bakla sayısı daha dengeli ve yüksek düzeylerdeyken, F_2 jenerasyonunda genetik ayrışma sonucu

varyasyon genişlemiş ve ortalama değerlerde düşüş gözlenmiştir. GKY varyansı ve kalıtım dereceleri F_2 'de artarak, eklemeli gen etkilerinin seleksiyon açısından daha belirleyici hale geldiğini ortaya koymuştur. Ultrillo ebeveyni genel olarak olumsuz katkılar yaparken, bazı özel kombinasyonlarda (örneğin “Ultrillo $\times$ Serge”) pozitif etki gösterebilmiştir. F_1 'de maternal etkiler önemli rol oynarken, F_2 jenerasyonunda bu etkiler azalmış ya da kombinasyona bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Heterosis ve heterobeltiosis analizleri, genetik üstünlüğün yalnızca ebeveyn performansına değil, kombinasyon uyumuna da bağlı olduğunu göstermektedir. Genetik ilerleme için F_2 jenerasyonunda yüksek GKY ve ÖKY katkısı sunan kombinasyonlara odaklanmak, bakla sayısı gibi kantitatif karakterlerde başarıyı artıracaktır.

Baklada tane sayısı, bezelye verimini doğrudan etkileyen kritik bir verim bileşeni olup, çalışmada bu özelliğin genetik kontrolünün jenerasyonlara göre farklılaştığı belirlenmiştir. F_1 jenerasyonunda özellikle “Boggie $\times$ Jofs”, “Ultrillo $\times$ Serge” ve “Serge $\times$ Jofs” gibi kombinasyonlar yüksek baklada tane sayısı ve pozitif heterosis değerleriyle öne çıkmış, dominant ve epistatik gen etkilerinin belirleyici olduğu görülmüştür. Jofs ebeveyni hem F_1 hem de F_2 jenerasyonlarında yüksek GKY ve ÖKY katkısıyla güçlü bir genetik kaynak olarak belirlenmiştir. F_2 jenerasyonunda genetik ayrışma ile birlikte eklemeli gen etkileri baskın hale gelmiş, GKY varyansı ve kalıtım derecelerinde anlamlı artışlar gözlenmiştir. Heterobeltiosis değerleri F_1 'de güçlü şekilde ifade edilirken, F_2 jenerasyonunda zayıflamış; ancak “Serge $\times$ Jofs” ve “Ultrillo $\times$ Jofs” gibi bazı kombinasyonlar bu üstünlüğü kısmen sürdürebilmiştir. Resiprok etkilerin F_1 'de anlamlı, F_2 'de ise sınırlı olması, anaç kullanımının erken jenerasyonlarda etkili olduğunu göstermiştir. Compana ve Boggie bazı kombinasyonlarda negatif katkılar sunmuş ve bu genotiplerin melezleme programlarında dikkatle değerlendirilmesi gerektiği ortaya konmuştur. Genel olarak, baklada tane sayısı için hem genetik varyasyonun hem de heterotik etkinin dikkatle analiz edilmesi gerektiği, özellikle F_2 jenerasyonunda seleksiyon stratejilerinin eklemeli genetik yapıyı hedef alarak yürütülmesinin başarılı ıslah için kritik olduğu sonucuna varılmıştır.

Bitkide tane sayısı, bezelyede verimi doğrudan etkileyen temel bileşenlerden biri olup, bu çalışmada hem F_1 hem de F_2 jenerasyonlarında farklı genetik mekanizmalarla kontrol edildiği gözlemlenmiştir. F_1 jenerasyonunda heterosis ve heterobeltiosis etkileri belirgin şekilde ifade edilmiş; özellikle “Ultrillo $\times$ Serge”, “Boggie $\times$ Jofs” ve “Jofs $\times$ Compana” gibi kombinasyonlar yüksek performanslarıyla öne çıkmıştır. Bu durum, dominant ve epistatik gen etkilerinin F_1 'de baskın olduğunu ve genel kombinasyon

