



Bezelye (*Pisum sativum* L.)

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Ercan CEYHAN

Prof. Dr. Tolga KARAKÖY



Bezelye (*Pisum sativum* L.)

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Ercan CEYHAN

Prof. Dr. Tolga KARAKÖY

YAZARLAR

Prof. Dr. Ercan CEYHAN

Prof. Dr. Tolga KARAKÖY

Prof. Dr. Ömer SÖZEN

Dr. Öğr. Üyesi İrem AYRAN ÇOLAK

Dr. Öğr. Üyesi Hale GÜNAÇT

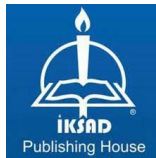
Dr. Öğr. Üyesi Hatice BEKÇİ

Dr. Dürdane MART

Dr. Meltem TÜRKERİ

Dr. Reyhan AYDIN

İmadettin ÖZKAYA



Copyright © 2025 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or
transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical
methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses
permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social
Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2025©

ISBN: 978-625-378-505-5

Cover Design: İbrahim KAYA

December / 2025

Ankara / Türkiye

Size: 16x24cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	1
------------	---

Bölüm 1

BEZELYENİN BESİN BİLEŞENLERİ VE SAĞLIK ÜZERİNE OLUMLU ETKİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi İrem AYRAN ÇOLAK

Prof. Dr. Ercan CEYHAN.....5

Bölüm 2

DOĞU AKDENİZ BÖLGESİNDE KIŞLIK BEZELYE (*Pisum sativum* L.) ÜRETİMİ: YETİŞTİRİCİLİK TEKNİKLERİ, ADAPTASYON VE ÜRETİM PROBLEMLERİ

Dr. Dürdane MART

Dr. Meltem TÜRKERİ

İmadettin ÖZKAYA.....23

Bölüm 3

BEZELYEDE KALİTE

Dr. Reyhan AYDIN.....45

Bölüm 4

BEZELYE (*Pisum sativum* L.) ÜRETİMİNDE KARŞILAŞILAN BİYOTİK VE ABİYOTİK HASTALIKLAR İLE YÖNETİM STRATEJİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Hale GÜNAÇTI.....71

Bölüm 5

BEZELYE ISLAHI

Ercan CEYHAN, İrem AYRAN ÇOLAK, Tolga

KARAKÖY.....93

Bölüm 6

BEZELYE GENETİĞİ VE SİTOGENETİĞİ

Ercan CEYHAN, İrem AYRAN ÇOLAK, Tolga KARAKÖY.....159

Bölüm 7

BEZELYENİN BİYOLOJİK AKTİVİTELERİ

Dr. Öğr. Üyesi Hatice BEKÇİ.....195

Bölüm 8

BEZELYEDE TOHURLUK ÜRETİMİ

Prof. Dr. Ömer SÖZEN.....207

ÖNSÖZ

Dünya nüfusundaki hızlı artış, iklim değişikliğinin tarımsal üretim sistemleri üzerindeki olumsuz etkileri, üretim girdilerindeki maliyet artışları ve beslenme yetersizliklerinin küresel ölçekte giderek daha belirgin hale gelmesi, güvenilir, dengeli ve sürdürülebilir gıdaya erişimi stratejik bir zorunluluk haline getirmiştir. Bu bağlamda, insan beslenmesinin temelini oluşturan gıdalar bitkisel ve hayvansal kaynaklı olarak iki ana grupta değerlendirilmekte olup, bitkisel kökenli gıdalar içerisinde tahıllar, yemeklik tane baklagiller ve yağlı tohumlar önemli bir yer tutmaktadır.

Yemeklik tane baklagiller; yüksek protein içerikleri (%18–30), özellikle A, B ve C vitaminlerini içeren zengin vitamin profilleri ile potasyum, demir ve fosfor gibi temel mineraller bakımından sağladıkları katkılar nedeniyle hem insan beslenmesi hem de sürdürülebilir tarım sistemleri açısından stratejik öneme sahiptir. Bunun yanı sıra, temel aminoasitler bakımından tahıllara kıyasla daha dengeli bir bileşime sahip olmaları, baklagilleri gıda güvenliği ve sağlıklı beslenme yaklaşımlarında vazgeçilmez bir ürün grubu konumuna taşımaktadır.

Bu ürün grubu içerisinde yer alan bezelye (*Pisum sativum* L.), gerek taze sebze gerekse kuru tane formunda yaygın olarak tüketilen; aynı zamanda hayvan besleme, toprak verimliliğinin artırılması ve tarımsal ekosistemlerin sürdürülebilirliği açısından çok yönlü işlevler üstlenen önemli bir kültür bitkisidir. Baklagiller familyasının en eski kültüre alınmış türlerinden biri olan bezelyenin, ilk olarak Verimli Hilal (Mezopotamya) bölgesinde evcilleştirildiği ve buradan Avrupa, Asya ve diğer coğrafyalara yayıldığı kabul edilmektedir. Arkeobotanik veriler, Yakın Doğu, Anadolu ve Akdeniz havzasında M.Ö. 7000–8000 yıllarına tarihlenen bezelye kalıntılarının varlığını ortaya koymakta; bu durum bezelyenin insanlık tarihindeki süreklilik arz eden tarımsal rolünü açıkça ortaya koymaktadır.

Bu kitap, bezelye üzerine dağınık halde bulunan temel ve güncel bilgileri disiplinler arası bir yaklaşımla bir araya getirerek, ilgili

literatürde önemli bir boşluğu doldurmayı hedeflemektedir. Bitki ıslahı, genetik, tarla bitkileri, agronomi, tohumculuk ve beslenme bilimleri alanlarında yürütülen araştırmalara kuramsal ve uygulamalı bir çerçeve sunan bu eser; araştırmacılar için güvenilir bir referans kaynağı, lisans ve lisansüstü düzeyde eğitim gören öğrenciler için ise öğretici ve yönlendirici bir başvuru niteliği taşımaktadır. Ayrıca, bezelye ve diğer yemeklik tane baklagiller üzerine çalışan bilim insanlarının yeni araştırma soruları geliştirmelerine, ıslah stratejilerini güncel bilimsel yaklaşımlar doğrultusunda şekillendirmelerine ve sürdürülebilir üretim sistemlerine yönelik çözüm odaklı çalışmalar üretmelerine katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Bu yönüyle eser, yalnızca mevcut bilgiyi derleyen bir kaynak olmanın ötesinde, bilimsel üretimi teşvik eden ve gelecekte yapılacak çalışmalara yön veren bütüncül bir rehber olarak tasarlanmıştır.

Bu eserin hazırlanma sürecinde değerli katkılarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU'na ve Dr. Öğr. Üyesi Yeter ÇİLESİZ'e; ayrıca yayıma hazırlık aşamasındaki desteklerinden dolayı İKSAD Yayınevi çalışanlarına teşekkür ederiz.

Editörler

Prof. Dr. Ercan CEYHAN
Prof. Dr. Tolga KARAKÖY

Bu eser, yemeklik tane baklagiller alanında ülkemizde bilimsel altyapının oluşmasına ve gelişmesine öncülük eden; yetiştirdikleri öğrenciler, gerçekleştirdikleri özgün araştırmalar ve bilimsel üretimleriyle tarla bitkileri ve bitki ıslahı disiplinlerine kalıcı katkılar sunan merhum **Prof. Dr. Abdulkadir AKÇİN** ve merhum **Prof. Dr. Sezen ŞEHİRALİ**'nin aziz hatıralarına ithaf edilmiştir. Bilimsel düşünceyi merkeze alan yaklaşımları, akademik etik anlayışları ve kuşaklar boyunca aktarılan bilimsel mirasları, bu alanda yürütülen çalışmalar için yol gösterici olmaya devam etmektedir.

BÖLÜM 1

BEZELYENİN BESİN BİLEŞENLERİ VE SAĞLIK ÜZERİNE OLUMLU ETKİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi İrem AYRAN ÇOLAK^{1*}

Prof. Dr. Ercan CEYHAN²

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18101121>

¹ * Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye, E-mail: irem.ayran@selcuk.edu.tr, Orcid: 0000-0002-8005-8231.

² Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye, E-mail: eceyhan@selcuk.edu.tr, Orcid: 0000-0002-9154-9984.

1. Giriş

Bezelye (*Pisum sativum* L.), küresel ölçekte yaygın yetiştirilen ve hem taze hem de kuru formda tüketilen önemli bir baklagil bitkisidir. Tarımsal yaygınlığı, farklı iklim ve üretim sistemlerine uyum gösterebilmesi ve bitkisel protein ile enerji kaynağı olarak öne çıkması, bezelye tanesini stratejik bir hammadde konumuna taşımaktadır (Nasir ve ark., 2024). Kullanım çeşitliliği bakımından baklagiller arasında ayrı bir yere sahip olan bezelye; kuru taneleriyle geleneksel yemeklerde ve konserve üretiminde yaygın biçimde kullanılırken, unu çorbalarda ve bebek/çocuk mamalarında kullanılmaktadır; süt olum döneminde ise taze baklalar sebze olarak tüketilmekte ve taze tohumlar gıda sanayinde konserve halinde değerlendirilmektedir (Akçin, 1988). Nitekim gıda endüstrisinde bezelye; dondurulmuş, konserve ve kurutulmuş ürünlere işlenirken çoğunlukla “tane” ana ürün olarak değerlendirilmekte, buna karşılık kabuk/bakla gibi kısımlar yan ürün veya atık olarak kullanılmaktadır.

Bezelye; protein (%20-25), yağ (%1.5-2.0), nişasta formunda karbonhidrat (%24-49) ve toplam diyet lifi (%60-65) içermektedir. Bu lifin yaklaşık %10-15'i çözünmeyen, %2-9'u ise çözünür liften oluşur. Ayrıca sakkaroz, oligosakkaritler ve selüloz gibi nişasta dışı karbonhidratlarda mevcuttur (Shanthakumar ve ark., 2022). Bezelyede bulunan minör bileşenler arasında vitaminler, mineraller, fitik asit, saponinler, polifenoller ve oksalatlar yer almaktadır (Khan ve ark., 2016; Tulbek ve ark., 2017). Bezelyede en baskın mineral element, kuru ve kabuksuz ağırlık bazında %1.04 oranıyla potasyumdur; bunu sırasıyla fosfor (%0.39), magnezyum (%0.10) ve kalsiyum (%0.08) izlemektedir. Ayrıca bezelye, özellikle B grubu vitaminler (Millar ve ark., 2019; Kumari ve Deka, 2021) ve esansiyel amino asitlerden özellikle lizin ve treonin bakımından zengin (Jenkins ve ark., 2021), metiyonin ve sistein gibi kükürt içeren amino asitler açısından yetersizdir (Stone ve ark., 2015). Besleyici bileşenlere ek olarak bezelye; polifenoller (özellikle flavonoidler ve fenolik asitler), karotenoidler ve biyoaktif peptit potansiyeli gibi sağlıkla ilişkilendirilen bileşenleri de içermektedir (Wu ve ark., 2023). Bezelye, sadece besleyici değeri yüksek bir baklagil değil, aynı zamanda çeşitli farmakolojik etkilere sahip biyoaktif bileşenleri içeren bir bitki olarak da ilgi çekmektedir. Son yıllarda, bezelye ekstraktları ve özellikle bezelye

protein hidrolizatlarından elde edilen peptitlerin; antioksidan, anti-inflamatuvar (Dahl ve ark., 2012), antidiyabetik, antihipertansif, hipolipidemik, antikanser, reduction in cardiovascular risk (Jenkins ve ark., 2021), antimikrobiyal ve bağırsak mikrobiyotası üzerinde düzenleyici etkiler gösterebildiğine dair çok sayıda in vitro ve hayvan deneyi temelli çalışma yayımlanmıştır (Wang ve ark., 2022).

Bezelye, içerdiği fitat, tanenler, lektinler ve proteaz inhibitörleri gibi anti-besinsel faktörler nedeniyle tarihsel olarak zaman zaman olumsuz değerlendirilmiş olsa da; ıslatma, haşlama, filizlendirme, fermentasyon ve ekstrüzyon gibi geleneksel ve modern işleme yöntemleri ile bu bileşenlerin önemli ölçüde azaltılabildiği ve böylece hem besin ögesi biyoyararlanımının hem de duysal kalitenin iyileştirilebildiği gösterilmiştir (Alonso ve ark., 2000). Aynı süreçler çoğu zaman fenolik içerik ve antioksidan kapasitede de olumlu değişiklikler oluşturabilmekte, bu da bezelye esaslı gıdaların fonksiyonel değerini artırabilmektedir (Wu ve ark., 2023). Dolayısıyla uygun işleme teknolojileri kullanıldığında, bezelyenin anti-besinsel profili kontrol altına alınabilmekte ve sağlık açısından yararlı bileşenler ön plana çıkabilmektedir.

Tarımsal üretim desenini belirleyen temel unsurlardan biri tüketici talebidir; talep düzeyi ise ürünün besleyicilik ve kalite özellikleriyle yakından ilişkilidir. Bu nedenle son yıllarda baklagillerde yürütülen çalışmalarda, yalnızca verim ve stres koşullarına dayanıklılık değil, aynı zamanda kalite parametrelerinin yükseltilmesi de öncelikli hedefler arasındadır (Coşkun ve Bengisu, 2021; Sözen ve Uçar, 2022). Bezelyenin kalite özelliklerinin ortaya konması ve iyileştirilmesi; gıda ve yem sanayinde kullanım çeşitliliğini artıracak gibi üretimin sürdürülebilirliği ve ekonomik değeri açısından da önemlidir; bu çerçevede bu bölümde, bezelyenin besin içeriği ile sağlıkla ilişkili potansiyel etkileri bütüncül bir yaklaşımla ele alınmıştır.

2. Besinsel Bileşim ve Biyoaktif Bileşenler

2.1. Makrobesin Öğeleri

2.1.1. Besin ve Enerji Değeri

Kuru bezelyenin kimyasal bileşimi genotipe ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişmekle birlikte, genellikle şu aralıklarda rapor edilmektedir:

protein %15-30, nişasta %40-50, toplam diyet lifi %9-32, yağ %1-3 ve kül %2-3 (Fraş ve ark., 2024). Bu bileşim, toplam karbonhidrat içeriğinin yaklaşık %50-60 ve enerji değerinin ise yaklaşık 320-360 kcal/100g olmasına yol açmaktadır. Dolayısıyla bezelye, düşük yağ içeriğine sahip; buna karşın protein, kompleks karbonhidrat ve lif açısından zengin işlevsel bir gıda bileşeni olarak değerlendirilmektedir (Wu ve ark., 2023).

2.1.2. Protein ve Amino Asit Profili

Kuru bezelyede protein içeriği, kuru madde bazında yaklaşık %15–30 arasında değişmektedir (Fraş ve ark., 2024) ve bezelye tohumları hem esansiyel hem de esansiyel olmayan amino asitler açısından zengin bir profile sahiptir. 100 g bezelyenin protein başına amino asit profili incelendiğinde, esansiyel amino asitlerin şu aralıklarda rapor edildiği bildirilmektedir: valin 2.7-5 g/100 g, lösin 5.7-6.4 g/100 g, izölösün 2.3-4.5 g/100 g, metionin 0.3-1.1 g/100 g, fenilalanin 3.7-5.5 g/100 g, triptofan 0.7-1 g/100 g, treonin 2.5-3.9 g/100 g, lizin 4.7-5.7 g/100 g ve histidin 1.6-2.5 g/100 g (Shanthakumar ve ark., 2022). Esansiyel olmayan amino asitler arasında ise alanin 3.2-4.3 g/100 g, aspartik asit 8.9-11.5 g/100 g, sistin 0.2-1 g/100 g, glutamik asit 12.9-13.2 g/100 g, glisin 2.8-4.1 g/100 g, prolin 3.1-4.5 g/100 g, serin 3.6-5.3 g/100 g ve tirozin 2.6-3.8 g/100 g düzeylerinde bildirilmektedir (Banaszek ve ark., 2019).

2.1.3. Karbonhidratlar, Nişasta ve Lipitler

Kuru bezelyedeki karbonhidrat fraksiyonunun büyük bir kısmını nişasta ve diyet lifi oluşturmaktadır. Genotip ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak, nişasta içeriği yaklaşık %40-50, toplam diyet lifi %9-32 ve toplam lipitler genellikle kuru madde bazında %1-3 aralığında bildirilmektedir (Fraş ve ark., 2024; Wu ve ark., 2023). Bu bileşim, toplam karbonhidrat içeriğinin yaklaşık %50-60 olmasına yol açmakta ve bezelyenin kompleks karbonhidrat ve liften zengin, düşük yağlı bir baklagil olarak sınıflandırılmasını sağlamaktadır. Bezelye nişastası; yüksek amiloz içeriği, dirençli nişasta fraksiyonu ve kayma incelmeye (shear thinning) karşı dirençli yapısıyla karakterize edilmekte olup, bu nedenle düşük glisemik indeksli ürünler ve fonksiyonel gıdalar için uygun bir karbonhidrat kaynağı olarak

değerlendirilmektedir (Costa ve ark., 2006; Chung ve ark., 2008; Wu ve ark., 2023).

2.1.4. Diyet Lifi

Bezelyenin diyet lifi içeriği genotipler arasında geniş bir değişkenlik göstermekte olup, çeşitli çalışmalarda genellikle kuru madde bazında yaklaşık %10-30 aralığında bildirilmektedir; bazı genotiplerde ise bu oran %30'un üzerine çıkabilmektedir. Bezelye lifi, ağırlıklı olarak çözünmeyen nişasta dışı polisakkaritlerden (selüloz ve hemiselüloz gibi) ve ligninle ilişkili bileşiklerden oluşmakta; ayrıca rafinoz ailesi oligosakkaritleri ve dirençli nişastayı da içeren kompleks bir yapı sergilemektedir (Fraś ve ark., 2024; Wu ve ark., 2023). Bu lif fraksiyonunun; bağırsak geçişinin düzenlenmesi, tokluk hissinin artırması, bağırsak mikrobiyotasının olumlu yönde modüle edilmesi ve bu yolla kan lipid ve glukoz düzeylerinin kontrolüne katkıda bulunma gibi çok sayıda sağlık yararıyla ilişkili olduğu bildirilmektedir (Hashemi ve ark., 2017; Wu ve ark., 2023).

2.2. Mikrobesein Öğeleri

2.2.1. Mineraller

Bezelye, hem makro mineraller hem de eser elementler açısından dikkat çekici bir kaynaktır. Hacısalihoğlu ve ark. (2021) tarafından, ICP-MS (indüktif eşleşmeli plazma kütle spektrometresi) kullanılarak 96 farklı *Pisum sativum* genotipi üzerinde yürütülen bir çalışmada, 100 g bezelye için ABD Günlük Değer yüzdeleri hesaplanmıştır. Buna göre 100 g bezelye ortalama olarak şu oranlarda günlük değer sağlamaktadır: kalsiyum için %8, magnezyum için %39, potasyum için %28, fosfor için %43, demir için %37, çinko için %45, bakır için %73 ve mangan için %63'dür. Bu sonuçlar, bezelyenin özellikle Mg, P, Fe, Zn, Cu ve Mn açısından zengin bir bitkisel mikro besin kaynağı olduğunu göstermektedir. Aynı çalışmada mineraller arasında önemli korelasyonların bulunduğu belirlenmiş ve Fe ve Zn gibi elementleri yüksek düzeyde biriktiren genotiplerin, biyofortifikasyon (besin ögesi zenginleştirme) programlarında kullanım için umut verici adaylar olabileceği ifade edilmiştir (Hacısalihoğlu ve ark., 2021). Wu ve ark. (2023) tarafından yapılan derlemede de bezelyenin kalsiyum, demir ve çinko başta

olmak üzere çeşitli mineraller ve eser elementler açısından anlamlı miktarlarda bileşen içerdiği vurgulanmakta; ancak fitat gibi anti-besinsel faktörlerin bu minerallerin biyoyararlılığını sınırlayabileceği de belirtilmektedir.

2.2.2. Vitaminler ve Biyoaktif Bileşikler

Bezelye, sadece makro ve eser mineraller açısından değil, aynı zamanda çeşitli vitaminler ve biyoaktif bileşikler bakımından da önemli bir kaynaktır. Son dönem konuyla ilgili çalışmalar, bezelyenin folat, karotenoidler, bazı B grubu vitaminler ve fenolik bileşikler gibi bileşenleri anlamlı düzeylerde içerdiğini vurgulamaktadır (Chen ve ark., 2023; Akin ve ark., 2025).