yeteneğine göre özel kombinasyonların daha etkili olduğunu göstermiştir. F_2 jenerasyonunda ise segregasyon sonucu genetik varyasyon artmış, eklemeli gen etkileri belirginleşmiş ve Jofs gibi genotipler istikrarlı pozitif katkılarını sürdürmüştür. “Serge $\times$ Jofs” kombinasyonu, hem yüksek tane sayısı hem de pozitif heterosis ve heterobeltiosis değerleriyle F_2 ’de de üstün performans sergilemiştir. Genetik komponent analizleri, F_1 ’de seleksiyonun sınırlı, F_2 ’de ise daha etkili olabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca resiprokal etkilerin F_1 ’de anlamlı düzeyde olduğu, ancak F_2 ’de önemini yitirdiği belirlenmiştir. Genel olarak, bu bulgular hem yüksek performans hem de genetik stabilite sağlayabilecek kombinasyonların belirlenmesinde jenerasyonlara özgü genetik katkıların dikkatle değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Bitkide biyolojik verim, hem F_1 hem de F_2 jenerasyonlarında farklı genetik dinamiklerle kontrol edilen karmaşık bir özelliktir. F_1 jenerasyonunda özellikle “Jofs $\times$ Compana”, “Ultrillo $\times$ Boggie” ve “Boggie $\times$ Jofs” gibi kombinasyonlarda yüksek biyolojik verim ve güçlü heterosis etkisi gözlenmiş; bu durum, dominant ve epistatik gen etkilerinin ön planda olduğunu göstermiştir. Buna karşın, “Compana $\times$ Boggie” ve “Serge $\times$ Ultrillo” gibi düşük performanslı kombinasyonlar, genetik uyumsuzluk veya zayıf özel kombinasyon yeteneğiyle açıklanabilir. F_2 jenerasyonuna geçildiğinde ortalama biyolojik verimlerde düşüş yaşanmış, ancak “Serge $\times$ Jofs” ve “Ultrillo $\times$ Jofs” gibi bazı kombinasyonlar yüksek performanslarını koruyarak segregasyona dayanıklılık sergilemiştir. GKY ve kalıtım derecelerinin F_2 ’de artması, bu jenerasyonun seleksiyon için daha elverişli olduğunu ortaya koymuştur. Jofs ebeveyni her iki jenerasyonda da yüksek GKY değerleriyle dikkat çekmiş, biyolojik verime olan genetik katkısını istikrarlı biçimde sürdürmüştür. Heterosis ve heterobeltiosis değerleri F_1 ’de daha yüksek olup, F_2 ’de genel bir düşüş görülse de bazı kombinasyonlar bu etkinin devamını sağlamıştır. Bu sonuçlar, kısa vadede F_1 jenerasyonundan hibrit verim avantajı sağlanabileceğini; uzun vadede ise F_2 jenerasyonunda seleksiyonla sürdürülebilir genetik kazanç elde edilebileceğini göstermektedir. Bu bağlamda, hem yüksek heterotik potansiyele sahip kombinasyonların hem de segregasyona karşı dirençli melezlerin ıslah programlarında öncelikli olarak değerlendirilmesi önerilmektedir.

Tane verimi, bezelye ıslahında hem ekonomik önemi hem de seleksiyonla geliştirilebilirliği açısından temel bir karakterdir. Çalışmada F_1 jenerasyonunda dominant ve epistatik gen etkileriyle yüksek heterosis ve heterobeltiosis değerleri gözlenmiş, özellikle “Jofs” ve “Ultrillo” ebeveynlerinin genetik üstünlüğü hibrit kombinasyonlarda net olarak ifade edilmiştir. “Jofs $\times$ Compana”, “Ultrillo $\times$ Serge” ve

“Boggie × Ultrillo” gibi kombinasyonlar F_1 ’de yüksek verim potansiyeliyle öne çıkarken, “Ultrillo × Serge” kombinasyonu her iki jenerasyonda da stabil performans göstermiştir. F_2 jenerasyonunda ise segregasyon etkisiyle ortalama verim düşerken, eklemeli gen etkilerinin baskın hale gelmesiyle seleksiyon için daha uygun bir genetik yapı oluşmuştur. Genetik komponent analizleri F_2 ’de yüksek GKY varyansı, yüksek Baker oranı ve artan kalıtım dereceleri ile kalıtsal ilerlemenin mümkün olduğunu göstermiştir. Jofs genotipi her iki jenerasyonda yüksek GKY değeriyle güvenilir bir genetik kaynak olarak öne çıkarken, Ultrillo hem yüksek ÖKY hem de seleksiyonel katkısıyla dikkat çekmiştir. Öte yandan bazı kombinasyonlarda negatif heterosis ve heterobeltiosis etkileri, genetik uyumsuzluk ve yönlü ebeveyn etkilerinin önemini ortaya koymuştur. Sonuç olarak, tane verimi açısından üstün melezlerin geliştirilmesi için hem ebeveyn seçimi hem de çaprazlama yönü dikkatle planlanmalı; F_1 jenerasyonunda heterotik üstünlükten, F_2 jenerasyonunda ise genetik stabilite ve kalıtım gücünden yararlanılmalıdır.