Folat (Folik asit): Bezelye, folat açısından zengin bir baklagil olarak kabul edilmektedir. Folat; DNA sentezi ve onarımı, hücre bölünmesi ve özellikle gebelik döneminde nöral tüp defektlerinin önlenmesi için kritik bir vitamindir. Bu nedenle folatça zengin bitkisel kaynakların günlük beslenmedeki yeri, halk sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır (Akin ve ark., 2025).

Karotenoidler: Bezelye, başta β -karoten olmak üzere çeşitli karotenoidler içermektedir. Bu bileşikler provitamin A aktiviteleri sayesinde A vitamini durumuna katkıda bulunabilmekte ve aynı zamanda antioksidan özellik göstermektedir. Farklı çeşitler üzerinde yapılan bileşim çalışmalarında, karotenoid içeriğinin genellikle yeşil renkli tohumlara sahip bezelye genotiplerinde daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Akin ve ark., 2025).

B grubu vitaminleri: Bezelye bileşimi üzerine yapılan çalışmalar ve derlemelerde, bezelyede tiamin (B1), riboflavin (B2) ve bazı diğer B grubu vitaminlerin anlamlı düzeylerde bulunduğu rapor edilmiştir (Akin ve ark., 2025). Bu vitaminler; enerji metabolizması, karbonhidrat ve amino asit metabolizması ile sinir sistemi fonksiyonlarında temel roller üstlenmektedir. Dolayısıyla düzenli bezelye tüketimi, B vitamini alımına katkı sağlayabilmektedir.

Fenolik bileşikler: Bezelye, başta flavonoidler ve fenolik asitler olmak üzere çeşitli fenolik bileşikler içeren, polifenol açısından zengin bir baklagildir. Bu bileşiklerin önemli bir kısmı tohum kabuğunda yoğunlaşmaktadır. Farklı tohum kabuğu rengine sahip genotipler üzerinde

yapılan çalışmalarda, toplam fenolik ve flavonoid içeriğinde belirgin farklılıklar olduğu gösterilmiş; daha koyu renkli tohum kabuğuna sahip bezelye genotiplerinde fenolik ve flavonoid düzeylerinin genellikle daha yüksek olduğu saptanmıştır (Chen ve ark., 2023). Bu polifenolik bileşiklerin; antioksidan, antiinflamatuvar ve kısmen antimikrobiyal etkilere sahip olduğu, oksidatif stres ve kronik hastalıklara karşı koruyucu potansiyel gösterebildiği ve bu yolla bezelyenin fonksiyonel bir gıda olarak önemini artırdığı bildirilmektedir (Chen ve ark., 2023; Akin ve ark., 2025).

3. Anti-besinsel Faktörler

Bezelye çok çeşitli yararlı bileşikler açısından zengin olmakla birlikte, besin öğelerinin emilimini olumsuz etkileyebilen bazı anti-besinsel faktörler de içermektedir. Fitik asit, lektinler ve tripsin inhibitörleri gibi bu bileşiklerin, başta esansiyel besin öğeleri olmak üzere birçok besinin biyoyararlılığını azaltabildiği bilinmektedir (Campos-Vega ve ark., 2010; Shevkani, 2023). Özellikle fitik asit; bakır, demir ve çinko gibi minerallerle çözünmeyen kompleksler oluşturarak, bu minerallerin insan sindirim sistemindeki biyoyararlılığını düşürmektedir (Wu ve ark., 2023). Temel gıdalarda demir biyofortifikasyonu, küresel demir yetersizliği ile mücadelede maliyet etkin bir strateji olarak önerilmiş olsa da, çalışmalar biyofortifiye edilmiş ürünlerde demir düzeylerini artırmanın tek başına demir eksikliği olan popülasyonlarda demir durumunu anlamlı ölçüde iyileştirmek için her zaman yeterli olmadığını göstermektedir (Amarakoon ve ark., 2014). Bu sorunu gidermek amacıyla; ısılatma, kavurma, haşlama, düdüklü pişirme ve çimlendirme gibi çeşitli ön işleme yöntemlerinin, fitik asit içeriğini etkili bir şekilde azalttığı ve buna bağlı olarak mineral emilimini artırdığı ortaya konmuştur (Karayel ve Bozoğlu, 2017; Bangar ve ark., 2017). Dolayısıyla bezelyedeki fitatlar gibi antibesinsel faktörlerin azaltılması büyük önem taşımaktadır; çünkü bu sayede demir, çinko ve kalsiyum gibi temel minerallerin biyoyararlılığı anlamlı ölçüde artmakta ve bezelyenin genel besleyici değeri önemli ölçüde yükselmektedir (Banti ve Bajo, 2020).

4. Bezelyenin Sağlık Üzerine Etkileri

Bezelyenin kimyasal bileşimi incelendiğinde; yüksek bitkisel protein ve diyet lifi içeriği, düşük yağ oranı, düşük/orta glisemik indeksi, zengin makro ve mikro besin öğeleri ile folat ve karotenoidler gibi vitaminlerin yanı sıra polifenoller ve biyoaktif peptitler gibi biyoaktif bileşenleri, birlikte ele alındığında çok yönlü sağlık yararları sunduğu görülmektedir. Çalışmalar, bezelyenin (*Pisum sativum* L.) ve bileşenlerinin fenolik bileşikler, flavonoidler, saponinler, fitosteroller, proantosiyanidinler, lektinler, proteaz inhibitörleri ve diğer polifenoller bakımından zengin bir profil sergilediğini ve bu sayede antioksidan, antiinflamatuvar, antidiyabetik, antihipertansif, hipolipidemik, antikanser, antimikrobiyal ve böbrek koruyucu etkilerle ilişkilendirildiğini ortaya koymaktadır (Dahl ve ark., 2012; Jenkins ve ark., 2021; Wang ve ark., 2022; Wu ve ark., 2023).

Son yıllarda bitkisel kaynaklı proteinlere yönelik talep belirgin biçimde artmıştır. Bezelye proteini; geniş ölçekte bulunabilir olması, ekonomik oluşu, besleyici niteliği ve belirgin sağlık yararları nedeniyle gıda endüstrisinde kullanım alanı giderek artan bir üründür (Lam ve ark., 2018). Bu proteinlerin tüketiminin; obezite, hipertansiyon ve diyabet riskini azalttığı (Huntrakul ve ark., 2020) ve buna ek olarak kardiyovasküler hastalıklar ile meme, böbrek ve kolon kanseri gibi çeşitli kanser türlerine karşı da koruyucu etki gösterebildiği bildirilmektedir (Ge ve ark., 2020). Bezelyenin iştah baskılayıcı etkisinin ise yüksek protein içeriği ile ilişkili olabileceği; bu yüksek protein miktarının mide boşalma süresini uzatabildiği, glikoz emilimi ve kan glikoz düzeylerindeki artışı hafiflettiği ve iştah düzenleyici hormonların salınımını uyurabildiği ifade edilmektedir (Tulbek ve ark., 2017).

Tüm bu bulgulara paralel olarak, bezelye proteinleri genellikle hipoalerjenik kabul edilmekte olup; antioksidan, antihipertansif ve antiinflamatuvar özelliklere sahip olmalarının yanı sıra, bazı endüstriyel bakterilerin aktivitelerini düzenleyebilmekte ve kolesterolü düşürmeye yardımcı olabilmektedir (Sun ve Xiong, 2015; Liao ve ark., 2019). Bunun yanında, antioksidan kapasiteye sahip ve anjiyotensin I dönüştürücü enzim (ACE) üzerinde inhibitör etki gösterebilen biyoaktif küçük peptitler için de önemli bir kaynak olarak değerlendirilmektedir (Aluko ve ark., 2015).

Hipertansiyon, insanlarda kardiyovasküler hastalıkların ortaya çıkışıyla yakından bağlantılıdır. Bezelye proteininden elde edilen antihipertansif peptitlerin, kan basıncının kontrolünde önemli bir role sahip olabileceği tanımlanmaktadır (Ge ve ark., 2020). Başka bir çalışmada ise, bezelye, whey ve kazein proteinlerinin in vitro mide sindirimi koşullarında antihipertansif kapasiteleri karşılaştırılmış ve bezelye proteininden türeyen ACE2 ile ilişkili bileşenlerin de antihipertansif etki açısından umut verici olduğu bildirilmiştir (Liao ve ark., 2019).

Sindirim fizyolojisi açısından değerlendirildiğinde, whey proteininin aksine, bezelye proteini mide sindirimi sırasında geçici yığın oluştursa da, kazeine göre çok daha az çökelme eğilimi göstermektedir. Bu özellik, mideden içeriğin daha aralıklı boşalmasına ve böylece daha uzun süren bir doyum hissine katkıda bulunmaktadır. İnsan çalışmalarında, bezelye proteininin öğün öncesi ve sonrası kan glukoz düzeylerini azalttığı gösterilmiştir. Dahası, bezelye ağırlıklı diyetlerin toplam kolesterolü, lipoprotein düzeylerini ve enerji alımını düşürdüğü; bezelye proteininin yulaf ve buğday lifi ile birlikte tüketilmesi durumunda ise toplam kolesterolde anlamlı azalma sağladığı ortaya konmuştur (Krefting, 2017). Tokluk duygusu, günlük enerji alımını etkileyebilmesi sebebiyle vücut ağırlığının kontrolünde büyük önem taşımaktadır (Lefranc-Millot ve Teichman-Dubois, 2018). Ayrıca, uygun egzersiz programları ile birlikte kullanıldığında, bezelye proteini takviyesinin kas kuvvetindeki artışları daha fazla desteklediği de bildirilmiştir (Stilling, 2020).

Diğer yandan, in vitro ve hayvan çalışmalarında bezelye tohumu, kabuğu ve filizlerinden elde edilen ekstrakt ve protein hidrolizatlarının; serbest radikal süpürücü ve indirgeme kapasiteleriyle oksidatif stresi azalttığı, endojen antioksidan enzim sistemlerini (SOD, katalaz vb.) desteklediği ve lipid peroksidasyonunu düşürdüğü gösterilmiştir (Zilani ve ark., 2017). Bezelye lifi ve polifenollerinin, bağırsak bariyer bütünlüğünü güçlendirdiği, inflamatuvar mediyatörleri baskıladığı, kısa zincirli yağ asitleri gibi mikrobiyota metabolitlerini modüle ettiği ve böylece “bağırsak eksen” üzerinden antiinflamatuvar ve metabolik etkiler gösterebileceği bildirilmektedir (Wu ve ark., 2023).

Tüm bunlara ek olarak, fenolik açıdan zengin ekstraktlar, lektinler, proteaz inhibitörleri ve bazı saponinler çeşitli tümör hücre hatlarında antikanser potansiyel sergilemekte; bezelye kabuğu ve diğer fraksiyonlardan elde edilen ekstraktlar ile kısa peptitlerin de bakteriyel ve fungal patojenlere karşı antimikrobiyal aktivite gösterebildiği bildirilmektedir (Rungruangmaitree ve Jiraungkoorskul, 2017; Hadrich ve ark., 2014; Wang ve ark., 2022).

Tüm bu veriler ışığında bezelye; tek başına “tedavi edici ilaç” olarak değil, lif, protein ve biyoaktif bileşen içeriği sayesinde metabolik sendrom bileşenleri, kardiyovasküler riskler, oksidatif stres ve inflamasyonun diyet temelli yönetiminde destekleyici bir fonksiyonel gıda/nutrasötik bileşen olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, mevcut kanıtların önemli bir kısmı hücre kültürü ve hayvan modellerine dayandığından, insanlarda güçlü ve uzun süreli klinik çalışmaların artırılmasına ihtiyaç olduğu vurgulanmaktadır (Wu ve ark., 2023; Wang ve ark., 2022).

5. Sonuçlar

Bezelye, hem besin öğeleri hem de farmakolojik açıdan zengin bir baklagildir. Bir yandan yüksek kaliteli bitkisel protein, kompleks karbonhidrat, diyet lifi, vitamin ve mineral içeriği ile temel bir gıda maddesi olarak öne çıkarken; diğer yandan fenolik bileşikler, flavonoidler, karotenoidler, biyoaktif peptitler ve oligosakkaritler gibi bileşenleri sayesinde belirgin antioksidan, antidiyabetik, antihipertansif, antihiperlipidemik, antiobezite, antikanser ve nörokoruyucu etkiler sergileyebilen farmakolojik bir kaynak olarak da dikkat çekmektedir (Duranti, 2006; Campos-Vega ve ark., 2010; Dahl ve ark., 2012). Özellikle nişasta ve dirençli nişasta fraksiyonları ile çözünür/çözünmeyen diyet lifleri; glisemik indeksi düşürme, bağırsak motilitesini düzenleme, mikrobiyota bileşimini olumlu yönde değiştirme ve kısa zincirli yağ asitleri üretimini artırma potansiyeliyle metabolik sağlık üzerinde koruyucu rol oynamaktadır (Campos-Vega ve ark., 2010). Bezelyenin folat, K ve B vitaminleri ile demir, çinko, magnezyum ve potasyum gibi mikro besin öğelerinden zengin oluşu ise kardiyovasküler, hematolojik ve nöronal fonksiyonlar açısından ek avantajlar sunmaktadır (Mudryj ve ark., 2014).

Farmakolojik açıdan bezelye; antioksidan kapasitesi yüksek fenolik bileşenler (ör. flavonoidler, fenolik asitler), karotenoidler ve biyoaktif peptitler sayesinde serbest radikalleri temizleme, lipid peroksidasyonunu azaltma ve oksidatif stres aracılı doku hasarını sınırlandırma potansiyeline sahiptir (Campos-Vega ve ark., 2010). Hayvan ve in vitro çalışmalar, bezelye protein hidrolizatları ve peptitlerinin ACE inhibitörü benzeri etkiyle kan basıncını düşürebildiğini, insülin duyarlılığını artırabildiğini, glukoz emilimini modüle edebildiğini ve serum lipid profilini iyileştirebildiğini göstermektedir (Duranti, 2006). Bu bulgular, bezelyenin yalnızca klasik bir “gıda hammadde” değil, aynı zamanda fonksiyonel gıda, nutrasötik veya farmasötik ürün geliştirme açısından da yüksek potansiyele sahip bir bitki olduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, bezelye; yüksek kaliteli, ekonomik ve sürdürülebilir bir makro ve mikro besin ögesi kaynağı olmasının yanı sıra, kronik hastalıkların önlenmesi ve yönetiminde destekleyici olabilecek zengin bir biyoaktif bileşen deposu ve fonksiyonel gıda, nutrasötik ve farmasötik ürün geliştirme açısından gelecek vaat eden bitkisel bir hammadde olarak değerlendirilebilir. Gelecekte yürütülecek disiplinlerarası çalışmalarla, bezelyenin beslenme ve sağlık üzerindeki çok boyutlu etkilerinin daha iyi anlaşılması ve bu bitkinin sahip olduğu potansiyelin, toplum sağlığını iyileştirmeye ve sürdürülebilir gıda sistemleri oluşturmaya yönelik somut stratejilere dönüştürülmesi mümkün olacaktır.

Kaynakça

- Akçin, A. (1988). Yemeklik Tane Baklagiller, Selçuk Üniversitesi Yayinlari 43, Ziraat Fakültesi Yayınlari 8, 307-367.
- Akin, M., Eydurán, S. P., Milešević, J., Pavlovic, S., Orahovac, A., Vasconcelos, M. W., & Knez, M. (2025). Nutritional composition and health benefits of peas - A bibliometric research. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1550142. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1550142>
- Alonso, R., Grant, G., Dewey, P., & Marzo, F. (2000). Nutritional assessment *in vitro* and *in vivo* of raw and extruded peas (*Pisum sativum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(6), 2286–2290. <https://doi.org/10.1021/jf000095o>
- Aluko, R. E., Girgih, A. T., He, R., Malomo, S., Li, H., Offengenden, M., & Wu, J. (2015). Structural and functional characterization of yellow field pea seed (*Pisum sativum* L.) protein-derived antihypertensive peptides. *Food Research International*, 77, 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.08.005>
- Amarakoon, D., Gupta, D. S., McPhee, K., DeSutter, T., & Thavarajah, P. (2015). Genetic and environmental variation of seed iron and food matrix factors of North-Dakota-grown field peas (*Pisum sativum* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 37, 67–74. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.09.001>
- Banaszek, A., Townsend, J. R., Bender, D., Vantrease, W. C., Marshall, A. C., & Johnson, K. D. (2019). The effects of whey vs. pea protein on physical adaptations following 8 weeks of high-intensity functional training (HIFT): A pilot study. *Sports*, 7(1), 12.
- Bangar, P., Glahn, R. P., Liu, Y., Arganosa, G. C., Whiting, S., & Warkentin, T. D. (2017). Iron bioavailability in field pea seeds: Correlations with iron, phytate, and carotenoids. *Crop Science*, 57(2), 891–902. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.08.0682>
- Banti, M., & Bajo, W. (2020). Review on nutritional importance and anti-nutritional factors of legumes. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 9(6), 8–49. <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20200906.11>

- Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., & Oomah, B. D. (2010). Minor components of pulses and their potential impact on human health. *Food Research International*, 43(2), 461–482. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.004>
- Chen, S.-K., Lin, H.-F., Wang, X., Yuan, Y., Yin, J.-Y., & Song, X.-X. (2023). Comprehensive analysis in the nutritional composition, phenolic species and *in vitro* antioxidant activities of different pea cultivars. *Food Chemistry*, 17, 100599. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100599>
- Chung, H. J., Liu, Q., Hoover, R. (2008). Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches. *Carbohydrate Polymers*, 75(3), 436–447.
- Costa, G. E. A., Queiroz-Monici, K. S., Reis, S. M. P. M., & de Oliveira, A. C. (2006). Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry*, 94(3), 327–330.
- Coşkun, M., & Bengisu, G. (2021). Organik Tarım Koşullarında Bakteri Aşılamanın Bazı Baklagil Yeşil Gübreleme Bitkilerinin Verim ve Verim Unsurlarına Etkilerinin Belirlenmesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(1), 10-20.
- Dahl, W. J., Foster, L. M., & Tyler, R. T. (2012). Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.). *British Journal of Nutrition*, 108(S1), S3-S10.
- Duranti, M. (2006). Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*, 77(2), 67–82. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2005.11.008>
- Fraś, A., Gzowska, M., & Wiśniewska, M. (2024). Nutritional value evaluation of new pea genotypes (*Pisum sativum* L.) based on their chemical, amino acids and dietary fiber composition. *Molecules*, 29(21), 5033. <https://doi.org/10.3390/molecules29215033>
- Ge, J., Sun, C.-X., Corke, H., Gul, K., Gan, R.-Y., & Fang, Y. (2020). The health benefits, functional properties, modifications, and applications of pea (*Pisum sativum* L.) protein: Current status, challenges, and

- perspectives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(4), 1835–1876. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12573>
- Hacisalihoglu, G., Beisel, N. S., & Settles, A. M. (2021). Characterization of pea seed nutritional value within a diverse population of *Pisum sativum*. *PLOS ONE*, 16(11), e0259565. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259565>
- Hadrach, F., El Arbi, M., Boukhris, M., Sayadi, S., & Cherif, S. (2014). Valorization of the peel of pea: *Pisum sativum* by evaluation of its antioxidant and antimicrobial activities. *Journal of Oleo Science*, 63(11), 1177–1183. <https://doi.org/10.5650/jos.ess14107>
- Hashemi, Z., Foughse, J. M., Im, H. S., Chan, C. B., & Willing, B. P. (2017). Dietary pea fibre supplementation improves glycemia and induces changes in the composition of gut microbiota, serum short-chain fatty acid profile and expression of mucins in glucose intolerant rats. *Nutrients*, 9(3), 290.
- Huntrakul, K., Yoksan, R., Sane, A., & Harnkarnsujarit, N. (2020). Effects of pea protein on properties of cassava starch edible films produced by blown-film extrusion for oil packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 24, 100480. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100480>
- Jenkins, D. J. A., Dehghan, M., Mente, A., Bangdiwala, S. I., Rangarajan, S., Srichaikul, K., Mohan, V., Avezum, A., Díaz, R., Rosengren, A., et al. (2021). Glycemic index, glycemic load, and cardiovascular disease and mortality. *The New England Journal of Medicine*, 384(14), 1312–1322. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2007123>
- Karayel, R., & Bozoğlu, H. (2017). Bezelye (*Pisum sativum* L.) genotiplerinin bazı fizikokimyasal özellikleri arasındaki ilişkiler. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26, 92-98.
- Khan, T. N., Meldrum, A., & Croser, J. S. (2016). Pea: Overview. In *Encyclopedia of Food and Health* (Vol. 1, pp. 324–333). Elsevier.
- Krefting, J. (2017). The appeal of pea protein. *Journal of Renal Nutrition*, 27(2), e31–e33. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2016.11.004>
- Kumari, T., & Deka, S. C. (2021). Potential health benefits of garden pea seeds and pods: A review. *Legume Science*, 3(2), e82. <https://doi.org/10.1002/leg3.82>

- Lam, A. C. Y., Can Karaca, A., Tyler, R. T., & Nickerson, M. T. (2018). Pea protein isolates: Structure, extraction, and functionality. *Food Reviews International*, 34(2), 126–147. <https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1242135>
- Lefranc-Millot, C., & Teichman-Dubois, V. (2018). Protein from vegetable sources: A focus on pea protein. In G. Bologna & V. L. G. M. Tieghi (Eds.), *Novel proteins for food, pharmaceuticals and agriculture* (pp. 197–216). John Wiley & Sons.
- Liao, W., Fan, H., Liu, P., & Wu, J. (2019). Identification of angiotensin converting enzyme 2 (ACE2) up-regulating peptides from pea protein hydrolysate. *Journal of Functional Foods*, 60, 103395. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103395>
- Millar, K. A., Gallagher, E., Burke, R., McCarthy, S., & Barry-Ryan, C. (2019). Proximate composition and anti-nutritional factors of fava-bean (*Vicia faba*), green-pea and yellow-pea (*Pisum sativum*) flour. *Journal of Food Composition and Analysis*, 82, 103233. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103233>
- Mudryj, A. N., Yu, N., & Aukema, H. M. (2014). Nutritional and health benefits of pulses. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(11), 1197–1204. <https://doi.org/10.1139/apnm-2013-0557>
- Nasir, G., Zaidi, S., Tabassum, N., & Asfaq, M. (2024). A review on nutritional composition, health benefits, and potential applications of by-products from pea processing. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(10), 10829–10842.
- Rungruangmaitree, R., & Jiraungkoorskul, W. (2017). Pea, *Pisum sativum*, and its anticancer activity. *Pharmacognosy Reviews*, 11(21), 39–42. https://doi.org/10.4103/phrev.phrev_57_16
- Shanthakumar, P., Klepacka, J., Bains, A., Chawla, P., Dhull, S. B., & Najda, A. (2022). The current situation of pea protein and its application in the food industry. *Molecules*, 27(16), 5354. <https://doi.org/10.3390/molecules27165354>
- Shevkani, K. (2023). Protein from land-legumes and pulses. In S. Pyett (Ed.), *Future proteins* (pp. 35–68). Elsevier.

- Sözen, Ö., & Uçar, S. (2022). Yemeklik Tane Baklagil Yetiştiriciliği ve Islahı, Bölüm adı: (Nohut Yetiştiriciliği), İksad Publishing House, Editör: Tolga Karaköy, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 20, ISBN:978-625-8213-46-1, Türkçe (Bilimsel Kitap).
- Stilling, K. (2020). Health benefits of pea protein isolate: A comparative review. *Surg Journal*, 1–10.
- Stone, A. K., Karalash, A., Tyler, R. T., Warkentin, T. D., & Nickerson, M. T. (2015). Functional attributes of pea protein isolates prepared using different extraction methods and cultivars. *Food Research International*, 76, 31–38. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.11.017>
- Sun, W., & Xiong, Y. L. (2015). Stabilization of cooked cured beef color by radical-scavenging pea protein and its hydrolysate. *LWT – Food Science and Technology*, 61(1), 352–358. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.12.034>
- Tulbek, M. C., Lam, R. S. H., Asavajaru, P., & Lam, A. (2017). Pea: A sustainable vegetable protein crop. In S. R. Nadathur, J. Wanasundara, & L. Scanlin (Eds.), *Sustainable protein sources* (pp. 145–164). Academic Press.
- Wang, J., Kadyan, S., Ukhanov, V., Cheng, J., Nagpal, R., & Cui, L. (2022). Recent advances in the health benefits of pea protein (*Pisum sativum*): Bioactive peptides and the interaction with the gut microbiome. *Current Opinion in Food Science*, 48, 100944. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100944>
- Wu, D.-T., Li, W.-X., Wan, J.-J., Hu, Y.-C., Gan, R.-Y., & Zou, L. (2023). A comprehensive review of pea (*Pisum sativum* L.): Chemical composition, processing, health benefits, and food applications. *Foods*, 12(13), 2527. <https://doi.org/10.3390/foods12132527>
- Zilani, M. N. H., Sultana, T., Rahman, S. M. A., Anisuzzman, M., Islam, M. A., Shilpi, J. A., & Hossain, M. G. (2017). Chemical composition and pharmacological activities of *Pisum sativum*. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 17, 171. <https://doi.org/10.1186/s12906-017-1699-y>

BÖLÜM 2

DOĞU AKDENİZ BÖLGESİNDE KIŞLIK BEZELYE (*Pisum sativum* L.) ÜRETİMİ: YETİŞTİRİCİLİK TEKNİKLERİ, ADAPTASYON VE ÜRETİM PROBLEMLERİ

Dr. Dürdane MART¹

Dr. Meltem TÜRKERİ²

İmadettin ÖZKAYA³

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18101194>

¹ Türkiye Cumhuriyeti, Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Adana, Türkiye, E-mail: durdanemart@yahoo.com, Orcid: 0000-0002-2944-1227.

² Türkiye Cumhuriyeti, Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Adana, Türkiye, E-mail: irmakturk@hotmail.com, Orcid:0000-0001-5225-967X.

³ Türkiye Cumhuriyeti, Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Adana, Türkiye, E-mail: imadettinozkaya@hotmail.com, Orcid:0009-0009-0229-4819.

1. GİRİŞ

Baklagiller ailesi (*Fabaceae*), dünya genelinde en yaygın ve ekonomik açıdan en önemli bitki familyalarından biridir. Hem insan hem de hayvan beslenmesi için temel protein, karbonhidrat ve mineral kaynağıdır. Baklagillerin ekolojik önemi ise, kök nodüllerinde simbiyotik olarak yaşayan *Rhizobium* türleri sayesinde atmosferik azotu bağlayarak toprak verimliliğini artırmalarıdır. Bu özellikleri, onları sürdürülebilir tarım sistemlerinde vazgeçilmez bir unsur haline getirmiştir (FAO, 2019).

Yemeklik tane baklagiller serin ve sıcak mevsim baklagilleri olarak ayrılmaktadır. Serin mevsim baklagilleri mercimek (*Lens culinaris* Medik.), nohut (*Cicer arietinum* L.), bakla (*Vicia faba* L.), ve bezelye (*Pisum sativum* L.); sıcak mevsim baklagilleri de börülce (*Vigna unguiculata* L.) ve fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) bitkilerinden oluşmaktadır. Nohut, mercimek ve bezelye türlerinin gen merkezi Türkiye'dir (Toklu ve ark., 2009; Karaköy ve ark., 2012; Tugay, 2017; Sözen ve ark., 2022; Çilesiz ve ark., 2023). Bezelye (*Pisum sativum* L.), baklagiller içerisinde önemli bir yere sahiptir. Taze sebze, konserve ürünü ve kuru tane olarak değerlendirilen bezelye, besleyici özellikleri ve pazar talebindeki sürekliliği ile çiftçiler için cazip bir ürün haline gelmiştir. Yağ oranı düşük, karbonhidrat oranı yüksek ve besleyicidir. İçerdiği protein oranı ile insan beslenmesi bakımından oldukça önemli bir gıda kaynağıdır (%69 karbonhidrat, %26 protein, %5 yağ). Bezelye vitamin yönünden diğer baklagillere oranla C vitamini açısından da oldukça zengindir. Taze tohumları veya baklaları sebze olarak, dondurulmuş gıda olarak ve konserve yapımında kullanıldığı gibi kuru taneleri de yemeklik olarak ve konserve yapımında kullanılmaktadır. Kuru bezelyeden elde edilen bezelye unu, protein değeri yüksek olduğundan bebek mamalarının yapımında da önemli bir yer tutmaktadır. Bezelye tanesindeki kuru olgunluktaki protein oranı %18-28.4 arasında değişmekte olup, A ve B vitaminleri yanında mineral maddeler yönünden de oldukça zengin bir bitkidir (Şehirli, 1988). Doğu Akdeniz bölgesi için tescil ettirilen Irmak01, Deren, Hülya01 ve Alya01 çeşitlerinin protein oranı yönünden yüksek değerlere sahip ve kışlık yetiştirilmeye uygun çeşittir. Baklagillerde geç ekimlerin protein oranını artırdığı, yüz tane ağırlığının geç ekimlerde azaldığı, geç ekimlerde hasat

indeksinin azaldığı gözlemlenmiştir ¹(Doğu Akdeniz ıslah çalışmaları yayınlanmamış sonuçlar).

Dünyada insan beslenmesindeki bitkisel proteinlerin %22'si, karbonhidratların %7'si; Hayvan beslenmesindeki proteinlerin % 38'i karbonhidratların ise % 5'i yemeklik tane baklagillerden sağlanmaktadır. Bileşiminde yüksek oranda (%18-31,6) protein içeren yemeklik tane baklagiller, beslenme sorununun çözümünde ve beslenmedeki protein açığının giderilmesinde etkin ve ekonomik ürün grubunu oluşturmaktadırlar (Adak ve ark., 2010). Bezelye bitkisinin yeşil veya kuru bitki artıkları ise hayvan beslenmesinde, protein oranı (%5.3) yüksek kaba yem kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Hayvansal proteine eşdeğer protein ihtiva etmesi nedeniyle, hayvansal proteini tüketmeyen ya da tüketemeyenler için çok önemli bir protein kaynağıdır. Ayrıca diğer protein kaynaklarına göre daha kolay ulaşılabilir olmaları, antioksidan içermeleri nedeniyle kanser riskini azaltmaları ve kolesterol içermemesi, posa içeriklerinin yüksek ve yağ oranının düşük olması gibi nedenlerle kalp damar hastalıkları ve diyabetik hastalar için tercih edilen çok önemli ürün grubudur. Çağımızın hastalığı obeziteyle mücadele programlarında yemeklik baklagillerin üzerinde önemle durulması gerekir. Ülkemizde yemeklik tane baklagillerin tüketim verileri incelendiğinde; kişi başına yıllık ortalama 3 kg fasulye, 4,5 kg mercimek ve 5,5 kg nohut tüketildiği görülmektedir (Yemeklik Tane Baklagiller Çalıştay, 2014). Dünya genelinde yılda yaklaşık 20 milyon ton bezelye üretilmektedir (FAO, 2021). Türkiye’de ise yıllık üretim 200–250 bin ton arasında değişmekte olup, üretim alanları yıllara göre dalgalanmalar göstermektedir. TÜİK (2020) verilerine göre son on yılda baklagil ekim alanlarında %15’lik bir azalma, buna karşın ithalat miktarında %30’a yakın bir artış kaydedilmiştir. Kuru bezelye beslenme açısından düşük sindirilebilir karbonhidratlar, protein ve mikro besinlerin iyi bir kaynağıdır (Thavarajah ve ark., 2022).

Türkiye’de baklagil ekim alanlarının daralmasının en önemli nedenleri arasında, destekleme politikalarının yetersizliği, bilinçsiz tohumluk kullanımı, hastalık ve zararlı baskısı ile çiftçilerin yeni teknikler konusunda yeterince bilgi sahibi olmamaları yer almaktadır. Buna rağmen, özellikle Doğu Akdeniz Bölgesi’nde baklagiller, özellikle de bezelye, hala önemli bir üretim alanı bulmaktadır. Bölgenin kışları ılıman geçen iklimi, yaz sıcaklarının ise görece

daha erken başlaması, kışlık ekim yapılan bezelyede erkenci hasat olanağı sağlamaktadır. Erkenci hasat, pazarda ürünün yüksek fiyatla satılmasına olanak verirken, yazın sıcak ve kurak dönemine kalmadan hasadın tamamlanmasıyla su stresi ve yüksek sıcaklık zararları da azaltılmaktadır (Özdemir ve ark., 2019).

Bezelye ayrıca toprak sağlığı için önemli katkılarda bulunmaktadır. Toprağa sağladığı biyolojik azot, sonraki ürünler için gübre ihtiyacını azaltmakta, bu da çiftçinin girdi maliyetlerini düşürmektedir. Ekim nöbetine dahil edildiğinde ise toprak yorgunluğunu azaltarak verimlilik artışına katkıda bulunur. Organik tarım sistemlerinde yeşil gübre olarak da değerlendirilebilmektedir (Yıldız, 2021). Bezelye bir baklagil bitkisi olması sebebiyle köklerindeki nodoziteri ile havanın azotunu alarak fikse eder hem kendisi kullanır hem kendisinden sonra gelen bitkiye azot bakımından zengin toprak bırakır. Yemelik tane baklagiller kendinden sonraki ürüne azot ve kök organik maddesince zengin toprak bıraktıkları için, toprakların özelliklerini iyileştirici rolleri nedeniyle ekim nöbetinde de önemli bir yere sahiptirler. Bezelyenin ekim nöbetinde kullanılması dolayısı ile hastalık ve zararlılarla mücadele edilmesi toprağın tek yönlü sömürülmesinin önüne geçilmesi ve yabancı ot kontrolünün saptanması daha kolaydır. Ayrıca, havanın serbest azotunu, köklerindeki *Rhizobium* ssp. bakterileri yoluyla toprağa bağlayarak, hem üretim için gerekli girdileri azaltmakta, hem de toprak ıslahına katkı sağlamaktadır. Bu ürünlerin yeşil olarak 1-2 defa hasat ekilerek daha sonra yeşil bitki artıkları toprağa karıştırılmasıyla toprağın organik madde bakımından zenginleştirilmesi sağlamaktır. Hasattan sonra yeşil gübre olarak toprağa karıştırıldığında da toprağı azotça zenginleştirmektedir (Mirza ve Doğrusöz, 2023; Koyun ve Ceyhan, 2025).

Son 20 yıldır bütün dünyada baklagil üretimi ve tüketimi bir artış eğilimi göstermekte iken ülkemizde bu artış, dünya ortalamasının altında seyretmektedir. Türkiye baklagil üretimine kendine yeterlilik açısından baktığımızda ise yıllar itibarıyla azalış eğilimi gösterdiği, bakliyat üretimindeki ciddi azalışlar ile üretimin iç talebe cevap veremediği ve ithalatta önemli artış olduğu bununla birlikte ülkemizin baklagil sektöründe ithalatçı konumuna geldiği görülmektedir.

Tablo1. Türkiye son beş yıllık kuru bezelye ekim alanı, üretim ve verim değerleri gelişimi

Yıllar	Ekim Alanı (ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/ha)
2019	781	2193	2808
2020	552	1538	2786
2021	679	1805	2660
2022	887	2392	2697

Kaynak: FAO, 2025

Yemeklik tane baklagillerden bezelyenin son beş yıllık gelişimine ülke genelinde bakarsak bezelye tarımının yavaş yavaş artış yönünde gelişme gösterdiği görülmektedir (Tblo 1). Türkiye’de 2023 yılı bezelye verileri 1183 ha ekim alanı, 3798 ton üretimi, birim alandan alınan tane verimi ise 3211 kg/ha’dır (FAO, 2025). Bezelye dünyada en çok üretimi yapılan üçüncü yemeklik dane baklagil bitkisi olmaktadır. Dünya’da son iki yıllık bezelye gelişimlerine bakarsak, dünyada bezelye tarımının önemi anlaşılmaktadır (FAO, 2025). Bezelye ülkemizde genellikle taze olarak tüketilmekte, Dünya’da ise taze ve ayrıca işlenmiş konserve, dondurulmuş ürün veya kuru tohumu için üretilmektedir; bezelye protein, vitaminler ve karbonhidrat bakımından oldukça zengin bir bitkidir. Aynı zamanda münavebe bitkisi ve hayvan yemi olarak da tarımı yapılmaktadır. Hayvan yemi olarak yeşil ve kuru silaj yapılarak kullanılmakta ve hasattan sonra kalan sap ve samanı da hayvan yemi ya da hayvanlar için altlık olarak değerlendirilebilmektedir.

Tablo 2. Dünya 2024 yılı bezelye ekim alanı, üretim ve verim değerleri gelişimi

Yıl	Ekim Alanı (ha)	Üretim (ton)	Verim (hg/ha)
2022	7162305	14187090.13	1980.8
2023	7407979	13763334.1	1857.9

Bu çalışmada, Doğu Akdeniz Bölgesinde kışlık bezelye yetiştiriciliği için iklim ve toprak uygunluğu, çeşit özellikleri, yetiştirme teknikleri, karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri incelenmiştir. Arazi gözlemleri ve üretici deneyimlerinden yararlanılarak bölgeye uygun yetiştiricilik

tekniklerinin belirlenmesi ve sürdürülebilir bezelye üretiminin teşvik edilmesi hedeflenmiştir. Bu çalışmada bezelye tarımında temel sorunlar ve çözüm önerileri tartışılmaya çalışılmıştır.

2. BEZELYE TARIMI

Bu çalışmada Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü çalışmaları, proje raporları ve çiftçi sorunları ve çiftçi toplantı sonuçları kullanılmıştır. Doğu Akdeniz bölge koşullarında yürütülen ıslah çalışmaları sonucunda geliştirilen ve tescil ettirilen bezelye çeşitleri (Irmak 01, Deren, Hülya 01, Alya 01) ve onların biyolojik, morfolojik ve teknolojik özellikleri ve Doğu Akdeniz bölgesi yetiştiricilik sorunları incelenmiştir. Literatür bulguları, çiftçi gözlemleri ve arazi deneyimleri bir araya getirilerek bölge koşullarına uygun öneriler geliştirilmiştir.

Türkiye’de şimdiye kadar yapılan ıslah çalışmaları sonucunda kuru bezelye olarak 5 çeşit tescil ettirilmiştir (Tablo3). Bu çeşitlerde 4 tanesi Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü ıslah çalışmaları sonucunda yerel kaynaklarımızdan teksel seleksiyon ile geliştirilerek tescil ettirilmiş ve kademeli tohumluk üretimleri yapılarak çiftçinin hizmetine sunulmaktadır. Bezelye tarımı yapan çiftçilerimizin bölge için tescilli çeşitlerin sertifikalı tohumluklarına ulaşarak kontrollü tohumların ekilmelerini tavsiye etmekteyiz. Bu tohumlukların ekimlerinin makinalı yapılması ve aynı zamanda çıkışın sağlanması ve çiçeklenme ve olgunlaşma zamanlarının aynı olması hasat kolaylığını da getirmektedir.

Tablo 3. Türkiye’ de tescil edilen kuru bezelye çeşitleri listesi

Sıra No	Çeşit Adı	Çeşit Sahibi
1	Elena	Beta Ziraat ve Tic.A.Ş.
2	Irmak 01	Doğu Akdeniz TAEM /Adana
3	Deren	Doğu Akdeniz TAEM /Adana
4	Hülya 01	Doğu Akdeniz TAEM /Adana
5	Alya 01	Doğu Akdeniz TAEM /Adana

Bezelye baklalarında çeşit genetik özellikleri olarak boy farklılıkları gösterip çeşitlere bağlı olarak bazı çeşitlerde olgunlaşan baklalarda çatlamalar

görülebilmektedir. Bezelyede ekolojik koşullara bağlı olarak bitki üzerindeki çiçeklerin % 30-70'i meyve bağlar. Bezelye bitkisinin yapraklarında ve meyvelerinin üzerinde mumsu bir tabaka ile kaplı olmaktadır. Meyve ve bitkinin rengi yani yeşilin yoğunluğu bitkilerde buna bağlı olarak değişim gösterir.

Bezelye baklasında çeşit özelliklerine göre farklı sayıda tohum bulunur. Bu tohumlar değişik şekillerde olabilir. Meyve içindeki dizilişlerine göre de tohumlar şekil alabilirler. Olgunlaşmamış daneler ile olgunlaşmış daneleri arasında şekil bakımından farklılıklar görülebilmektedir. Bezelye çeşit özelliklerine göre genellikle olgunlaşmamış daneler genellikle yuvarlak veya köşelidir. Olgunlaşmış tohumlar yuvarlak, buruşuktur veya basık gibi farklı şekillerde tane tipleri görülebilmektedir. Yuvarlak taneli olanlar konserve sanayinde aranan çeşitler olup tane iriliği ile fiyat arasında doğrusal ilişki bulunmaktadır.