Yüz tane ağırlığı, bezelyede hem ticari kaliteyi hem de toplam verimi etkileyen önemli bir morfolojik özelliktir. Bu çalışmada, F_1 jenerasyonunda dominant ve epistatik gen etkilerinin baskın olduğu, özellikle “Ultrillo × Boggie” kombinasyonunun yüksek heterosis ve heterobeltiosis değerleriyle öne çıktığı belirlenmiştir. Jofs ve Ultrillo ebeveynleri, her iki jenerasyonda da yüksek GKY ve ÖKY katkılarıyla genetik üstünlüklerini sürdürmüştür. F_2 jenerasyonunda ise eklemeli gen etkileri ve yüksek kalıtım dereceleriyle genetik ilerleme potansiyeli artmış, seleksiyon için daha uygun bir yapı oluşmuştur. “Ultrillo × Boggie”, “Jofs × Ultrillo” ve “Compana × Ultrillo” gibi kombinasyonlar F_2 ’de de yüksek yüz tane ağırlığı sergileyerek segregasyona karşı dayanıklılık göstermiştir. Genetik varyans bileşenleri, F_1 ’de dominant etkilerin, F_2 ’de ise eklemeli etkilerin ağırlık kazandığını göstermiştir. Resiprok etkiler düşük kalmış, ancak bazı kombinasyonlarda ana-baba rolünün önemli olduğu gözlenmiştir. Genel olarak, Ultrillo’nun özellikle dişi ebeveyn olarak kullanıldığı kombinasyonlar, yüz tane ağırlığı açısından üstünlük sağlamış ve ileri ıslah çalışmaları için umut vadeden materyaller olarak değerlendirilmiştir.

Hasat indeksi, bu çalışmada hem F_1 hem de F_2 jenerasyonlarında önemli varyasyonlar göstermiş ve genetik denetimin jenerasyonlara göre değiştiği açıkça ortaya konmuştur. F_1 jenerasyonunda heterosis ve heterobeltiosis etkilerinin güçlü şekilde ifade edildiği, özellikle “Ultrillo × Serge” ve “Jofs × Compana” gibi kombinasyonların yüksek performans sergilediği belirlenmiştir. Bu jenerasyonda özel kombinasyon

yeteneği (ÖKY) baskın olup, genetik ilerleme daha çok dominant ve epistatik etkilere dayanmıştır. F₂ jenerasyonunda ise genetik varyansın büyük kısmı genel kombinasyon yeteneği (GKY) ile açıklanabilir hale gelmiş ve kalıtım derecelerinin yükselmesi seleksiyon için uygun bir yapı oluşturmuştur. “Jofs” ve “Ultrillo” genotipleri, her iki jenerasyonda da yüksek GKY değerleriyle öne çıkarak, istikrarlı genetik katkılar sunmuştur. Ancak heterobeltiosis etkisinin F₂'de büyük ölçüde zayıfladığı ve segregasyonun heterotik avantajları dağıttığı gözlemlenmiştir. Bazı kombinasyonlar, özellikle “Ultrillo × Boggie”, F₂'de de yüksek performans sergileyerek genetik istikrar göstermiştir. Bu bulgular, hasat indeksi yönünden başarılı ıslah çalışmaları için erken jenerasyonlarda heterotik kombinasyonların belirlenmesi, ileri jenerasyonlarda ise genetik stabilitenin izlenmesi gerektiğini göstermektedir.