2.1. İklim İstekleri

Bezelye, serin ve nemli iklim koşullarında iyi gelişim göstermektedir. Sıcak ve kuru iklim koşullarından çok hoşlanmaz. Yetiştirme süresi boyunca sıcaklığın donma sıcaklığı üzerinde olmasını ister ve ani sıcaklık artışından çok hoşlanmaz, bakteriyel yanıklık hastalığı da yaygın olarak görülebilir. Yüksek sıcaklıklar çiçeklenme döneminde dölleme biyolojisi üzerinde olumsuz etkide bulunur. Günlük ortalama sıcaklığın 15-21 °C olması istenir. Fakat yetiştirme döneminde yağış ve sıcaklık periyodunun olumsuz etkileri yetiştirme süreci üzerinde etkili olup yetiştirme periyodunu kısaltarak verim kaybına yol açarken, düşük sıcaklıklar ise olgunlaşmayı geciktirir. Ayrıca çiçeklenme döneminde yüksek sıcaklıklar dölleme üzerinde olumsuz etkide bulunur ve çiçekler döllemeyerek çiçek silkmesine neden olur. Havaların serin ve nemli olduğu koşullarda çok iyi gelişme gösterir. Doğu Akdeniz Bölgesi, kışları ılıman geçmesi nedeniyle kışlık ekim için uygundur. Bezelyenin sap sağlamlığı olmadığından aşırı yağışlarda, sıcak ve nemli havalarda bakteriyel yanıklık hastalığı kuru bezelye yetiştiriciliğinde ortaya çıkabilecek başlıca sorunlar arasında yer almaktadır.

2.2. Toprak Hazırlığı

Bezelye toprak isteği bakımından çok seçici olmasa da ağır yapılı topraklardan çok hoşlanmaz, alüvyal ve su tutma kapasitesi yüksek topraklarda iyi gelişir. Bezelye, pH'sı 6,5–7 arasında olan, drenajı iyi ve organik maddece zengin topraklarda iyi gelişir. Ağır ve su tutan topraklarda ise kök hastalıkları artış gösterir.

Bezelye ekimi çevre şartlarına ve ekolojik koşullara göre değişmekle beraber pullukla sürüm yapıldıktan sonra, toprağın diskaro ile işlenip tırmık geçirilmesi uygundur. Toprak işleme derinliği 15-20 cm olmalıdır. Toprak patojenlerinin fazla, ağır ve kötü havalanması olan topraklarda derin sürüm tavsiye edilir. Toprak hazırlığı kışlık ve yazlık olarak;

Kışlık bezelye ekimi için tarla hazırlığında iki seçenek vardır. Birincisi; tahıl hasat sonrası tarla gölge tavında iken pulluk ile 15-18cm derinlikte sürülür. Ekim veya Kasım ayı içinde diskli aletlerle ikileme, üçleme yapıp Kasım ayı içinde yağmurlardan önce veya Aralıkta yağmurlardan sonra ekime geçilir. İkinci seçenek ise; tarla tahıl hasat sonrası yağmurlara kadar anızlı bırakılır. Yağmurlardan sonra pullukla 15-18 cm derinlikte sürülür. Ekimden bir iki gün önce kültüvatör, goble veya disk ile ikileme yapılır. Ekim işlemi Kasım15-Aralık15 tarihleri arasında tamamlanır.

Yazlık bezelye ekimi için de tarla hazırlığında iki seçenek görülür. Birincisi; tahıl hasatsonrası tarla pullukla 15-18 cm derinlikte sürülüp bırakılır. Kış sonrası Mart ayında ekimden önce diskaro veya kültüvatör ile tarla sürülüp ekime geçilir. İkinci seçenek ise; tahıl hasat sonrası tarla öylece bırakılır. Kıştan sonra ekim zamanı Mart ayında tarla pulluk ile sürülür. Arkasından goble veya kültüvatör ile sürülerek ekime geçilir.

2.3. Ekim Zamanı

Ülkemizde bezelye genellikle ilkbaharda ekilmektedir. Ekim bölgelere ve yıllara göre değişmekle beraber Şubatın ikinci yarısı ile Nisan başı arasında yapılmakta, bazı yerlerde ise örneğin Akdeniz Bölgesinde kışlık olarak (Kasım, Aralık) ekimler yapılmakta ve taze bezelye üretiminde turfanda ürün elde edilmektedir.

Akdeniz, Karadeniz bölgesi sahil kesiminde, Ege ve Güneydoğu

bölgelerinde kışların sert geçmediği yerlerde bezelye kışlık olarak ekilebilmektedir. Kışlık ekimin verimde artışa neden olduğu araştırmalarla ortaya konmuştur. Ancak başarılı olabilmesi kışa dayanıklı çeşitlerin yanısıra bakteriyel yanıklık mantar hastalığına dayanıklı çeşitlerin de üretimde yerlerini almasına bağlıdır.

Akdeniz bölgesinde en uygun ekim zamanı rakım 700-750'ye kadar kışlık ekimler, rakım 750'nin üzerinde bölgelerde de erken ilkbahar veya yazlık ekimler tavsiye edilmektedir. Örneğin Adana bölgesi için Tufanbeyli, Pozantı ve Aladağ gibi yüksek bölgelerde erken ilkbaharda uygun olmaktadır. Adana, Karaisalı ve Osmaniye ve gibi geçit ve ovada ise kışlık ekimler uygun olmaktadır. Akdeniz bölgesi için Kışlık Ekimler Kasım, Aralık; Yazlık Ekimler ise Şubat-Mart olmaktadır. Daha sonra yapılacak geç ekimlerde ise verim kayıpları yaşanır çünkü bitkide dallanma sayısı düşer çiçeklenme gecikir sıcakların bastırmasıyla döllenme olmaz buda verim kayıplarına neden olur.

2.4. Ekimde Kullanılacak Tohumluk

Kullanılacak tohumluğun çimlenme yüzdesinin yüksek olması bütün bitkiler için geçerli bir kuraldır. Bezelye tohumluğunun, hastalık açısından temiz bir tarladan gelmesi, tohumdan gelecek bulaşmaların önlenmesi açısından yararlıdır. Mümkün olduğunca sertifikalı tohumluk kullanmak, verimde olumlu katkılar sağlar. Sertifikalı tohumluk kullanmak çimlenme yüzdesinin yüksek olması, hastalık ve zararlılardan arı tohumluk ve karışık olmayan tek çeşit tohumluğu, eş zamanlı çıkış, eş zamanlı çiçeklenme ve eşzamanlı hasat demektir.

2.5. Ekim Şekli

Bezelyenin bilinen en eski ekim şekli sepme yapılan ekimdir. Fakat son yıllarda tescilli çeşitlerin üretime kazandırılması ve sertifikalı tohumlukların kullanılması makinalı ekimleri ve makinalı hasatları ön plana çekmiştir. Çiftçilerimize Sertifikalı tohumluk kullanımı hastalıkla bulaşık olmayan tohumluk, eşzamanlı çıkışlar ve eşzamanlı hasat olgunlukları sağlamıştır. Makinalı ekimler ise bakım ve çapalama işlemlerinde kolaylıklar sağlamaktadır.

Akdeniz bölgesi için En uygun ekim şekli mibzerledir; Mibzer ile ekim verimi de arttırmaktadır. Dekara atılacak tohum miktarı çeşitlerin 100 tane ağırlığına göre değişmekle birlikte 8-10 kg/da arasında değişmektedir. Elle veya fırfırla yapılan serpmeye ekimlerde dekara atılacak tohumluk 10 kg/da altına düşmemelidir.

2.6. Ekim Sıklığı

Serpme ekimde kullanılacak tohum miktarları (10-12 kg/da) bölgesel geleneklere göre değişmektedir. Ancak yine de sıraya ekimde kullanılacak tohum miktarı (8-10 kg/da) toprağın özelliğine ve ekim zamanına göre değişiklik gösterir.

Kışlık ekimlerde sıraya ekimde genelde önerilen sıra arası 70cm, sıra üzeri 6-8cm olmaktadır. Ekim derinliği ise 5-6 cm'den fazla olmamalıdır. Sıra arasının 70cm olması makinalı ara çapası yapılmasını sağlar; bunun sonucunda yabancı ot kontrolü ve kök bölgesinin havalanması ve dolayısıyla da hastalık kontrolü sağlanır.

2.7. Gübreleme

Bezelye, köklerindeki nodozitelerde bulunan bakteriler aracılığıyla havanın serbest azotundan yararlanabilir. Bu nedenle yüksek dozda bir azot uygulamasına gerek yoktur. En uygun gübreleme tavsiyesinin toprak analizi ile tespit edilmesi gerekir; üst gübre uygulamasına da gerek bulunmamaktadır. Bütün baklagillerde olduğu gibi 2-3 kg saf N/da ve 5-6kg/da saf P₂O₅ gübre uygulaması nohut için de uygun olmaktadır. Her iki gübre de ekim öncesi toprağa uygulanmalıdır.

2.8. Bakım

Çıkıştan sonra bitki boyu 10-15cm iken yapılacak bir ara çapası hem kök boğazının doldurulması, hem de yabancı otların yok edilmesi açısından yararlıdır. Ara işleminin mümkün olmadığı durumlarda el çapası yapılması hem toprağın havalanmasının sağlanması hem de ot mücadelesi açısından önerilir. Kışlık ekimlerde sıraya ekimde genelde önerilen sıra arası 70cm ara çapasında hem ot mücadelesi yapılmasını hem de kök bölgesinin havalanmasını sağlar; hastalıklardan korur, verim, kalite üzerinde de pozitif

yönde katkı sağlar. Bezelyede yabancı ot ilaçlarının kullanımı da son yıllarda görülmektedir bu da yabancı ot mücadelesi için önerilen bir başka yoldur.

Kışlık ekimlerde yabancı ot mücadelesi iyi yapılmadığı takdirde verim kayıplarının meydana gelmesi kuru bezelye yetiştiriciliğinde ortaya çıkabilecek başlıca sorunlar arasında yer almaktadır.

2.9. Hasat, Harman ve Depolama

Bezelyede tohumlar sertleştiğinde, baklalar ve gövde açık kahverengi, bitkiler kurumuş ise hasat zamanı gelmiş demektir. Hasat olgunluğuna gelen baklalar en geç iki-üç gün içinde hasat edilmelidir. Diğer bir yöntem ise hasat nemi ölçülerek %10-14 olması hasat için uygun olmaktadır. Özellikle kuru ve sıcak havalarda baklalar ve taneler çok çabuk kurur. Hasat gecikirse bakla çatlamaları nedeniyle tane kayıpları yaşanır buda verim kayıplarına neden olur. Bu devrede tohumdaki nem oranı %12-14 arasında değerler gösterir.

Hasatta halen çiftçi tarafından uygulanan yöntem, bezelyede tane dökme problemi olması nedeniyle olgunlaşma başlangıcında bitkiler elle yolunarak sökülür; yığınlar haline getirilerek hasat edilir. Hasat edilen bitkiler, yığın halinde tarlaya bırakılır. Daha sonra nohut harman makinesiyle (Patöz vb.) harman yapılır. Harman sonunda elde edilen mahsul selektörden geçirilerek içindeki taş, toprak ve yabancı ot tohumları gibi yabancı maddeler temizlenmelidir. Tohumluk üretiminde, alet ve makinelerin temizliğine dikkat edilmeli, tip dışı bitkiler zamanında tarladan uzaklaştırılmalı, hastalık ve zararlı kontrolü zamanında yapılmalıdır, hasat, zamanında yapılmalı, tohumluklar selektörlenmeli ve ilaçlanmalı, her çeşitten sonra selektör iyi temizlenmeli, ambalajlama ve etiketlenme yapılmalı, depolama koşulları tohumluklara uygun olmalıdır.

Kışlık ve yazlık bezelye ekimlerinde verim performansı karşılaştırması yaparsak kışlık ekimlerde %15-20 verim artışı gözlenmektedir. Bu da kışlık ekimlerin veya erken ekimlerin önemini göstermektedir. Özellikle Akdeniz bölgesi içi kışlık ekimler önerilmektedir (Mart ve ark., 2023-2022a-2022b-2021 ve 2020, Ton ve ark, 2022). Tablo' 4 de görüldüğü gibi yazlık ve kışlık ekimlerin verim farklılıkları gözlenmektedir (Doğu Akdeniz ıslah çalışmaları yayınlanmamış sonuçlar). Kışlık ve yazlık ekimlerdeki farklılıklar yıllara,

sıcaklık ve kuraklık stresine ve değişen iklim koşullarına göre %15-20 civarlarında farklılıklar gözlenmektedir.

Tablo 4. Kışlık ve yazlık bezelye ekimlerinde verim performansı karşılaştırması

Çeşit	Kışlık Ekim(kg/da)	Yazlık Ekim(kg/da)
Irmak 01	232	198
Deren	226	185
Hülya 01	230	190
Alya 01	233	192
Ortalama	229	191

3. Bezelye Hastalık ve Zararlıları

Türkiye’de bezelyenin önemli yeşil aksam hastalıkları ve anbar zararlıları bulunmaktadır. Bu hastalık ve zararlılarla vaktinde mücadele edilmelidir. Çünkü mücadele etmezsek veya geç kalırsak verim kayıplarına neden olur. Özellikle Bakteriyel yanıklık hastalığı ve Brukus ambar zararlısı mücadeleleri çok önemli olmaktadır. Yapılan bir çalışma sonucuna (Tablo5) bakarsak verim kayıplarının önemi görülmektedir (Doğu Akdeniz ıslah çalışmaları yayınlanmamış sonuçlar).

Tablo 5. Bezelyede hastalık ve zararlılar nedeniyle verim kayıpları

Etmen	Ortalama Verim Kaybı (%)
Bakteriyel yanıklık	25
Antraknoz	20
Bruchus pisoru	15

3.1. Bezelye Bakteriyel Yanıklığı (*Pseudomonas syringae* pv. *pisi*)

Pseudomonas syringae pv. *pisi* bezelyede bakteriyel yanıklık hastalığına neden olan patojen bir bakteridir. Bezelyede bakteriyel yaprak yanıklığı hastalığına neden olan *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* adlı patojen tohumla taşınır ve Dünya genelinde bezelye üretimi yapılan alanlarda önemli bir sorundur. Hastalığın ilk belirtileri kotiledon yapraklarda su emmiş lekeler şeklinde başlar ve ilerleyen aşamada nekrotik lekeler dönüşür. Hastalık, bezelye yetiştirilen pek çok ülkede görülen ve serin, yağışlı ve don olaylarının

olduğu yerlerde duyarlı çeşitlerde yıkıcı zararlara neden olabilmektedir. Hastalıkla mücadelede dayanıklı çeşit seçimi ve sağlıklı tohum kullanımı ilk adım olmalıdır. Bununla birlikte uygun yetiştirme yeri seçimi, ekim nöbeti veya ürün rotasyonu, gübreleme önlemleri, toprak işleme, hastaliksız tohum ve üretim materyalinin kullanımı, yetiştirme önlemleri, yetiştirme alanında bakım önlemleri (sanitasyon), sulama önlemleri ve toprak solarizasyonu gibi kültürel önlemler alınabilir. Bununla birlikte biyolojik mücadele, kimyasal mücadele ve entegre mücadelelerle desteklenebilir (Saygılı ve ark., 2013).

3.2. Bezelye Antraknoz Yanıklığı (*Mycosphaerella pinodes*)

Ascochyta yanıklığı Türkiye’de nohut ve bezelyenin önemli bir yeşil aksam hastalığıdır. Bezelyede *Ascochyta* yanıklığına, içlerinde *Ascochyta pisi*, *A. pinodes* ve *A. pinodella*’nın bulunabildiği *Ascochyta* kompleksi fungal patojenler neden olmaktadır. Akdeniz, Ege ve Marmara bölgesinde hastalıktan sorumlu patojenlerin bunlar *A. pinodes* ve *A. pisi* olarak belirlenmiştir. *Ascochyta* yanıklığına yeşil aksam ilaç uygulamalarının hastalık üzerinde yüksek oranda olumlu etkileri tespit edilmiştir.

Optimum enfeksiyon koşulları, % 90’ın üzerindeki nem ve 15-20 °C sıcaklıktır. Enfeksiyonun oluşabilmesi için bu koşulların 1-2 gün sürmesi ve yaprak ıslaklığının en az 2 saat süre ile devam etmesi gerekmektedir. Sağanak yağışlar ve rüzgâr hastalığın epidemi yapmasında önemlidir. Hastalıkla bulaşık olmayan tohum kullanılmalıdır, hastalıklı bitki artıkları tarladan uzaklaştırılarak imha edilmelidir, tohumluk üretimi için nemin düşük ve daha az yağış alan bölgeler seçilmelidir, daha önceki yıllarda hastalıkla bulaşık olduğu belirlenen tarlalarda ekim yapılmamalı ve ekim nöbeti uygulanmalıdır, etmene konukçuluk yapan yabancı otların mücadelesi yapılmalıdır

4. Bezelye Zararlıları (*Bruchus pisoru*)

Bezelye tohum böceği (*Bruchus pisoru*); Baklagil tohum böceklerinin larvaları, konukçuları olan baklagil taneleri içinde beslenmeleri süresince, oyuklar meydana getirerek tanenin besin değerini düşürdükleri gibi dışkı ve vücut artıkları ile de kirletirler.

Anbarda bezelye tohumları için *Bruchus* zararı çok önemlidir, verim kayıplarına neden olur; bu nedenle tarlada çiçek dönemi ilağı tedbirlerin

alınması; Anbarda havalandırma, sıcaklık ve nem kontrolünün iyi yapılması önemli olmaktadır.

4.1. Kültürel Önlemler

Bezelye tohum böceğinden ağır zarar görülen bölgelerde geç ekim yapılması önerilir. Hasat ve harmanın geciktirilmeden yapılarak ürünün, temizliği önceden yapılmış ambara çuvallar içinde alınmasına özen gösterilmelidir.

Hasat sonrası tarlada kalan artıklar pullukla derine gömülmeli veya yakılmalıdır. Temiz tohumluk kullanılmalıdır. Tarladaki gerekli önlemleri alınmış ürün çuvallar içinde, temizliği yapılmış, ilaçlanmış, pencerelerine kafes telleri takılmış ambara yerleştirilir. Ayrıca ambara bulaşık ürün, çuval veya malzeme konulmamalıdır.

Doğu Akdeniz Bölgesi'nde kışlık bezelye tarımı, ekolojik avantajları ve ekonomik getirisi ile sürdürülebilir tarımın önemli bileşenlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu bölgedeki iklimin kışları ılıman geçmesi, bitkilerin kış döneminde zarar görmeden gelişmesini sağlamakta ve ilkbaharda erkenci hasat olanağı sunmaktadır. Erken hasat, üreticiye pazarda fiyat avantajı sağlamakta ve ürün değerini artırmaktadır. Özellikle Akdeniz ikliminin hakim olduğu Çukurova ve çevresi, kışlık ekim için en uygun koşullara sahiptir (Özdemir ve ark., 2019).

Kışlık ekim sayesinde, yaz döneminde su stresi yaşanmadan daha yüksek verim alınabilir. Ayrıca baklagillerin toprak yapısına olumlu katkısı, çiftçilerin diğer ürünlerde gübre ihtiyacını azaltarak üretim maliyetlerini düşürmektedir (Mart, 2023; FAO, 2021). Çalışmalar, kışlık bezelye ekiminin yazlık ekime göre %15–20 daha yüksek verim sağladığını göstermektedir (Yıldız, 2021).

Ancak bölgenin avantajları kadar, bazı riskleri de mevcuttur. Bakteriyel yanıklık (*Pseudomonas syringae* pv. *pisi*) ve antraknoz (*Ascochyta spp.*) gibi hastalıklar, serin ve nemli koşullarda daha hızlı yayılarak önemli ürün kayıplarına yol açabilir. Bu nedenle dayanıklı çeşitlerin seçilmesi, ekim öncesi tohum ilaçlaması ve ekim nöbetine uyulması büyük önem taşır (Karaman, 2020).

Bir diğer önemli sorun ise *Bruchus pisorum* (bezelye tohum böceği) zararıdır. Böcek mücadelesinde kültürel önlemler, temiz tohumluk kullanımı ve uygun ilaçlama teknikleri birlikte uygulanmalıdır. Ayrıca depolama koşullarına dikkat edilmemesi de ürün kayıplarını artırmaktadır. Doğu Akdeniz’de yapılan araştırmalar, iyi havalandırılan ve sıcaklık-nem dengesi sağlanmış depolarda %10–15 oranında daha az ürün kaybı yaşandığını ortaya koymuştur (Şahin, 2020).

Kışlık bezelye tarımının yaygınlaştırılması için öncelikle sertifikalı tohumluk temini kolaylaştırılmalı ve çiftçilere modern yetiştiricilik teknikleri konusunda eğitim verilmelidir. Özellikle bölgede geliştirilmiş ve tescillenmiş çeşitler (Irmak 01, Deren, Hülya 01 vb.) hem verim hem de hastalık dayanımı açısından avantajlıdır. Bunun yanında, devlet desteklemelerinin artırılması ve ihracat olanaklarının geliştirilmesi, baklagil üretiminde yaşanan gerilemeyi önlemek için gereklidir. (TÜİK, 2020; Anonymous, 2023).