Protein oranı, bezelyede kaliteyi doğrudan etkileyen önemli bir özellik olup, bu çalışmada F₁ ve F₂ jenerasyonlarında yüksek varyasyon ve heterosis etkisi sergilemiştir. F₁ jenerasyonunda “Serge × Jofs” ve “Compana × Ultrillo” gibi kombinasyonlar, hem yüksek protein oranı hem de pozitif heterosis ve heterobeltiosis değerleriyle öne çıkmıştır. Özel kombinasyon yeteneği (ÖKY) varyansının genel kombinasyon yeteneğinden (GKY) belirgin şekilde yüksek olması, bu özelliğin çoğunlukla dominant ve epistatik genlerle kontrol edildiğini göstermiştir. F₂ jenerasyonunda da benzer varyans yapısı ve GKY/ÖKY oranlarının korunması, genetik etkinin nesiller boyunca sürdürülebilir olduğunu ortaya koymuştur. Resiprokal etkilerin orta düzeyde olması, anaç seçiminin kalite iyileştirmelerinde dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Pozitif GKY değerleri sunan Boggie, Serge ve Ultrillo genotipleri, protein oranını artırıcı etkileriyle ebeveyn olarak ön plana çıkmıştır. F₂ jenerasyonunda da pozitif heterosis ve heterobeltiosis etkilerinin devam ettiği gözlenmiş, bu durum özellikle “Serge × Jofs” ve “Compana × Ultrillo” gibi kombinasyonların genetik stabilitesine işaret etmiştir. Bu bulgular, protein oranı gibi karmaşık özelliklerin ıslahında heterosis ıslahı ve melezleme programlarının etkin bir strateji olduğunu ortaya koymuştur.

Protein verimi, bezelye ıslahında hem verim hem de kalite yönünden kritik bir özelliktir ve bu çalışmada F₁ jenerasyonunda belirgin heterosis ve heterobeltiosis etkileriyle güçlü melez üstünlükleri ortaya konmuştur. Özellikle “Jofs × Compana” ve “Ultrillo × Serge” gibi kombinasyonlar yüksek protein verimiyle dikkat çekmiş, dominant ve epistatik gen etkilerinin F₁'de baskın olduğu görülmüştür. GKY varyansının düşük, ÖKY varyansının ise yüksek olması, melez performansın daha çok özel kombinasyonlara bağlı olduğunu göstermiştir. F₂ jenerasyonuna geçildiğinde

ortalama protein verimi düşerken, “Serge × Jofs” gibi bazı kombinasyonlar F_1 üstünlüğünü sürdürebilmiş ve genetik ilerleme açısından umut verici bulunmuştur. Bu jenerasyonda artan GKY ve kalıtım dereceleri, eklemeli gen etkilerinin öne çıktığını ve seleksiyon için daha uygun bir yapı oluştuğunu ortaya koymuştur. GKY analizlerinde Jofs ve Ultrillo genotipleri F_2 'de yüksek katkı sağlayarak seleksiyon programları için değerli kaynaklar olduğunu kanıtlamıştır. Heterosis ve heterobeltiosis değerlerinin F_2 'de azalmasına rağmen bazı kombinasyonlarda anlamlı düzeyde sürdürülebilirlik gözlenmiş, bu da genetik rekombinasyonla üstün bireylerin seçilebileceğini göstermiştir. Sonuç olarak, protein verimi yönünden başarılı bir ıslah için hem melez kombinasyonunun genetik uyumu hem de jenerasyonlara özgü genetik kontrol mekanizmaları dikkate alınmalı, F_1 ve F_2 verileri birlikte değerlendirilerek stratejik seleksiyon yapılmalıdır.

5.2 Öneriler

Bezelye ıslahında genel ve özel kombinasyon yeteneklerinin (GKY ve ÖKY) belirlenmesi, üstün melez kombinasyonlarının tanımlanmasında kritik bir aşamadır. Tez bulguları, yüksek GKY değerlerine sahip ebeveynlerin eklemeli gen etkileri açısından önemli olduğunu ve verim aktarımı bakımından avantaj sağladığını göstermektedir. ÖKY analizleri ise özellikle bazı melezlerde üstün eklemeli olmayan gen etkilerinin bulunduğunu ortaya koymuştur. Bu bağlamda, yalnızca yüksek verimli ebeveynleri değil, aynı zamanda kombinasyon uyumu yüksek genotipleri seçmek gerekmektedir. Özellikle Betagreen ve Serge gibi hatlar bu çalışmada yüksek GKY katkısıyla öne çıkmıştır. Islah programlarında bu tür genotiplerin çaprazlanması, daha stabil ve yüksek performanslı hatların elde edilmesini mümkün kılar. GKY ve ÖKY verilerinin birlikte değerlendirilmesiyle ıslah sürecinin etkinliği artırılabilir. Bu nedenle, gelecekteki çalışmalarda hem genetik potansiyeli hem de kombinasyon performansı güçlü hatlar merkeze alınmalıdır. Bu strateji, F_1 jenerasyonlarında olduğu kadar F_2 ve sonrası nesillerde de sürdürülebilir verim elde edilmesine katkı sağlar. Özellikle kurak iklimlerde tarımsal riskleri azaltacak şekilde güçlü genetik kombinasyonların geliştirilmesi önerilmektedir.

Tezde yapılan analizler, bezelyede heterosis etkisinin özellikle F_1 jenerasyonlarında yüksek düzeyde ifade edildiğini göstermiştir. Bazı melez kombinasyonlarında heterobeltiosis değerleri %200'ün üzerine çıkmıştır. Özellikle yüksek heterosis gösteren kombinasyonların F_2 neslinde de performans

sürdürülebilirliği açısından izlenmesi önemlidir. Heterosis etkisinin dominant ve epistatik gen etkilerinden kaynaklandığı bulgusu, klasik seleksiyon yöntemlerinin hibritizasyon stratejileriyle desteklenmesini gerekli kılmaktadır. Bu doğrultuda, ıslah programlarında F_1 melez performanslarının belirlenmesi kadar, bu performansın sonraki generasyonlara taşınıp taşınmadığının izlenmesi de önerilmektedir. Özellikle tohum verimi, bakla sayısı ve bitki boyu gibi temel agronomik karakterlerde yüksek heterosis gösteren melezlerin tescil sürecine dâhil edilmesi faydalı olabilir. Bu yaklaşımla, kısa sürede üstün verimli ve bölgeye uygun çeşitlerin geliştirilmesi mümkün hale gelecektir. Islah stratejilerinin hibrit gücünden maksimum fayda sağlayacak şekilde yeniden yapılandırılması önerilmektedir.

Bezelyede verim kadar kalite özellikleri de ıslah programları açısından önem arz etmektedir. Konservelik amaçlı çeşitlerde tane büyüklüğü, sertlik, işlemeye uygunluk ve özellikle protein oranı gibi parametreler ön plandadır. Tez bulgularına göre, bu kalite karakterlerinin çoğu dominant gen etkileri ile kontrol edilmekte ve çevresel etkilerden nispeten daha az etkilenmektedir. Bu durum, kalite özelliklerinde melezleme stratejilerinin başarılı olabileceğini göstermektedir. Islahçılar, kalite karakterlerinin kalıtım yapısını göz önünde bulundurarak, bu özellikleri taşıyan ebeveynler ile uygun kombinasyonlar yapmalıdır. Özellikle iri taneli ve yüksek proteinli hatların bir arada bulunduğu kombinasyonların seçimi, sanayi taleplerine uygun çeşitlerin geliştirilmesini sağlayacaktır. Ayrıca, kalite ıslahı ile verim ıslahı birlikte ele alınmalı ve bu iki hedef arasında denge kurulmalıdır. Tezde önerildiği gibi, kalite parametrelerinin erken seleksiyon kriteri olarak değerlendirilmesi ve bu doğrultuda ön elemeler yapılması önerilmektedir. Sanayi ile iş birliği içinde geliştirilecek protokoller sayesinde, hem tarlada hem fabrikada üstün performans gösteren çeşitlerin seçimi kolaylaşacaktır. Bu nedenle, kalite odaklı ıslah yaklaşımının yaygınlaştırılması gerektiği düşünülmektedir.

Bu tez çalışması, klasik ıslah yöntemlerinin günümüzde de geçerliliğini ve etkinliğini koruduğunu bir kez daha ortaya koymaktadır. Uygun ebeveynlerin seçilmesi, çaprazlama, seleksiyon ve ardışık jenerasyon takibi gibi temel aşamaları içeren klasik ıslah süreci, bezelye gibi kredilenmeye yatkın bitkiler için son derece uygundur. Özellikle Orta Anadolu koşullarında klasik yöntemlerle geliştirilen hatların, çevresel streslere dayanıklılık ve adaptasyon bakımından üstün performans sergilediği görülmektedir. Bu nedenle, klasik ıslah uygulamalarının genetik analizlerle desteklenmesi önerilmektedir. Seçim sürecinde morfolojik, fenolojik ve verimle ilişkili karakterlerin çok yönlü olarak değerlendirilmesi, üstün genotiplerin daha erken