Sürdürülebilir tarım açısından bakıldığında, baklagillerin ekim nöbetinde daha fazla kullanılması, toprak sağlığını iyileştirecek, toprak ve su kirliliğini azaltacak ve kimyasal gübre kullanımını azaltacaktır. Böylece çevresel etkiler de minimize edilmiş olacaktır (FAO, 2019).

Bu çalışmada elde edilen bulgular, Doğu Akdeniz Bölgesi’nin kışlık bezelye yetiştiriciliği için önemli avantajlara sahip olduğunu açıkça göstermektedir. Bölgenin kış aylarında ılıman geçen iklimi, toprak pH’sının 6,5–7 aralığında olması ve organik madde içeriği yönünden uygunluğu, kışlık ekim yapılan bezelyede hem verim hem de kalite açısından önemli kazanımlar sağlamaktadır. Özellikle Irmak 01, Deren ve Hülya 01 gibi bölgeye tescilli çeşitler, kışlık ekim için önerilmekte ve verimde yazlık ekime göre %20’ye kadar daha yüksek sonuçlar vermektedir (Tablo 4).

Baklagillerin azot bağlama özelliği, sürdürülebilir tarım için büyük bir avantaj olarak öne çıkmaktadır. Kışlık bezelye ekimi yapılan tarlalarda yapılan analizler, ekimden sonra toprak azot içeriğinin %10–12 oranında arttığını ortaya koymuştur. Bu, çiftçiler için daha az azotlu gübre kullanımı anlamına gelmekte ve maliyet avantajı sağlamaktadır (Doğan, 2018). Çiftçi anketleri, üreticilerin %85’inin maliyet avantajı nedeniyle baklagilleri tercih ettiğini göstermektedir (Anonymous, 2023).

Türkiye genelinde baklagiller ekim alanında ve üretimindeki azalmalar veya ithalat artışları önemli bir sorun olarak dikkat çekmektedir. Bu durum, yerel üretimi artırmak için stratejik önlemlerin alınmasını zorunlu kılmaktadır. Özellikle Doğu Akdeniz'deki potansiyel üretim alanlarının daha etkin kullanılması, destekleme politikalarının iyileştirilmesi ve üretici eğitimlerinin artırılması, ülkenin baklagil ihtiyacını karşılamak açısından önemlidir.

Hastalık ve zararlılar, üretimi sınırlandıran en önemli faktörler olarak öne çıkmaktadır. Özellikle bakteriyel yanıklık ve antraknoz gibi hastalıklar serin ve nemli koşullarda hızlı bir şekilde yayılarak %25'e varan verim kayıplarına neden olmaktadır (Tablo 5). Tohum ilaçlaması, ekim nöbeti ve dayanıklı çeşitlerin seçilmesi, bu sorunların azaltılmasında etkili yöntemler olarak görülmektedir. Depolama sırasında *Bruchus pisorum* zararının ise %15–20 civarında ürün kaybına yol açtığı bilinmektedir (Tablo5). Çiftçilerin modern depolama teknikleri konusunda bilgilendirilmesi, bu kayıpların önlenmesi açısından önemlidir.

Sonuç olarak, Doğu Akdeniz Bölgesi'nde kışlık bezelye yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması, hem ekonomik hem de ekolojik sürdürülebilirlik açısından büyük bir fırsat sunmaktadır. Üretimin artırılması için çiftçilere uygun teknikler konusunda eğitim verilmeli, sertifikalı tohumluk kullanımı yaygınlaştırılmalı ve devlet desteklemeleri artırılmalıdır. Bölgedeki potansiyelin daha iyi değerlendirilmesi ve ithalat bağımlılığının azaltılması için kışlık bezelye stratejik bir ürün olarak desteklenmelidir.

5. SONUÇ

Bu çalışma ile Doğu Akdeniz Bölgesi'nde kışlık bezelye (*Pisum sativum* L.) yetiştiriciliğinin tarımsal, ekonomik ve ekolojik açıdan taşıdığı önem açıkça ortaya konmuştur. Bulgular, kışlık ekim uygulamalarının bölge koşullarında önemli avantajlar sunduğunu göstermektedir. Özellikle kış aylarının ılıman geçmesi, bezelye için elverişli bir yetişme ortamı sağlamakta; erkenci hasat imkanı sunarak üreticilere pazarda fiyat avantajı kazandırmaktadır. Yazlık ekime kıyasla %15–20 oranında daha yüksek verim alınması da, kışlık bezelye yetiştiriciliğini üreticiler açısından cazip hale getirmektedir.

Kışlık bezelye tarımının yaygınlaştırılması, sadece ekonomik anlamda değil, ekolojik ve çevresel sürdürülebilirlik açısından da büyük önem taşımaktadır. Bezelyenin havadan azot bağlama özelliği, toprak verimliliğini artırmakta, gübre ihtiyacını azaltmakta ve sonraki ürünlere daha uygun bir toprak bırakılmasına imkan sağlamaktadır. Ayrıca ekim nöbetine dahil edilmesi, toprak yorgunluğunu azaltarak tarımsal sürdürülebilirliği desteklemektedir.

Bununla birlikte, kışlık bezelye üretiminde çeşitli sorunlar da mevcuttur. Özellikle hastalık ve zararlılar, bilinçsiz tohumluk kullanımı, modern tekniklerin yeterince uygulanmaması ve sertifikalı tohumluk teminindeki sıkıntılar, üretimde verim kaybına yol açmaktadır. Bu kayıpların önlenmesi için entegre mücadele yöntemlerinin yaygınlaştırılması, dayanıklı ve tescilli çeşitlerin kullanımının artırılması, çiftçilerin eğitim düzeyinin yükseltilmesi ve modern üretim tekniklerinin benimsenmesi büyük önem arz etmektedir.

Doğu Akdeniz Bölgesi'nin baklagil üretim potansiyelinin daha iyi değerlendirilebilmesi için, devlet destekleme politikalarının iyileştirilmesi, ihracat imkanlarının geliştirilmesi ve tarım sektörünün genel olarak güçlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle üretici örgütlerinin güçlendirilmesi, pazarlama zincirinin etkinleştirilmesi ve tarımsal araştırmaların desteklenmesi, bölge tarımının gelişmesine katkıda bulunacaktır.

Sonuç olarak, Doğu Akdeniz'de kışlık bezelye üretimi, ülkemizin baklagil ihtiyacını karşılamada önemli bir kaynak olma potansiyeline sahiptir. Uygun politikalar, modern teknikler ve üretici bilincinin artırılmasıyla bu potansiyelin tam anlamıyla değerlendirilmesi mümkün olacaktır. Hem ekonomik kazanç hem de ekolojik sürdürülebilirlik açısından kışlık bezelye, bölge için stratejik bir ürün olarak desteklenmelidir.

Kaynaklar

- Adak, M. S., Güler, M. Ve Kayan, N., 2010. Yemeklik Baklagillerin Üretimini Artırma Olanakları. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010 Ankara, Bildiriler Kitabı Is: 329-341
- Aksoy, Z. (2018). Türkiye’de bezelye yetiştiriciliği üzerine bir değerlendirme. Tarım Yayınları, İstanbul.
- Anonymous. (2023). Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Çalışma Raporu. Adana.
- Assessing the cooking and quality traits diversity in the seeds of faba bean germplasm. Turkish J. Agric. Forest., 47 (2023), pp. 448-466.
- Çilesiz, Y., Nadeem, M.A., Gürsoy, N. Kul, R. ve Karaköy, T. (2023).
- Doğan, H. (2018). Baklagillerde yetiştirme teknikleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 235.
- Eren, M. (2019). Türkiye’de baklagil tarımı ve destekleme politikaları. Tarım Ekonomisi Araştırmaları, 23(1), 45–61.
- FAO, (2016). Pulses and Sustainability: Contributions to Food Security, Nutrition and Climate Change Adaptation. Rome.
- FAO, (2019). Pulses: Nutritious Seeds for a Sustainable Future. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO, (2020). The Future of Pulses: Global Outlook. FAO Publications.
- FAO, (2021). FAOSTAT: Crops Data. Retrieved from: <http://www.fao.org/faostat>
- FAO, (2025). Food and Agriculture Organization of the United Nations <https://www.fao.org/faostat/en/>
- Karagül, E.T. 2017. Türkiye Yemeklik Tane Baklagil Genetik Kaynakları. Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 27(1): 56-70.
- Karaköy, T., Erdem, H., Baloch, F.S., Toklu, F., Eker, S., Kilian, B. and Ozkan, H. (2012). Diversity of macro- and micronutrients in the seeds of lentil landraces. Scientific World J. 2012; Article ID 710412: 1-9.
- Karaman, S. (2020). Baklagil hastalıkları ve entegre mücadele yöntemleri. Bitki Koruma Dergisi, 33(1), 21–30.
- Kaya, F. & Demir, B. (2016). Baklagillerde tohumluk üretimi ve kalite parametreleri. Tohum Teknolojisi Dergisi, 8(3), 87–93.

- Koyun, R., & Ceyhan, E. (2025). The Determination of Protoplast Culture's Efficiency with Chickpea (*Cicer arietinum* L.) and Grass Pea (*Lathyrus* sp.) Species Grown in Vitro Conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(3), 819-829.
- Mart, D. (2023); Bezelye ekim nöbetinde önemli bir yere sahip, *Türk Tarım Orman Dergisi*, 276.sayısı,
- Mart, D., Türkeri, M., Yücel D., (2020), ;Registration of “Deren” Pea (*Pisum sativum* L.) Variety (2020), *Ekin journal of Crop Breeding and Genetics* (6(2):118-124, 2020)
- Mart, D., Türkeri, M., Yücel D., (2021), ;Registration of “Irmak01” Bezelye (*Pisum sativum* L.) Variety *Ekin journal of Crop Breeding and Genetics* cilt:7, sayı:1 sayfa: 64 (7(1):64, 2021)
- Mart, D.,(2022b). Determination of Some Characteristics of Eding Pea (*Pisum sativum* L.) Genotypes (Yemeklik Bezelye (*Pisum sativum* L.) Genotiplerinin Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi), *MAS Journal of Applied Sciences: MAS Journal of Applied Sciences* 7(2): 506–518,
- Mart,D., Türkeri, M.,(2022a), Çukurova Bölgesinde Kışlık Bazı Yerel Bezelye (*Pisum sativum* L.) Genotiplerinin Araştırılması, 8. Çukurova Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 15-17 Nisan 2022 Adana.
- Mirza, A., & Doğrusöz, M. Ç. (2023). Yozgat koşullarında yem bezelyesi ve Macar fiği ile tritikale ikili karışımlarında ot kalitesinin belirlenmesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(1), 184-194.
- Özdemir, T., Yıldırım, A., & Çakmakçı, R. (2019). Türkiye’de baklagil üretiminde karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(2), 145–153.
- Özkan, A. (2022). Türkiye’de bezelye ıslah çalışmaları ve yeni çeşitler. *Bitki Koruma Bülteni*, 55(2), 98–112.
- Saygılı, H., Şahin, F., Aysan, Y., (2013).*Bitki Bkteri Hastalıkları*, ISBN 978-9944-5882-1-8; İzmir, Ocak-2013, syf:109-110
- Sözen, Ö., Karaköy, T., & Öcal, M. (2022). Aksaray ekolojik koşullarında bazı kuru fasulye genotiplerinin morfo-agronomik özelliklerini belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9 (4), 1014-1022.
- Şahin, R. (2020). Baklagillerde gübreleme teknikleri ve öneriler. *Toprak Bilimi Dergisi*, 34(4), 201–210.

- Şehirali, S. 1988. Yemeklik Tane Baklagiller. Ank. Ün. Zir. Fak.yayımları:1089, Ankara, 435 s.
- Thavarajah, D., Lawrence, T.J., Powers, S. E., Kay, J., Thavarajah, P., Shipe, E., Boyles, R. 2022. Organic dry pea (*Pisum sativum* L.) biofortification for better human health. PloS one, 17(1): e0261109.
- Toklu, F., Karaköy, T., Hakle, I., Bicer, T., Brandolini, A., Kilian, B., et al. (2009). Genetic variation among lentil (*Lens culinaris* Medik.) landraces from Southeast Turkey. Plant Breed. 128, 178–186.
- Ton, A., Mart, D., Karaköy, T., Türkeri, M., Torun, A., A., Anlarsal, A. E. (2022) Characterization of some local pea (*Pisum sativum* L.) genotypes for agro-morphological traits and mineral concentrations, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 46-2-245-256.
- TÜİK, (2020). Türkiye İstatistik Kurumu Tarım Verileri 2020. Ankara.
- Yıldız, F. (2021). Baklagillerin sürdürülebilir tarımdaki rolü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 3(4), 57–72.

BÖLÜM 3

BEZELYEDE KALİTE

Dr. Reyhan AYDIN¹

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18101339>

¹Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun, Türkiye. E-mail: reyhan.karayel@tarimorman.gov.tr, Orcid ID: 0000-0003-4312-6765

1. GİRİŞ

Baklagiller (*Leguminosae*) familyasının önemli bir üyesi olan bezelye (*Pisum sativum* L.), hem insan beslenmesinde hem de hayvan yemlerinde yaygın olarak kullanılan yüksek protein, karbonhidrat, lif, vitamin ve mineral içeriğine sahip bir ürün (Nadeem ve ark. 2021; Ton ve ark., 2022; Windsor ve ark., 2024) olup aynı zamanda anti-besinsel faktörleri de içerir (Vidal-Valverde ve ark., 2003; Pekşen ve Artık, 2005). Türkiye’de özellikle Marmara, Ege, Karadeniz, Orta Kuzey, Akdeniz ve Orta Güney Bölgelerinde yetiştirilen bezelye, hem taze hem de kuru tane tüketim amacıyla değerlendirilmektedir (Ceyhan ve Önder, 2001; Özdemir, 2002). Dünya genelinde yıllık yaklaşık kuru tane olarak 14 milyon tonluk üretimle bezelye, baklagiller içerisinde nohut ve mercimekten sonra üçüncü sırada yer almaktadır. Türkiye’de ise 4000 ton bezelye üretilmektedir (FAO, 2023).

Bezelyenin tarımsal ve ekonomik önemi yalnızca verim potansiyeliyle değil, tane kalitesi ile de yakından ilişkilidir. Tüketici açısından kalite; görünüm, renk, lezzet ve pişme kolaylığıyla tanımlanırken sanayi açısından işlenebilirlik, su alma kapasitesi ve protein içeriği gibi parametreler öne çıkmaktadır. Özellikle tanelerin fiziksel özellikleri, hidrasyon davranışları ve kimyasal bileşenleri bezelye kalitesinin belirlenmesinde başlıca kriterlerdir (Karayel ve Bozoğlu, 2017; Santos ve ark., 2019; Wu ve ark., 2023).

Bezelye tanelerinde kalite büyük ölçüde genetik yapıya bağlı olup çevresel faktörler (iklim, toprak özellikleri, sulama ve gübreleme), hasat zamanı ve depolama koşulları da kalite unsurlarını önemli ölçüde etkilemektedir (Wang ve ark., 2010).

Kalite parametreleri arasındaki ilişkiler, hem ıslah programlarında hem de gıda endüstrisinde kullanılacak uygun genotiplerin seçiminde kritik öneme sahiptir. Örneğin, yüksek yüz tane ağırlığına sahip genotipler genellikle daha iyi görsel kalite sunarken, hidrasyon kapasitesi ve pişme süresi açısından bazı dezavantajlar gösterebilir. Benzer şekilde protein oranı yüksek çeşitlerde nişasta oranının görece düşük olması, teknolojik işleme açısından farklı sonuçlar doğurabilir (Karayel ve Bozoğlu, 2017; Gümüştaş ve Turan, 2022; Doğrusöz ve ark., 2023; Seydoşoğlu ve ark., 2023; Ozdemir ve ark., 2025).

Bu bağlamda bezelyede kalite özelliklerinin bütüncül biçimde değerlendirilmesi, hem yerel genetik kaynakların korunması ve ıslah edilmesi

hem de işleme sanayisinin gereksinim duyduğu standart kalitede hammaddenin temini açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bölümde bezelye tohumlarının kalite özellikleri; fiziksel kalite özellikleri, hidratasyonla ilişkili kalite parametreleri ve kimyasal bileşim olmak üzere üç ana başlık altında incelenecektir.

2. FİZİKSEL KALİTE ÖZELLİKLERİ

2.1. Bezelyede Yüz Tane Ağırlığı ve Tane Boyutu

Tohum boyutu genellikle yüz tane ağırlığı (YTA) veya tohum çapı gibi ölçütlerle ifade edilmekte olup buna karşın çap ve hacim dağılımlarına ilişkin veriler nadiren kullanılmaktadır. Yüz tane ağırlığı ve tohum boyutu, baklagillerde tane iriliği ve dolgunluğu hakkında bilgi veren temel fiziksel kalite göstergelerindendir. Bezelye taneleri büyüklüklerine göre; çapı 9.5 mm'den fazla olanlar (meyveleri sebze olarak tüketilen), 8.5–9.5 mm arasında olanlar (körpe bezelyeler), 7.5–8.5 mm arasında olanlar (orta-ufak bezelyeler), 7.0–7.5 mm arasında olanlar (ufak bezelyeler) ve 6.5–7.0 mm arasında olanlar (ekstra ufak bezelyeler) olmak üzere beş gruba ayrılmaktadır (Gülümser ve ark., 2008). Pazarlamada büyük öneme sahip olan tane iriliği, özellikle Türkiye'de tüketici tercihlerinde belirleyici faktörlerden biridir (Ceyhan ve ark., 2005; Karayel, 2012). Ancak, tane iriliği ile pişme süresi arasında pozitif bir ilişki bulunduğu da bildirilmektedir (Karayel ve Bozoğlu, 2017). Yani tane iriliği arttıkça pişme süresi de uzamaktadır.

Yüz tane ağırlığı; bitkinin genetik özellikleri, çevresel koşullar (sıcaklık, yağış, toprak nem, sulama ve gübreleme vb.), yetiştirme yılı ve hasat zamanı gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Göktaş ve İdikut, 2025). Özellikle olgunlaşma döneminde meydana gelen yüksek sıcaklık ve su stresi, tanelerin tam dolgunlaşmasını engelleyerek yüz tohum ağırlığını azaltmaktadır (Farooq ve ark., 2017; Khatun ve ark., 2021). Buna karşın uygun sulama ve dengeli gübreleme uygulamaları, tane dolgunluğunu artırarak yüz tohum ağırlığını olumlu yönde etkilemektedir (Metwaly, 2018; Yermko ve ark., 2024).

Yürütülen çalışmalarda bezelye genotipleri arasında yüz tane ağırlığının 7.4-36.4 g arasında değiştiği, iri taneli çeşitlerin genellikle taze tüketim, küçük taneli çeşitlerin ise kuru tane üretimi için değerlendirildiği

bildirilmektedir (Bozoğlu ve ark., 2007; Öz ve Karasu, 2010; Şimşek ve Ceyhan, 2015; Karayel ve Bozoğlu, 2017; Santos ve ark., 2019; Ton ve ark., 2022; Göktaş ve İdikut, 2025). Dolayısıyla yüz tane ağırlığı, hem tane verimi hem de pazarlanabilir kalite açısından ıslah ve seleksiyon çalışmalarında dikkate alınması gereken önemli bir morfolojik parametredir (Karayel ve Bozoğlu, 2009; Ton ve ark., 2022).

2.2. Tane Şekli ve Yüzey Dokusu

Bezelye tohumları genellikle küre şeklinde, köşeli, dolgun veya buruşuk yapıda olabilir. Tohum hücrelerindeki nişasta birikimi düzenli gerçekleştiğinde tohumlar dolgun ve yuvarlak biçim alırken nişasta oluşumunun ardından dekstrinlerin şekere parçalanması ve su kaybının meydana gelmesi durumunda buruşuk taneler oluşur. Bakla içerisindeki tohumların sıkışık gelişmesi ise köşeli tanelerin meydana gelmesine neden olur. Bezelye tohumları morfolojik özelliklerine göre beş grupta sınıflandırılmaktadır: (1) düz kabuklu ve küresel şekilli, (2) düz kabuklu yuvarlağımsı veya basık şekilli, (3) buruşuk yuvarlağımsı şekilli, (4) buruşuk mısır tanesi ya da omurga kemiği şekilli (5) buruşuk silindirik veya omurga kemiği şekilli formlardır (Gülümser ve ark., 2008).

Tohum yüzeyinin düz veya kırışık olması bezelyenin kullanım amacını belirlemede önemli bir kriterdir. Pürüzsüz ve yuvarlak tohumlar genellikle kuru tanelik bezelye üretiminde tercih edilmekte olup bu türler daha yüksek nişasta içeriğine ve daha düşük tatlılık düzeyine sahiptir. Buna karşılık, köşeli veya buruşuk tohumlar daha düşük nişasta içeriği taşır; ancak protein ve enerji bakımından zengin oldukları için hem hayvan yemi olarak hem de çeşitli gıda ürünlerinde kullanılmaktadır (Daba ve ark., 2024; Pandey ve ark., 2025). Yuvarlak tohumlu bezelyeler buruşuk tanelilere göre daha yüksek nişasta oranına, ancak daha düşük protein ve amiloz içeriğine sahiptir. Buruşuk bezelyeler ıslatma işlemi sırasında yuvarlak tohumlara kıyasla çok daha yüksek su emme kapasitesi göstermekte ve bu nedenle pişme süreleri de daha uzun olmaktadır (Klamczyńska ve ark., 2001; Daba ve ark., 2025;). Ayrıca, 100 tane ağırlığı bakımından yuvarlak tohumlu bezelyeler buruşuk formlardan daha yüksek değerlere sahiptir (Dakkak, 2016).

Bezelye tanelerindeki nişasta granüllerinin şekli de tohum morfolojisine bağlı olarak değişmektedir. Yuvarlak tohumlarda nişasta granülleri genellikle daire ya da hafif oval biçimde olup ortalarında uzunlamasına çatlaklar bulunur. Köşeli tohumlarda ise nişasta granülleri yıldız şeklindedir. Köşeli bezelye tanelerinin lezzeti yuvarlak tanelilere kıyasla genellikle daha iyi olarak değerlendirilir. Ancak, köşeli taneli bezelyelerle yapılan konservele nişastanın dekstrin ve şekere parçalanması sonucu fermentlerin etkisiyle konserve suyunda bulanıklık meydana gelebilmektedir. Bu durum özellikle bezelyelerin konserve işleminden önce bir süre bekletilmesiyle daha da belirgin hâle gelir ve konserve sanayinde istenmeyen bir özellik olarak kabul edilir. Buna karşılık yuvarlak taneli bezelyelerle hazırlanan konservele bu tür bulanıklık gözlenmemektedir (Akçin, 1988).

2.3. Tane rengi

Bezelyede tane rengi, hem genetik yapı hem de fizyolojik olgunluk, işleme kalitesi ve pazarlanabilirlik açısından önemli bir kalite parametresidir. Tane rengi; tohum kabuğu, kotiledon ve hilum (tohum göbeği) kısımlarındaki pigmentlerin miktarına ve dağılımına bağlı olarak değişmektedir. Bu pigmentler arasında klorofil, karotenoid, antosiyanin ve flavonoidler başta gelir (Wu ve ark., 2023). Bezelye tohumlarının rengi; krem, yeşil, gri, kahverengi veya üzeri benekli tonlarda olabilir (Özdemir, 2002). Tohumun iç kısmını oluşturan kotiledonun rengi, özellikle gıda amaçlı pazarlanan bezelye çeşitlerinde önemli bir kalite kriteridir (Santos ve ark., 2019). Sarı kotiledonlu bezelyeler genellikle taze sebze üretiminde tercih edilmez. Tohumlar olgunlaştıkça yeşil renklerini kaybederek sarı tonlara döner; ancak tam olarak olgunlaşmamışlarsa yeşil renklerini korurlar. Canlı ve zengin yeşil kotiledon rengine sahip taneler, özellikle insan tüketimi için değerlendirilen taze bezelye pazarında daha yüksek ekonomik değere sahiptir. Bununla birlikte güneş ışığına uzun süre maruz kalma, yeşil bezelyelerin renk pigmentlerini ağartarak sarımsı bir görünüm kazanmalarına neden olabilir (Pandey ve ark., 2025). Bezelye tohum kabuklarının (testa) rengi ise genotip ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Kabuğun rengi krem sarısı, açık yeşil, yeşil, ordu yeşili, koyu yeşil, kahverengi veya turuncu-kahverengi

tonlarında olabilir. Bu renk farklılıkları, flavonoidlerin biyosentezindeki çeşitlilik ile yakından ilişkilidir. Özellikle koyu renkli tohum kabuğuna sahip bezelye örneklerinde flavonoid, fitik asit ve tanen içeriği açık renklilere göre daha yüksektir (Huma ve ark. 2008; Wu ve ark., 2023).

3. PİŞME VE HİDRATASYON ÖZELLİKLERİ

Bezelye, hem bütün tane hem de tanenin kabuğu çıkarıldıktan sonra pişirilerek tüketilen, besin değeri yüksek bir baklagil türüdür. Pişirme süresi, doku, görünüm ve duyuşal özellikler bezelyenin pişirme kalitesini belirleyen temel parametreler arasında yer almaktadır. Pişirme öncesi uygulanan ıslatma işlemi, hem tanenin su alıp şişmesini sağlayarak pişirme süresini kısaltmaya hem de baklagilleri kullanımlarını kısıtlayan anti-besinsel faktörlerde (fitik asit ve tanen gibi) önemli bir azalmaya neden olur. Aşırı pişirme özellikle protein, mineraller ve toplam şeker gibi besin maddelerinde de azalmaya yol açtığından pişirme süresinin optimize edilmesi hem besin değeri hem de duyuşal kalite açısından önem taşımaktadır (Wang ve ark., 2003a; Huma ve ark., 2008; Kaur ve ark., 2009; Wu ve ark., 2023).

Bezelyede pişme süresi ve besinsel kaliteyi etkileyen temel hidrasyon özellikleri; su alma kapasitesi (SAK), su alma indeksi (SAİ), şişme kapasitesi (ŞK), şişme indeksi (Şİ) ve kabuk oranı (KO) gibi parametrelerle belirlenmektedir. Su alma kapasitesi tanelerin su alımı sonrası gram cinsinden ağırlık artışını (g/tane); su alma indeksi ise tane ağırlığına oranla alınan su miktarını ifade etmektedir. Benzer şekilde şişme kapasitesi tanelerin su alımı sonrası hacim artışını (ml/tane); şişme indeksi ise tane hacmine oranla alınan su miktarını göstermektedir (Karayel, 2012). Bu değerler tane kabuğunun geçirgenliği, nişasta granüllerinin su tutma kapasitesi ve hücre duvarı yapısal özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Dueholm ve ark., 2023; Elkoca ve ark., 2023;). Pişme süresi ile su alma ve şişme kapasitesi arasında genellikle pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Başka bir deyişle tanelerin su alma ve şişme kapasitesi arttıkça pişme süresi de uzamaktadır. Bu durum, özellikle tane büyüklüğü ve nişasta oranı ile ilişkilidir. Büyük ve nişasta içeriği yüksek taneler, daha yüksek hidrasyon özelliklerine sahip olduklarından pişme süreleri de daha uzundur (Karayel ve Bozoğlu, 2017). Bezelyede pişme süresinin 15-180 dakika; su alma kapasitesinin 0.05-0.41 g/tane; su alma

indeksinin %0.85-1.69; şişme kapasitesinin 0.02-1.29 ml/tane ve şişme indeksinin ise %0.62-2.60 arasında değişmektedir (Bishnoi ve Khetarpaul, 1993; Black ve ark., 1998a; Black ve ark., 1998b; Wang et al., 2003a; Singh et al., 2010; Karayel, 2011; Karayel, 2012).

Kabuk oranı (kabuk/kotiledon oranı), yemeklik tane baklagillerin besin kalitesi ile işleme ve pişirme özelliklerini belirleyen önemli bir faktördür (Sözen ve Karadavut, 2020). Kabuk oranı arttıkça protein, nişasta, yağ, vitamin ve mineral düzeyleri azalırken; selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi lifli bileşenlerin oranı artmakta ve sindirilebilirlik azalmaktadır. Bu nedenle düşük kabuk oranına sahip taneler daha yüksek besleyici değere sahiptirler (Sreerama ve ark., 2010; Zeffa ve ark., 2021). Tüketici açısından baklagillerde aranan temel özelliklerden biri, tanenin kabuğu ayrılmadan su alabilmesi ve kısa sürede pişebilmesidir. Kabuk oranının azalmasıyla su alma kapasitesi ve şişme oranı artmakta, pişme süresi kısalmaktadır (Wang ve ark., 2003b; Karayel, 2012). Ayrıca buruşuk taneli bezelyelerde kabuk oranının düz tanelilere göre daha yüksek olduğu ve bunun daha geniş yüzey alanından kaynaklandığı bildirilmektedir (Klamczynska ve ark., 2001). Bezelyede kabuk oranı 8.1-19.7 arasında değişmektedir (Kosson ve ark., 1994; Black ve ark., 1998a; Klamczynska ve ark., 2001; Karayel ve Bozoğlu, 2011; Karayel, 2012).

4. TANENİN KİMYASAL BİLEŞİMİ

4.1. Protein Oranı ve Kalitesi

Proteinler, amino asitlerden oluşan ve yapılarında azot bulunduran temel makro besin öğeleridir. Kas, doku, enzim, hormon ve hemoglobin sentezinde görev alarak organizmada yapısal ve işlevsel bütünlüğün korunmasına katkı sağlarlar. Enerji kaynağı olarak kullanılabilmelerine rağmen temel rolleri yapısal destek ve metabolik işlevlerin sürdürülmesidir. Proteinlerin vücut tarafından kullanılabilmesi için öncelikle amino asitlere parçalanmaları gerekmektedir. İnsan vücudu için 20 farklı amino asit bulunmakta olup bunların 12'si (çocuklarda 11'i) vücutta sentezlenebilirken, geri kalan esansiyel amino asitler (histidin, izolösin, lösin, lizin, metiyonin, fenilalanin, treonin, triptofan ve valin) besinlerle dışarıdan alınmalıdır. Esansiyel amino asitlerin yetersizliği, dokuların büyüme, onarım ve

yenilenme süreçlerini olumsuz yönde etkilemektedir (Hoffman ve Falvo, 2004; Lopez ve Mohiuddin, 2024).

Kuru bezelye proteini, amino asit bileşimi açısından özellikle yüksek lizin içeriğine sahipken kükürt içeren metiyonin ve sistein amino asitlerini düşük miktarlarda bulundurmaktadır (Dahl ve ark., 2012; Lu ve ark., 2020; Shanthakumar ve ark., 2022; Ahmad ve ark., 2023; Wu ve ark., 2023; Windson ve ark., 2024). Bu nedenle, metiyonin ve sistein bezelye proteininde sınırlayıcı amino asitler olarak tanımlanmaktadır. Bezelyede yüksek oranda bulunan lizin, tahıl tanelerinde sınırlı miktarda bulunmakta olup bezelyenin temel amino asit profili, tahılların amino asit kompozisyonunu tamamlayıcı niteliktedir. Protein kalitesi açısından bezelye proteini, soya, buğday ve pirinç proteinleriyle birlikte et analoglarının üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bezelye proteini; gıda ve ilaç endüstrileri ile besin takviyeleri, zenginleştirilmiş içecekler ve protein karışımları gibi çeşitli ürünlerin formülasyonunda değerlendirilmektedir (Kandemir ve Kavaklı, 2001; Fras ve ark., 2024).

Bezelye proteini, dört ana fraksiyondan (globulin, albümin, prolamin ve glutelin) oluşmaktadır. Bezelye tohumlarında başlıca depolama proteinlerini globulinler ve albüminler oluşturmakta olup toplam proteinin sırasıyla yaklaşık %55-65'ini ve %18-25'ini meydana getirirler (Park ve ark., 2010; Lu ve ark., 2020; Wu ve ark., 2023; Windsor ve ark., 2024). Albüminler sistein, metiyonin, triptofan ve treonin açısından zengin bir amino asit profiline sahipken; globulinler arginin, izolösin, lösin ve fenilalanin bakımından zengindir. Albümin fraksiyonu yüksek düzeyde kükürt içeren amino asitler içermesine rağmen kuru bezelyede albümin konsantrasyonunun nispeten düşük olması nedeniyle toplam kükürt içeren amino asit düzeyi sınırlı kalmaktadır (Windsor ve ark., 2024).

Bezelye proteini; düşük alerjenik potansiyeli, yüksek protein içeriği, ekonomik açıdan uygun maliyeti ve sürdürülebilir üretim özellikleri nedeniyle gıda endüstrisinde değerli bir bileşen olarak kabul edilmektedir. Çözünürlük, su ve yağ tutma kapasitesi, emülsiyon oluşturma ve jelleşme gibi çeşitli işlevsel özellikleri açısından da oldukça elverişlidir. Bu özellikleri sayesinde bezelye proteini, emülgatör veya kapsülleme malzemesi olarak kullanılabilmekte; ayrıca fırıncılık ürünleri, süt türevleri ve et ürünleri gibi

geniş bir ürün yelpazesinde değerlendirilmektedir (Burger ve Zhang, 2019; Daba ve Moris, 2022; Shanthakumar ve ark., 2022). Bezelye tanelerinde protein oranı %13.0-31.3 arasında değişim göstermektedir (Perez ve ark., 1993; Gülümser ve ark., 1994; Biçer ve Şakar, 1997; Zdunczyk ve ark., 1997; Karayel, 2012; Kaya, 2000; Ceyhan ve Önder, 2001; Maciejewicz-Rys ve Slusarczyk, 2001; Stanek ve ark., 2004; Timuroğlu ve ark., 2004; Tzitzikas ve ark., 2006; Kaur ve ark., 2009; Harmankaya ve ark., 2010; Park ve ark., 2010; Dahl ve ark., 2012; Mohammed ve ark., 2018; Burger ve Zhang, 2019; Lu ve ark., 2020; Daba ve Morris, 2022; Shanthakumar ve ark., 2022; Windsor ve ark., 2024; Gökteş ve İdikut, 2025). Bezelyede protein oranı, yüksek kalıtım derecesine sahip ancak genetik ilerleme oranı düşük bir özelliktir. Bu nedenle, seleksiyon çalışmalarında önemli bir kriter olarak değerlendirilebilir (Singh ve ark., 2003). Her ne kadar kalıtım derecesi yüksek olsa da protein oranı çevresel faktörlerden (ekim zamanı, gübreleme, aşılama, sulama vb.) önemli ölçüde etkilenmektedir (Kaya, 2000; Yemane ve Skjelvag, 2003b; Nikolopoulou ve ark., 2007; Dahl ve ark., 2012; Mohammed ve ark., 2018; Yeremko ve ark., 2024). Bu faktörler arasında özellikle ekim zamanı belirleyici bir role sahiptir. Genellikle kışlık ekimlerde vejetasyon süresinin uzun olması nedeniyle bitkilerde daha fazla kuru madde üretimi ve tanelerde birikimi gerçekleşmekte, bu durum protein oranının görece düşük görünmesine karşın yüksek tane verimi nedeniyle toplam protein veriminin artmasına neden olmaktadır. Buna karşılık erken ilkbahar ekimlerinde kısa vejetasyon süresi karbonhidrat birikimini sınırlamakta, bunun sonucunda tanede protein oranı artmakta ve kalite özellikleri ön plana çıkmaktadır (Biçer ve Şakar 1997; Karayel, 2012; Gökteş ve İdikut, 2025). Ayrıca, yağışın düşük olduğu lokasyon ve yıllarda bezelyede protein oranı artmaktadır (Nikolopoulou ve ark., 2007). Bunun yanında, buruşuk taneli bezelyeler düz tanelilere göre daha yüksek protein içeriğine sahiptirler (Klamczynska ve ark., 2001).

4.2. Karbonhidrat İçeriği

Bezelye tohumunda en bol bulunan karbonhidrat, nişastadır (Aggarwal ve ark., 2004). Bezelyede nişasta oranı %20.0-66.9 arasında değişmektedir (Klamczynska ve ark., 2001; Ratnayve ark., 2001;

Yemane ve Skjelwag, 2003; Wang ve Doun, 2004; Tzitzikos ve ark., 2006; Nikolopoulou ve ark., 2007; Dostolova ve ark., 2009; Şimsek ve ark., 2009; Wang ve ark., 2010; Wang ve ark., 2011; Dahl ve ark., 2012; Li ve ark., 2014; Mohammed ve ark., 2018; Dueholm ve ark., 2024; Windsor ve ark., 2024; Göktaş ve İdikut, 2025). Nişasta, amiloz ve amilopektinden oluşmaktadır. Amilozun amilopektine oranı, nişastanın sindirilebilirliğini etkiler. Bezelye nişastası, orta düzeyde amiloz içerdiği için enzimlere karşı daha dayanıklı (dirençli nişasta) ve daha yavaş sindirilen bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, bezelye nişastası tüketildiğinde kan şekeri daha yavaş yükselir, yani glisemik yanıtı düşüktür. Böylece uzun süre tokluk hissi sağlamaktadır. Ayrıca, baklagillerin nişastası genellikle zor sindirilir. Çünkü, hücre duvarları sağlamdır ve amilaz enzimleri nişastaya kolay ulaşamaz. Amilaz inhibitörleri, fitatlar ve fenolik bileşikler gibi bazı doğal maddeler sindirimi sınırlar, yüksek diyet lifi içeriği de sindirimi yavaşlatır (Dostalova ve ark., 2009; Dahl ve ark., 2012; Wu ve ark., 2023). Bezelye tanelerinin nişastalarında amiloz içeriği %17.2-76.8 arasında değişmektedir (Ratnayve ark., 2001; Wang ve Doun, 2004; Dostolova ve ark., 2009; Şimşek ve ark., 2009; Singh ve ark., 2010; Wang ve ark., 2011; Dahl ve ark., 2012; Karki, 2022; Wu ve ark., 2023). İnsanlar nişastayı çoğunlukla pişirilmiş veya işlenmiş gıdalar yoluyla tüketmektedir. Bu işlemler sonucunda nişastanın bir bölümü soğuma sırasında yeniden kristalleşerek sindirilemez hale gelir ve dayanıklı nişasta olarak adlandırılan bu form, yararlanılamayan karbonhidratların önemli bir bileşenini oluşturur. Dayanıklı nişasta, özellikle kolon kanseri başta olmak üzere bazı kanser türlerinin riskinin azaltılmasında ve bağırsak sağlığının korunmasında önemli işlevlere sahiptir. Tane baklagiller açısından zengin vejetaryen diyetler, doymuş yağ alımını azaltırken dayanıklı nişasta miktarını artırarak sindirim sistemi sağlığını desteklemektedir. (Wang ve ark., 2003a). Bezelye taneleri yüksek dayanıklı nişasta içerikleriyle dikkat çekmekte olup bu içeriğin büyük ölçüde amiloz oranı ile ilişkili olduğu bildirilmektedir. Amiloz oranı yüksek bezelye nişastalarının sindirime karşı daha dirençli olduğu belirtilmektedir. Bezelyede dayanıklı nişasta miktarı %2.1-17.7 arasında değişmektedir (Klaczynska ve ark., 2001; Dostalova ve ark., 2009; Santos ve ark., 2019; Windsor ve ark., 2024). Düz bezelyelerin nişasta içeriği buruşuk bezelyelerden daha yüksek, protein içeriği ise daha düşüktür.

(Klamczynska ve ark., 2001; Park ve ark., 2010). Buruşuk bezelye nişastası, yuvarlak bezelyeden daha fazla amiloz içerir ve bu yüksek amiloz oranı buruşuk tohumlu çeşitleri daha tatlı hale getirir (Kosson ve ark., 1994; El-Dakkak, 2016; Wu ark., 2023; Daba ve ark., 2025). Yüksek amiloz içeriği nedeniyle bezelye nişastası dikkat çekmekte olup et endüstrisinde konserve ürünler, sosis ve köfte gibi gıdalarda işlevsel bileşen olarak kullanılmaktadır (Aggarwal ve ark., 2004). Ayrıca bezelye nişastası yapıştırıcı ve karbon kağıdı üretiminde de kullanılmaktadır (Ratnayake ve ark., 2001).