nesillerde tanımlanmasına katkı sağlar. Ayrıca, klasik ıslahın düşük maliyetli ve uygulanabilir olması, kamu kurumları ve üniversiteler için sürdürülebilir bir model sunar. Bu modelin, ileri düzey analizlerle (örnek marker destekli seleksiyon) desteklenmesi halinde genetik kazanç daha da artırılabilir. Sonuç olarak, klasik ıslah yaklaşımı halen güçlü bir temele sahip olup, önerilen uygulama stratejileriyle bezelye ıslahında önemli başarılar sağlanabilir.



KAYNAKLAR

- Ateş, M. ve Ceyhan, E., 2016, Development of the pea lines that is high yielded for canned and dry grains, *Selcuk Journal of Agricultural Sciences*, 3 (2), 157-170.
- Bourion, V., Fouilloux, G., Le Signor, C. ve Lejeune-Hénaut, I., 2002, Genetic studies of selection criteria for productive and stable peas, *Euphytica*, 127 (2), 261–273.
- Ceyhan, E., 2004, Determination of Some Agricultural Characters and Their Heredity Through Line x Tester Method in Pea Parents and Crosses *Selcuk University*, Konya, Türkiye, 103.
- Ceyhan, E. ve Avcı, M., 2005a, Genotypic Evaluation for Some Agricultural Characters by Single Array Analysis of in The Crosses Pea, *Selcuk University Journal of Faculty of Agriculture*, 19 (36), 13-17.
- Ceyhan, E. ve Avcı, M., 2005b, Combining ability and heterosis for grain yield and some yield components in pea (*Pisum sativum* L.), *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8 (10), 1447-1452.
- Ceyhan, E., 2006, Genetic analysis of cold hardiness in peas (*Pisum sativum* L.), *Journal of Plant Sciences*, 1 (2), 138-143.
- Ceyhan, E., Avcı, M. ve Karadaş, S., 2008, Line X tester analysis in pea (*Pisum sativum* L.): Identification of superior parents for seed yield and its components, *African Journal of Biotechnology*, 7 (16), 2810-2817.
- Ceyhan, E. ve Kahraman, A., 2013, Genetic analysis of yield and some characters in peas, *Legume Research*, 36 (4), 273-279.
- Ceyhan, E. ve Şimşek, D., 2021, Inheritance of some quality characters in canned pea population, *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 8 (1), 188–195.
- Dalgıç, H. ve Ceyhan, E., 2018, Development of the pea lines that are big grained and high yielded for canned and dry grains. VI. International KOP Regional Development Symposium. Konya, Türkiye: 410-428.
- Falconer, D., 1980, Introduction to quantitative genetics, *London, UK*, Oliver and Boyd Ltd. , p.
- Fonseca, S. ve Pattersan, F., 1968, Hybrid vigor in a seven parent diallel cross in common winter wheat, *Crop Science*, 8 (8), 85-88.
- Griffing, B., 1956, Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems, *Australian Journal of Biological Sciences*, 9 (4), 463-493.