4.3. Mineral ve Vitamin İçeriği

Elementler, yaşamın sürdürülmesi için gerekli çeşitli fiziko-kimyasal süreçlerde kritik rol oynayan inorganik bileşenlerdir. Kemik oluşumu, sinir iletimi, enzim aktivasyonu ve ozmotik denge gibi birçok biyolojik işlev için elzemdirler. Bu elementlerin yetersizliği, farklı düzeylerde fizyolojik bozukluklara ve sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. İnsan organizmasının düzgün şekilde işleyebilmesi için 22'den fazla elemente gereksinim duymaktadır (White ve Broadley, 2005). Bu elementler, organizmadaki gereksinim düzeylerine göre makro ve mikro elementler olarak iki ana grupta sınıflandırılmaktadır. Makro elementler; kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), potasyum (K), sodyum (Na), klorür (Cl), fosfor (P) ve kükürtü (S) içermektedir. Mikro elementler ise iyot (I), çinko (Zn), selenyum (Se), demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu), kobalt (Co), molibden (Mo), florür (F), krom (Cr) ve bor (B) gibi elementlerden oluşmaktadır (Gharibzahedi ve Jafari, 2017). Kül konsantrasyonu, ham bir parametre olmasına rağmen, tanenin mineral içeriğinin bir göstergesi olarak kabul edilir ve insan yaşamı için gerekli elementleri içerir (Mohammed ve ark., 2018). Mikro besin yetersizlikleri, özellikle gelişmekte olan ülkelerde yaygın olarak görülen ve küresel ölçekte önemli bir halk sağlığı sorunu olarak kabul edilmektedir. Bu durum, besin takviyesi, gıda zenginleştirme ve ürün çeşitlendirmeye yönelik stratejilerin geliştirilmesine neden olmuştur (Hacisalihoğlu ve ark., 2021). Baklagillerden özellikle de bezelye, mikro besinler bakımından zengin içeriğe sahip olması nedeniyle bu stratejilerde önemli bir potansiyele sahiptir. Bezelye yüksek protein ve lif oranının yanı sıra çinko, demir, magnezyum, fosfor, potasyum ve kalsiyum gibi mineraller açısından da değerli bir besin

kaynağıdır (Pekşen ve Artık, 2005; Karunakaran ve ark., 2020). Bezelyede kül % 1.1-3.7; K 322.0-5041.0 mg/100g; Mg 46.0-600.0 mg/100g, Ca 45.9-110.0 mg/100g, P 123.0-950.5 mg/100g, Fe 1.9-11.3 mg/100g, Cu 0.1-3.5 mg/100g, Zn 1.1-10.3 mg/100g, Mn 0.4-4.0 mg/100g arasında değişmektedir (Ceyhan ve Önder, 1999; Chavan ve ar., 1999; Yemane ve Skjelwag, 2003a; Koplik ve ark. 2004a; Koplik ve ark. 2004b; Wang ve Doun, 2004; Iqbal ve ark., 2006; Khattab ve ark., 2009; Harmankaya ve ark., 2010; Singh ve ark., 2010; Dahl ve ark., 2012; Karayel, 2012; Li ve ark., 2014; Karaköy ve Demirtaş, 2017; Mohammed ve ark., 2018; Nadeem ve ark., 2021; Ton ve ark., 2022; Windsor ve ark., 2024). Vitaminler yaşamın sürdürülmesi için gerekli birçok fizyolojik süreçte kritik rol oynayan, ancak yapısal işlevleri bulunmayan ve enerji sağlamayan besin öğeleridir. Bu organik bileşikler, temel olarak biyokimyasal reaksiyonların düzenlenmesinde görev almakta olup çeşitli dokularda gerçekleşen metabolik süreçlerde kofaktör veya düzenleyici olarak işlev görürler. Dolayısıyla eksiklikleri durumunda normal fizyolojik işlevişte çeşitli bozulmalar ortaya çıkmaktadır (Koşku, 2022). Çiğ baklagiller; tiamin (B1), riboflavin (B2), niyasin (B3) ve folat (B9) gibi B grubu vitaminler açısından oldukça zengin olup A, C ve E vitaminleri bakımından ise genellikle sınırlı düzeydedir (Pekşen ve Artık, 2005; Sarıoğlu ve Velioğlu, 2018; Kumar ve ark., 2021; Tekin ve Varlı, 2023). Tüm B vitaminleri suda çözünür yapıdadır (Vidal-Valverde ve ark., 2003). Bu nedenle aşırı pişirme, B vitamini içeriği üzerinde olumsuz etki yaratmakta olup vitaminler pişirme suyu ile birlikte kayba uğramaktadır. Basınç altında pişirme veya otoklav tipi pişirme yöntemleri ise vitamin kayıplarını en aza indiren en uygun pişirme teknikleri olarak değerlendirilmektedir (Pekşen ve Artık, 2005; Ada, 2020).

4.4. Antibesinsel Maddeler

Baklagil tohumlarındaki bileşiklerin bazıları besinleri bloke etme, metabolizmayı engelleme veya sindirimi azaltma ve besin öğelerinin emilimini önleyebilme yetenekleri nedeniyle insan tüketimi için toksik, tatsız veya anti-besleyicidirler. Baklagillerde yaygın olarak bulunan antibesinsel maddeler tripsin inhibitörü, kimotripsin inhibitörü ve alfa-amilaz inhibitörü gibi enzim inhibitörleri, lektinler, tanenler, fitik asit, oksalatlar, fenolik bileşikler, saponinler ve oligosakkaritlerdir (gaz yapıcı faktörler). Bu

maddelerin baklagillerin farklı bileşenlerindeki dağılımı da farklılık gösterir. Fitik asit, oligosakkaritler ve enzim inhibitörleri çoğunlukla baklagillerin kotiledonlarında yoğunlaşır. Tanenler ve fenolik bileşikler ise çoğunlukla baklagillerin tohum kabuğunda bulunur (Vidal-Valverde ve ark., 2003; Pekşen ve Artık, 2005; Kumar ve ark., 2021; Tekin ve Varlı, 2023). Baklagillerde bulunan anti-besinsel bileşiklerin çoğu ısıya duyarlıdır ve ıslatma, kabuk soyma, öğütme, pişirme, çimlendirme, fermentasyon ve çeşitli ısı işlemlerle önemli ölçüde azaltmaktadır (Patterson ve ark., 2010; Sarıoğlu ve Velioglu, 2018; Kumar ve ark., 2021). Bu işlemler bazı besin öğelerinde ve fitokimyasal bileşiklerde kayıplara yol açmasına karşın, protein biyoyararlanımı ve sindirilebilirliğini artırabilmektedir (Tekin ve Varlı, 2023).

Kaynaklar

- Ada, K. (2020). Kuru baklagillerin B1, B2 ve B3 vitaminlerinin pişirme kayıplarının ve in vitro gastrointestinal sistemde biyoerişilebilirliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, 57 s.
- Aggarwal, V., Singh, N., Kamboj, S.S., Brar, P.S. (2004). Some properties of seeds and starches separated from different Indian pea cultivars. *Food Chemistry*, 85(4), 585-590. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.07.036>
- Ahmed, H.G.M.D., Naeem, M., Faisal, A., Fatima, N., Tariq, S., Owais, M. (2023). Enriching the content of proteins and essential amino acids in legumes. In *Legumes biofortification* (pp. 417-447). Cham: Springer International Publishing.
- Akçin, A. (1988). Yemeklik Dane Baklagiller. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Biçer, B.T., Şakar, D. (1997). Diyarbakır koşullarında tane bezelye çeşitlerinde sulama ve ekim zamanının verim ve verim unsurlarına etkisi üzerine bir araştırma. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi, (22–25 Eylül 1997) s, 590-592.
- Bishnoi, S., Khetarpaul, N. (1993). Variability in physico-chemical properties and nutrient composition of different pea cultivars. *Food chemistry*, 47(4), 371-373. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(93\)90179-J](https://doi.org/10.1016/0308-8146(93)90179-J)
- Black, R. G., Brouwer, J. B., Meares, C., Iyer, L. (1998b). Variation in physico-chemical properties of field peas (*Pisum sativum*). *Food Research International*, 31(2), 81-86. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(98\)00057-X](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(98)00057-X)
- Black, R. G., Singh, U., Meares, C. (1998a). Effect of genotype and pretreatment of field peas (*Pisum sativum*) on their dehulling and cooking quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 77(2), 251-258. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199806\)77:2<251::AID-JSFA31>3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199806)77:2<251::AID-JSFA31>3.0.CO;2-S)

- Bozoglu, H., Peksen, E., Peksen, A., Gulumser, A. (2007). Determination of the yield performance and harvesting periods of fifteen pea (*Pisum sativum* L.) cultivars sown in autumn and spring. *Pak. J. Bot*, 39(6), 2017-2025.
- Burger, T.G., Zhang, Y. (2019). Recent progress in the utilization of pea protein as an emulsifier for food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 25-33. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.007>
- Ceyhan, E., Avcı, M.A., Mcphee, K.E. (2005). Konya ekolojik şartlarında kışlık olarak yetiştirilen bezelye genotiplerinin verim ve bazı tarımsal özellikleri. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi* 19 (37), (2005) 6-12.
- Ceyhan, E., Önder, M. (1999). Konya ekolojik şartlarında farklı ekim zamanlarının yemeklik bezelye (*Pisum sativum* L.) çeşitlerinde verim ve kalite üzerine etkileri, 3. Tarla Bitkileri Kongresi, Adana, Türkiye, Cilt III, Çayır-Mera Yem Bitkileri ve Yemeklik Tane Baklagiller, 377-382.
- Ceyhan, E., Önder, M. (2001). Farklı zamanlarda ekilen bezelye (*Pisum sativum* L.) çeşitlerinde verim ve kalite faktörleri ile bu özelliklerin korelasyonu ve path analizi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi)*, 15(26), 139-150.
- Chavan, U.D., Shahidi, F., Bal, A.K., McKenzie, D.B. (1999). Physico-chemical properties and nutrient composition of beach pea (*Lathyrus maritimus* L.). *Food Chemistry*, 66(1), 43-50. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00096-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00096-X)
- Daba, S.D., McGee, R.J., Finnie, S.M. (2025). Physicochemical, morphological, and digestibility properties of round and wrinkled pea starches. *Cereal Chemistry*, 102(3), 611-627. <https://doi.org/10.1002/cche.10880>
- Daba, S.D., Morris, C.F. (2022). Pea proteins: Variation, composition, genetics, and functional properties. *Cereal Chemistry*, 99(1), 8-20. <https://doi.org/10.1002/cche.10439>
- Daba, S.D., Panda, P., Aryal, U.K., Kiszonas, A.M., Finnie, S.M., McGee, R.J. (2024). Proteomics analysis of round and wrinkled pea (*Pisum sativum* L.) seeds during different development

- periods. *Proteomics*, 25(3), 2300363. <https://doi.org/10.1002/pmic.202300363>
- Dahl, W.J., Foster, L.M., Tyler, R.T. (2012). Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.). *British Journal of Nutrition*, 108 (S1), S3-S10. <https://doi.org/10.1017/S0007114512000852>
- Doğrusöz, M. Ç., Hakkoymaz, O., Başaran, U., Mut, H., & Gülümser, E. (2023). Çavdar ile macar fiği ve yem bezelyesinin karışık ekim sisteminde ot verimi ve kalitesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(2), 442-450.
- Dostálová, R., Horáček, J., Hasalová, I., Trojan, R. (2009). Study of resistant starch (RS) content in peas during maturation. *Czech J. Food Sci*, 27, S120-S124.
- Dueholm, B., Fonskov, J., Grimberg, Å., Carlsson, S., Hefni, M., Henriksson, T., Hammenhag, C. (2024). Cookability of 24 pea accessions—determining factors and potential predictors of cooking quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(6), 3685-3696. <https://doi.org/10.1002/jsfa.13253>
- El-Dakkak, A.A.A. (2016). Inheritance of Seeds Color and Some Economic Characters in Pea (*Pisum sativum* L.). *Journal of Plant Production*, 7(8), 829-835. DOI: 10.21608/jpp.2016.46182
- Elkoca, E., Aydoğan, C., Haliloğlu, K., Aydın, M. (2023). İspir kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) hatlarının tane kalite özellikleri yönünden karakterizasyonu. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 38(2), 353-372. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.1115743>
- FAO, 2023. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. 03.11.2025
- Farooq, M., Nadeem, F., Gogoi, N., Ullah, A., Alghamdi, S. S., Nayyar, H., Siddique, K.H. (2017). Heat stress in grain legumes during reproductive and grain-filling phases. *Crop and Pasture Science*, 68 (11), 985-1005. <https://doi.org/10.1071/CP17012>
- Fraś, A., Gzowska, M., Wiśniewska, M. (2024). Nutritional Value Evaluation of New Pea Genotypes (*Pisum sativum* L.) Based on Their Chemical, Amino Acids and Dietary Fiber Composition. *Molecules*, 29(21), 5033. <https://doi.org/10.3390/molecules29215033>

- Gharibzahedi, S.M.T., Jafari, S.M. (2017). The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 119-132. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.02.017>.
- Göktaş, K.E., İdikut, L. (2025). Bezelye (*Pisum sativum* L.) Çeşitlerinin Kalite Kriterlerine Ekim Zamanlarının Etkisi. *International Congresses of Turkish Science and Technology Publishing*, 387-394. <https://orcid.org/0000-0002-0685-7158>
- Gülümser, A., Bozoğlu, H., Pekşen, E. (2008). Yemeklik Baklagiller. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 27 (2. Baskı) Samsun.
- Gülümser, A., Seyis, F., Bozoğlu, H. (1994). Samsun ekolojik şartlarında kışlık ve yazlık olarak ekilen bezelye çeşitlerinin konservecilik özellikleri ile tane veriminin tespiti. EÜ ZF Tarla Bitkileri Bölümü Tarla Bitkileri Bilim Derneği TUBİTAK ve ÜSİGEM. Tarla Bitkileri Kongresi, 1, 25-29.
- Gümüştas, M., & Turan, N. (2022). Bazı tahılların farklı oranlarda yem bezelyesi (*Pisum sativum* L.) ile karıştırılarak silaj kalitesine etkisinin araştırılması. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(1), 118-130.
- Hacisalihoglu, G., Beisel, N.S., Settles, A.M. (2021). Characterization of pea seed nutritional value within a diverse population of *Pisum sativum*. *PloS one*, 16(11), e0259565. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259565>.
- Harmankaya, M., Özcan, M.M., Karadaş, S., Ceyhan, E. (2010). Protein and mineral contents of pea (*Pisum sativum* L.) genotypes grown in central Anatolian region of Turkey. *South West. J. Hortic. Biol. Environ*, 1, 159-165.
- Hoffman, J.R., Falvo, M J. 2004. Protein—which is best?. *Journal of sports science & medicine*, 3(3), 118.
- Huma, N., Anjum, M., Sehar, S., Issa Khan, M., Hussain, S. (2008). Effect of soaking and cooking on nutritional quality and safety of legumes. *Nutrition & Food Science*, 38(6), 570-577. <https://doi.org/10.1108/00346650810920187>

- Iqbal, A., Khalil, I. A., Ateeq, N., Khan, M.S. (2006). Nutritional quality of important food legumes. Food chemistry, 97(2), 331-335. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.011>
- Kandemir, N., Kavaklı, İ.H. (2001). Proteinler ve protein mühendisliği. Editörler: S Özcan, E Gürel & M Babaoğlu), Bitki Biyoteknolojisi, 2, 364-400. S. Ü. Vakfiakfı Yayınları, Konya, 364-400.
- Karaköy, T., Demirtaş, A. (2017). Sivas ekolojik koşullarında yetiştirilen Türkiye orijinli yerel bezelye (*Pisum sativum* L.) genotiplerinin bazı besin elementi içerikleri bakımından değerlendirilmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 14(2), 7-11. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.303254>
- Karayel R. (2012). Samsun'da ekilen bezelye genotiplerinin bazı fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve ıslah materyali olarak uygunluğunun değerlendirilmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Samsun.
- Karayel, R. Bozoğlu, H. (2011). Farklı yaştaki bezelye (*Pisum sativum* L.) tohumlarının bazı özellikleri ve çimlenme üzerine etkisi. IV. Tohumculuk Kongresi, Bildiriler Kitabı-2, Samsun, Türkiye, 14-17 Haziran 2011.
- Karayel, R., Bozoğlu, H. (2009). Bezelye (*Pisum sativum* L.) genotiplerinde korelasyon ve path analizi. Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi, 2, 19-22. 19-22 Ekim 2009, Hatay
- Karayel, R., Bozoğlu, H. (2017). Bezelye (*Pisum sativum* L.) genotiplerinin bazı fizikokimyasal özellikleri arasındaki ilişkiler. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 26, 92-98.
- Karki, S. (2022). Impact of Storage Conditions and Varieties on the Composition, Physical Properties, and Functionality of Dry Peas. South Dakota State University.
- Karunakaran, C., Vijayan, P., Stobbs, J., Bamrah, R.K., Arganosa, G., Warkentin, T.D. (2020). High throughput nutritional profiling of pea seeds using Fourier transform mid-infrared spectroscopy. *Food*

- Chemistry*, 309, 125585.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125585>.
- Kaur, S., Singh, N., Sodhi, N.S., Rana, J.C. (2009). Diversity in properties of seed and flour of kidney bean germplasm. *Food chemistry*, 117(2), 282-289. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.002>
- Kaya, M., Çiftçi, C.Y., Atak, M., Kaya, M.D. (2000). Winner bezelye (*Pisum sativum* L.) çeşidinde farklı aşılama yöntemleri azotlu gübre dozları ile ekim zamanlarının verim ve bazı özellikler üzerine etkileri. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, S 163.
- Khattab, R.Y., Arntfield, S.D., Nyachoti, C.M. (2009). Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments, Part 1: Protein quality evaluation. *LWT-food Science and Technology*, 42(6), 1107-1112. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.02.008>
- Khatun, M., Sarkar, S., Era, F.M., Islam, A.M., Anwar, M.P., Fahad, S., Datta R. Islam, A.A. (2021). Drought stress in grain legumes: Effects, tolerance mechanisms and management. *Agronomy*, 11(12), 2374. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122374>
- Klamczynska, B., Czuchajowska, Z., Baik, B.K. (2001). Composition, soaking, cooking properties and thermal characteristics of starch of chickpeas, wrinkled peas and smooth peas. *International Journal of Food Science & Technology*, 36(5), 563-572. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00486.x>
- Koplik, R., Komínková, J., Borková, M., Mestek, O., Kvasnička, F., Suchánek, M. (2004a). Effect of technological processing and maturity stage of seeds on the content and speciation of phosphorus and trace elements in peas. *Food Chemistry*, 87(3), 423-432. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.12.016>
- Koplik, R., Komínková, J., Borková, M., Mestek, O., Kvasnička, F., Suchánek, M. (2004b). Effect of technological processing and maturity stage of seeds on the content and speciation of phosphorus and trace elements in peas. *Food Chemistry*, 87(3), 423-432. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.12.016>

- Kosson, R., Czuchajowska, Z., Pomeranz, Y. (1994). Smooth and wrinkled peas. 1. General physical and chemical characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(1), 91-95.
- Koşkulu, R. (2022). Türkömp ulusal gıda kompozisyon veri tabanındaki tahıl, kuru baklagil ve yağlı tohumların protein kalitesinin belirlenmesi ve sağlıklı beslenme açısından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, 77 s.
- Kumar, Y., Basu, S., Goswami, D., Devi, M., Shivhare, U.S., Vishwakarma, R.K. (2022). Anti-nutritional compounds in pulses: Implications and alleviation methods. *Legume Science*, 4(2), e111. DOI: 10.1002/leg3.111
- Li, W., Xiao, X., Guo, S., Ouyang, S., Luo, Q., Zheng, J., Zhang, G. (2014). Proximate composition of triangular pea, white pea, spotted colored pea, and small white kidney bean and their starch properties. *Food and Bioprocess Technology*, 7(4), 1078-1087. DOI 10.1007/s11947-013-1128-2
- Lopez, M. J., Mohiuddin, S. S. (2024). Biochemistry, essential amino acids. In StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing. Metwaly, E. E., 2018. An attempt to mitigation of irrigation water deficit stress in pea (*Pisum sativum* L.) plants by phosphorus fertilizer. *Journal of Plant Production*, 9(1), 101-108.
- Lu, Z.X., He, J.F., Zhang, Y.C., Bing, D.J. (2020). Composition, physicochemical properties of pea protein and its application in functional foods. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(15), 2593-2605. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1651248>
- Maciejewicz-Rys, J., Slusarczyk, K. (2001). The chemical composition and nutritive value of protein of new pea varieties (*Pisum sativum* L.), *Roczniki Naukowe Zootechniki*, 28(2), 227-236.
- Mohammed, Y.A., Chen, C., Walia, M.K., Torrión, J.A., McVay, K., Lamb, P., Khan, Q. (2018). Dry pea (*Pisum sativum* L.) protein, starch, and ash concentrations as affected by cultivar and environment. *Canadian journal of plant science*, 98(5), 1188-1198. <https://doi.org/10.1139/cjps-2017-0338>

- Nadeem, M.A., Cilesiz, Y., Yüce, İ., Baloch, F.S., Karaköy, T. (2021). Macro and micronutrients diversity in the seeds of field pea germplasm. *Pak. J. Bot*, 53(5), 1655-1664. DOI: [http://dx.doi.org/10.30848/PJB2021-5\(3\)](http://dx.doi.org/10.30848/PJB2021-5(3))
- Nikolopoulou, D., Grigorakis, K., Stasini, M., Alexis, M.N., Iliadis, K. (2007). Differences in chemical composition of field pea (*Pisum sativum* L.) cultivars: Effects of cultivation area and year. *Food Chemistry*, 103(3), 847-852. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.035>
- Ozdemir, S., Seydosoglu, S., Kokten, K., & Cil, A. (2025). Fatty acid content and nutritional composition of seeds of certain Triticale varieties. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, 102(2).
- Öz, M., Karasu, A. (2010). Bazı bezelye (*Pisum sativum* L.) çeşitlerinin tohum verimi ve verim komponentlerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(1), 44-49.
- Özdemir S. (2002). Yemeklik Baklagiller. Hasad Yayıncılık LTD. ŞTİ. 142 s.
- Pandey, M., Mishra, S.N., Pandey, U., Ahmad, A., Prakash, J. Patel, R.K. (2025). A comprehensive review on phenotypic and agronomic characterization of field pea (*Pisum sativum* L.) in India. *Plant Archives*, 25(2), 881-888. doi: 10.51470/PLANTARCHIVES.2025.v25.supplement-2.110
- Park, S. J., Kim, T. W. Baik, B. K. (2010). Relationship between proportion and composition of albumins, and in vitro protein digestibility of raw and cooked pea seeds (*Pisum sativum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(10), 1719-1725. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4007>
- Patterson, C.A., Curran, J., Der, T. (2017). Effect of processing on antinutrient compounds in pulses. *Cereal Chemistry*, 94(1), 2-10. <http://dx.doi.org/10.1094/CCHEM-05-16-0144-FI>
- Pekşen, E., Artık, C. (2005). Antibesinsel maddeler ve yemeklik tane baklagillerin besleyici değerleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(2), 110-120.
- Perez, M.D., Chambers, S.J., Bacon, J.R., Lambert, N., Hedley, C.L., Wang, T.L. (1993). Seed protein content and composition of near-isogenic and

- induced mutant pea lines. *Seed Science Research*, 3(3), 187-194.
DOI: <https://doi.org/10.1017/S096025850000177X>
- Ratnayake, W. S., Hoover, R., Shahidi, F., Perera, C., Jane, J. (2001). Composition, molecular structure, and physicochemical properties of starches from four field pea (*Pisum sativum* L.) cultivars. *Food Chemistry*, 74(2), 189-202. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00124-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00124-8)
- Santos, C. S., Carbas, B., Castanho, A., Vasconcelos, M.W., Vaz Patto, M.C., Domoney, C., Brites, C. (2019). Variation in pea (*Pisum sativum* L.) seed quality traits defined by physicochemical functional properties. *Foods*, 8(11), 570. doi:10.3390/foods8110570
- Sarioğlu, G., Velioğlu, Y.S. (2018). Baklagillerin bileşimi. *Akademik Gıda*, 16(4), 483-496. DOI: 10.24323/akademik-gida.505547
- Seydoşoğlu, S., Baran, M. F., Turan, N., Alfarraj, S., & Albasher, G. (2023). Greenhouse gas emission and energy analysis of vetch (*Vicia sativa* L.) cultivation. *Journal of King Saud University-Science*, 35(3), 102541.
- Shanthakumar, P., Klepacka, J., Bains, A., Chawla, P., Dhull, S. B., Najda, A. (2022). The current situation of pea protein and its application in the food industry. *Molecules*, 27(16), 5354. <https://doi.org/10.3390/molecules27165354>
- Simsek, S., Tulbek, M. C., Yao, Y., Schatz, B. (2009). Starch characteristics of dry peas (*Pisum sativum* L.) grown in the USA. *Food chemistry*, 115(3), 832-838. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.093>
- Singh, N., Kaur, N., Rana, J.C., Sharma, S.K. (2010). Diversity in seed and flour properties in field pea (*Pisum sativum* L.) germplasm. *Food Chemistry*, 122(3), 518-525. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.02.064>
- Sözen, Ö., & Karadavut, U. (2020). Farklı lokasyonlarda yetiştirilen kuru fasulye genotiplerinin (*Phaseolus Vulgaris* L.) bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7 (4), 1205-1217.
- Sreerama, Y.N., Neelam, D.A., Sashikala, V.B., Pratape, V.M. (2010). Distribution of nutrients and antinutrients in milled fractions of

- chickpea and horse gram: seed coat phenolics and their distinct modes of enzyme inhibition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(7), 4322-4330. doi: 10.1021/jf903101k.
- Stanek, M., Zduńczyk, Z., Purwin, C., Florek, S. (2004). Chemical composition and nutritive value of seeds of selected pea varieties. *Veterinarija ir Zootechnika*, 28(50).
- Şimşek, D., Ceyhan, E. (2017). Inheritance of some agronomic characters in pea. *Journal of Agricultural Sciences*, 23(1), 34-41.
- Tekin, N., Varlı, S.N. (2023). Farklı Hazırlama ve Pişirme İşlemlerinin Kurubaklagillerin Besin Değeri Üzerine Etkisi. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 51(3), 100-108. DOI: <https://doi.org/10.33076/2023.BDD.1809>
- Timurağaoğlu, K.A. (2004). Ankara koşullarında yem bezelyesi hatlarında yem ve tane verimleri. *Journal of Agricultural Sciences*, 10(04) 457-461. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001025
- Ton, A., Mart, D., Karaköy, T., Türkeri, M., Torun, A.A., Anlarsal, A.E. (2022). Characterization of some local pea (*Pisum sativum* L.) genotypes for agro-morphological traits and mineral concentrations. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46(2), 245-256. <https://doi.org/10.55730/1300-011X.2975>
- Tzitzikas, E.N., Vincken, J.P., de Groot, J., Gruppen, H., Visser, R.G. (2006). Genetic variation in pea seed globulin composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(2), 425-433.
- Vidal-Valverde, C., Frias, J., Hernández, A., Martín-Alvarez, P.J., Sierra, I., Rodríguez, C., Blázquez, I. Vicente, G. (2003). Assessment of nutritional compounds and antinutritional factors in pea (*Pisum sativum*) seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(4), 298-306. DOI: 10.1002/jsfa.1309
- Wang, N., Daun, J.K. (2004). The chemical composition and nutritive value of Canadian pulses. *Canadian Grain Commission Report*, 28, 19-29.
- Wang, N., Daun, J.K., Malcolmson, L.J. (2003b). Relationship between physicochemical and cooking properties, and effects of cooking on antinutrients, of yellow field peas (*Pisum sativum* L.). *Journal of the*

- Science of Food and Agriculture, 83(12), 1228-1237. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1531>
- Wang, N., Hatcher, D. W., Warkentin, T. D., Toews, R. (2010). Effect of cultivar and environment on physicochemical and cooking characteristics of field pea (*Pisum sativum* L.). Food Chemistry, 118(1), 109-115. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.082>
- Wang, S., Sharp, P., Copeland, L. (2011). Structural and functional properties of starches from field peas. Food Chemistry, 126(4), 1546-1552. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.11.154.
- Wang, T.L., Domoney, C., Hedley, C.L., Casey, R., Grusak, M.A. (2003a). Can we improve the nutritional quality of legume seeds?. Plant Physiology, 131(3), 886-891. <https://doi.org/10.1104/pp.102.017665>
- White, P.J., Broadley, M.R. (2005). Biofortifying crops with essential mineral elements. Trends in plant science, 10(12), 586-593. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2005.10.001>.
- Windsor, N., Boatwright, L., Boyles, R., Bridges, W., Rubiales, D., Thavarajah, D. (2024). Characterizing dry pea (*Pisum sativum* L.) for improved nutritional traits and the potential for biofortification. Legume Science, 6(3), e250. <https://doi.org/10.1002/leg3.250>
- Wu, D.T., Li, W.X., Wan, J J., Hu, Y.C., Gan, R.Y., Zou, L. (2023). A comprehensive review of pea (*Pisum sativum* L.): chemical composition, processing, health benefits, and food applications. Foods, 12(13), 2527. <https://doi.org/10.3390/foods12132527>
- Yemane, A., Skjelvåg, A.O. (2003). Physicochemical traits of Dekoko (*Pisum sativum* var. abyssinicum) seeds. Plant Foods for Human Nutrition, 58(4), 275-283.
- Yeremko, L., Hanhur, V., Staniak, M. (2024). Effect of mineral fertilization and seed inoculation with microbial preparation on seed and protein yield of pea (*Pisum sativum* L.). Agronomy, 14(5), 1004. <https://doi.org/10.3390/agronomy14051004>

- Zdunczyk, Z., Godycka, I., Amarowicz, R. (1997). Chemical composition and content of antinutritional factors in Polish cultivars of peas. *Plant Foods for Human Nutrition*, 50(1), 37-45.
- Zeffa, D.M., Nogueira, A.F., Buratto, J.S., Oliveira, R.B.R.D., Neto, J.D.S., Moda-Cirino, V. (2021). Genetic variability of mineral content in different grain structures of bean cultivars from Mesoamerican and Andean gene pools. *Plants*, 10(6), 1246. <https://doi.org/10.3390/plants10061246>

BÖLÜM 4

Bezelye (*Pisum sativum* L.) ÜRETİMİNDE KARŞILAŞILAN BİYOTİK VE ABİYOTİK HASTALIKLAR İLE YÖNETİM STRATEJİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Hale GÜNAÇTI¹

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18101411>

¹ Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Sivas, E-mail: hale.gunacti@sivas.edu.tr, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5587-1845>

Giriş

Baklagiller familyasına ait bezelye (*Pisum sativum* L.), hem besin değeri hem de tarımsal ekosistemlere sağladığı katkılar nedeniyle stratejik bir üründür. Yüksek protein, vitamin ve mineral içeriği ile insan beslenmesinde değerli bir gıda kaynağı olup, aynı zamanda azot fiksasyonu yoluyla toprak verimliliğini artırarak sürdürülebilir üretim sistemlerine katkıda bulunur (Sözen ve Uçar, 2022). Türkiye'nin farklı ekolojik bölgelerinde yetiştirilebilmesi, bu bitkinin ekonomik açıdan da önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Ancak bezelye tarımı, farklı biyotik ve abiyotik stres faktörlerinin etkisi altında kalmakta ve bu durum üretim verimliliğini sınırlamaktadır.

Üretimde karşılaşılan biyotik stresler arasında özellikle fungal, bakteriyel ve viral hastalıklar öne çıkmaktadır. Kök çürüklükleri, külleme, antraknoz ve bakteriyel yanıklık gibi hastalıklar çoğu zaman ciddi ürün kayıplarına neden olmaktadır. Ayrıca, bazı virüs etmenleri de bitki gelişimini olumsuz etkileyerek hem verimi hem de kaliteyi düşürmektedir (Soylu ve Derviş, 2011). Abiyotik stres faktörlerinden kuraklık, yüksek-düşük sıcaklık, tuzluluk ve besin elementlerindeki dengesizlikler bitkinin gelişimini sınırlandırarak ürün miktarı ve kalitesini olumsuz etkilemektedir. Küresel iklim değişikliği ile birlikte bu tür çevresel baskıların artması, Türkiye gibi kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer alan ülkelerde bezelye tarımını daha kırılgan hale getirmektedir (Rubiales ve ark.,2015).

Bu nedenlerle, bezelye yetiştiriciliğinde sürdürülebilir bir üretim için entegre yönetim stratejilerinin uygulanması gerekmektedir. Hastalıklarla ve stres faktörleriyle mücadelede; dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi, kültürel, biyolojik ve kimyasal kontrol yöntemlerinin dengeli kullanılması kritik öneme sahiptir. Bu bölümde, bezelye üretiminde karşılaşılan başlıca biyotik ve abiyotik stres faktörleri ayrıntılı olarak ele alınmış ve mevcut yönetim stratejileri güncel bilimsel veriler ışığında tartışılmıştır.

Fungal Hastalık Etmenleri

1.Bezelyede Antraknoz *Mycosphaerella pinodes* (*Ascochyta pinodes*)

Bezelye antraknoz hastalığı, yıllara ve çevre şartlarına göre değişmekle birlikte bezelye yetiştiriciliği yapılan tüm alanlarda az ya da çok her yıl

görülmektedir. Antraknoz hastalığı çevre ve iklim koşullarının hastalığın gelişimi için uygun olduğu yıllarda ekonomik olarak önemli zararlar meydana getirirler (Wallen,1974). Bezelyede görülen yaprak leke hastalıkları içerisinde en sık rastlanan antraknoz hastalığı, *Ascochyta pinodes* (*Mycosphaerella pinodes*) olmak üzere *A. pisi* ve *A. pinodella* türlerinin neden olduğu fungal hastalıktır. Etmenler tohumda, bitki artıklarında ve toprakta sklerotium veya konidyum aracılığıyla yayılır (Jones, 1927). Hastalık, özellikle ilkbaharda yağışın bol ve nemli geçtiği yıllarda bezelyede %15-20 ürün kaybına neden olmaktadır. Bu ürün kayıpları bazı yıllarda %50'ye ulaşmaktadır (Göncüoğlu ve Yılmaz, 2018; Gümüş ve ark., 2023).

1.1.Hastalık Belirtileri

Hastalık nedeniyle bezelye yaprak, sap ve kapsüllerin yüzeyinde küçük mor renkli lekeler oluşur. İğne ucu büyüklüğündeki lekeler, birleşerek koyu kenarlı, çökük oval lekelere dönüşebilir. Ağır şekilde enfekte olmuş genç meyve kapsülleri buruşur; bu durum bezelyenin işleme kalitesini düşürür. Lezyonlar yapraklar ve kapsüller üzerinde oval şekilli, saplarda ise uzamış biçimdedir (Hare ve Walker, 1944). Bu lezyonlar genellikle birleşerek gövdeyi kaplayabilir. Hastalık belirtileri, bitkinin toprak üstü tüm aksamalarında görülmekle birlikte çıkış öncesinde tohum çürüklüğü ve çıkış sonrasında ise fide kök boğazı çürüklüğüne de neden olabilmektedir.



1.2.Mücadelesi

Hastalıkla mücadelede temiz, sertifikalı tohumluk kullanmak, hastalığın konukçusu olamayan kültür bitkileri ile 3–4 yıllık bir ekim nöbeti

yapılması, aşırı sulamadan ve yaprak ıslaklığına neden olan sulama şekillerinden kaçınmak, hastalıklı bitki artıkları tarladan uzaklaştırılıp imha edilmesi önerilen kültürel mücadele yöntemleridir (Hagedorn, 1991). Hastalıkla kimyasal mücadelede ruhsatlı fungusitler ile yeşil aksam ilaçlaması yapılması önerilmektedir. Bunun için, yeşil aksam ilaçlamasında, hastalığın her yıl görüldüğü üretim alanlarında, günlük ortalama sıcaklığın 15-20°C ve nisbi nemin %80 ve üzerine çıktığı yağışlı dönemlerde koruyucu olarak ilaçlamaya başlanmalıdır. Hastalığın her yıl görülmediği alanlarda ise, çiçeklenme döneminde bitkinin yaşlı alt yaprakları üzerinde ilk belirtilerin görülmesiyle mücadeleye başlanır. İlaçlamalara çevre koşulları ile hastalığın durumuna bağlı olarak devam edilebilir (Göncüoğlu ve Yılmaz, 2018).

2.Septoria Leke Hastalığı (*Septoria pisi*)

Bezelyede *Septoria* leke hastalığı, bitkinin alt yapraklardan başlayan zamanla tüm bitkiye yayılan *Septoria pisi* ve *Septoria flagellifera*'nın neden olduğu fungal bir hastalıktır (Cruickshank, 1949). Etmenler kışı hastalıklı bitki artıklarında ve tohumda geçirirler. Hastalık, nemli ve ılık iklimlerde hızla yayılır; özellikle sıçrayan yağmur damlaları ile alt yapraklardan yeni bitkilere bulaşır.

2.1. Hastalık Belirtileri

Hastalığın en tipik belirtisi, yapraklar üzerinde oluşan küçük, yuvarlak veya düzensiz şekilli lekelerdir. Başlangıçta açık kahverengi ya da grimsi renkli olan bu lekeler zamanla koyulaşır. Hastalık ilerledikçe lekeler birleşerek büyür. Nemli hava koşullarında fungusun siyah renkli piknitlerinin görmek mümkündür (Melhus, 1913). *Septoria* leke hastalığı yapraklar, gövde ve baklada hastalık belirtisi oluşturur. Gövde lezyonları bitkinin zayıflamasına ve bitki gelişiminin yavaşlamasına yol açar (Zaumeyer, 1942). Baklalarda oluşan lekeler tohum kalitesini ve ticari değerini önemli ölçüde düşürür. Özellikle yağışlı bölgelerde hastalık hızla yayılabilir ve verim kayıpları %20–30 seviyelerine ulaşabilir.

2.2.Mücadelesi

Hastalığın konukçusu olmayan bitkilerle ekim nöbeti yapılması önerilir.

3.Bezelye Mildiyö Hastalığı (*Peronospora viciae*)

Hastalık etmeni fungus (*Peronospora viciae*) tohumda, toprakta ya da bitki artıkları üzerinde oospor formunda yaşamını sürdürür (Campbell, 1935). Hastalıkla bulaşık tohumlar çoğunlukla çimlenemezler. Bu nedenle, toprakta bulunan oosporlar ilk enfeksiyon kaynağı olarak önemlidir. İlkbahar-yaz geçiş döneminde, serin ve nemli koşullar altında epidemiler oluşabilir (King ve Gane, 1962; Hagedorn,1974). Hastalık özellikle serin havalarda, yağmur damlaları veya rüzgâr yoluyla sağlıklı bitkilere yayılır.

3.1.Hastalık Belirtileri

İlk belirtiler fide döneminde, yaprağın üst yüzeyinde, düzensiz küçük sarımsı lekeler şeklinde alt yüzeyinde ise gri renkli misel kitlesi olarak görülür. İlerleyen dönemlerde yapraktaki lekelerin rengi koyulaşır ve kurur, bitkiler solar sararır. Bitki bodurlaşır.



Hastalık, kapsüllerde sarımsı kahverengi nekrotik lekeler şeklinde görülür. Bu lekeler içe çökük olabilir. Kapsül iç yüzeyinde beyaz, keçe benzeri bir doku oluşabilir. Lekeli bezelyeler küçük kalır (Snyder, W.C. 1934; Tagem, 2008).

3.2.Mücadelesi

Temiz tohumluk kullanılmalı, hastalığın konukçusu olmayan bitkilerle 2 yıllık ekim nöbeti uygulanmalıdır. Sık ekimden ve aşırı sulamadan kaçınmak ve hastalıklı bitki artıklarını toplamak önerilen diğer kültürel mücadele yöntemleridir. Hastalıkla kimyasal mücadelede ekimden tohum ilaçlaması

yapılmalıdır (Hubbeling, N. 1975; Miller ve deWhalley, 1981). Hastalığın her yıl görüldüğü üretim alanlarında, günlük ortalama sıcaklığın 15°C ve nisbi nemin %80'nin üzerine çıkması durumunda yeşil aksam ilaçlaması da önerilmektedir.

4.Bezelye Külleme Hastalığı (*Erysiphe pisi*)

Külleme hastalığı dünyada bezelye tarımının yapıldığı tüm bölgelerde görülmekte ve çevre şartları hastalığın gelişmesi ve yayılmasına uygun olduğu zaman önemli verim kayıplarına yol açmaktadır. Bezelyede külleme hastalığına neden olan başlıca etmen, *Erysiphe pisi*'dir (Crawford, 1927). Bu fungus, bitki yaprak ve saplarının yüzeyinde konidiler ve miselyum oluşturarak yayılır. Hastalık özellikle gündüzleri sıcak ve kurak ve gecelerin soğuk olduğu zaman daha fazla ürün kaybına neden olmaktadır.

4.1.Hastalık Belirtileri

Hastalık bitki başına bakla sayısı, her bir bakladaki tohum sayısı ve baklanın boyu, bitki boyu, boğumların sayısı ve aralarındaki mesafe ve verimde önemli düşüşler meydana getirmekte, tohumların ve meyvenin kalitesini ve besin değerini düşürmektedir (Gritton ve Hagedorn, 1971). Bitkilerde hastalığın ilk belirtileri olgun yapraklar üzerinde renksiz lekeler şeklinde ortaya çıkmaktadır. Lekeler zamanla krem-beyaz renk alarak tüm yaprak yüzeyini kaplar. Daha sonra hastalık genç yapraklara, gövdeye, çiçeklere ve varsa meyvelere yayılabilir. *Erysiphe pisi*, hastalıklı bitki kalıntılarında