- Gupta, A., Singh, B., Kumar, M., Sharma, V., Chauhan, C., Rout, S. ve Yadav, S., 2024, Combining ability and heterosis analysis for seed yield and yield-related traits in table pea (*Pisum sativum* L. var. *hortense*), *Legume Research*, 47, 11.
- Gündoğan, F. ve Ceyhan, E., 2018, Developing high seed yield dry pea cultivars for Central Anatolian conditions. VI. International KOP Regional Development Symposium. Konya, Türkiye: 477-493.
- Halil, D. ve Uzun, A., 2019, Determination of combining ability and hybrid performance of some pea (*Pisum sativum* L.) lines obtained by crossing with line x tester analysis method., *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (10), 7119-7123.
- Halil, D. ve Uzun, A., 2020, Combining abilities and heterotic groups for seed yield and yield components in pea (*Pisum sativum* L.), *Journal of Agricultural Sciences*, 26 (4), 415-423.
- Hayman, B., 1954, The theory and analysis of diallel crosses, *Genetics*, 39 (6), 789-809.
- Jinks, J. ve Hayman, B., 1953, Analysis of diallel crosses, *Maize Genetics Cooperation News Letter*, 27, 48-54.
- Jinks, J. ve Hayman, B., 1956, The F₂ and backcross generations from a set of diallel crosses, *Heredity*, 10 (1), 1-30.
- Kapur, P., 2007, Genetic analysis of pod yield and other horticultural traits in garden pea (*Pisum sativum* L.), *Himachal Pradesh Agricultural University*, Palampur, India, 113.
- Kumari, J., Dikshit, H., Singh, B. ve Singh, D., 2015, Combining ability and character association of agronomic and biochemical traits in pea (*Pisum sativum* L.), *Scientia Horticulturae*, 181, 26-33.
- Lejeune-Henaut, I., Fouilloux, G., Ambrose, M., Dumoulin, V. ve Etévé, G., 1992, Analysis of a 5-parent half diallel in dried pea (*Pisum sativum* L.). I. Seed yield heterosis, *Agronomie*, 12 (7), 545-550.
- Pandey, V., Pant, T. ve Das, S., 2006, Studies on heterosis and combining ability in pea, *Indian Journal of Horticulture*, 63 (3), 338-340.
- Parveen, N., 2019, Genetic diversity and inheritance studies of yield and quality traits in *Pisum sativum* L., *University of Agriculture*, Faisalabad, Pakistan, 149.
- Sarawat, P., Stoddard, F., Marshall, D. ve Ali, S., 1994, Heterosis for yield and related characters in pea, *Euphytica*, 80 (1-2), 39-48.
- Sharma, A., Yadav, R., Sheoran, R., Kaushik, D., Mohanta, T., Sharma, K., Yadav, A., Dhanda, P. ve Kaushik, P., 2023, Estimation of heterosis and the combining ability effect for yield and its attributes in field pea (*Pisum sativum* L.) using PCA and GGE biplots, *Horticulturae*, 9, 256.

- Singh, A. ve Srivastava, C., 2015, Effect of plant types on grain yield and lodging resistance in pea (*Pisum sativum* L.), *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 75 (1), 69–74.
- Singh, I., Singh, P. ve Sandhu, J., 2007, Genetic divergence and association studies in field pea (*Pisum sativum* L.), *Crop Improvement*, 34 (2), 179-182.
- Srivastava, R., Singh, B., Kushwaha, H. ve Kumar, D., 2012, Genetic variability and character association in field pea (*Pisum sativum* L.), *Legume Research*, 35 (3), 224–227.
- Sudheesh, S., 2015, Genetics and genomics of key agronomic traits in field pea (*Pisum sativum* L.) *La Trobe University Bundoora*, Australia, 165.
- Suman, H., Kumar, B., Nageshwar, Rathi, M. ve Tamatam, D., 2017, Heterosis and combining ability for grain yield and yield-associated traits in 10 x 10 diallel analysis in pea (*Pisum sativum* L.), *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6 (12), 1574-1585.
- Taşyürek, S. ve Ceyhan, E., 2022, Development of the pea lines that are big-grained and high yielded for canned. ISPEC 10th International Conference on Agriculture, Animal Science & Rural Development. Sivas, Türkiye: 979-1004.
- Yadav, I., Sharma, V., Kumar, M., Yadav, L., Mishra, A., Singh, V., Singh Dhanda, P., Yadav, A., Yadav, M., Singh, S., Kamaluddin, P., Kaushik, P. ve Gangwar, V., 2023, Assessment of gene action and identification of heterotic hybrids for enhancing yield in field pea, *Horticulturae*, 9, 9.
- Yang, X., Gou, Z., Zhu, Z., Wang, C., Zhang, L. ve Min, G., 2022, Breeding and evaluation of a new-bred semi-leafless pea (*Pisum sativum* L.) cultivar Longwan No. 6, *Agronomy*, 12 (4), 850.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Gökhan AKKAYA
Uyruğu : T.C.

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Şanlıurfa Anadolu Meslek Lisesi, Şanlıurfa	2012
Üniversite	: Harran Üniversitesi, Şanlıurfa	2016
Yüksek Lisans	: Harran Üniversitesi, Şanlıurfa	2019
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
	Konya Ovası Projesi (KOP) Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı	Zir. Müh.

UZMANLIK ALANI

Tarla Bitkileri

YABANCI DİLLER

İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR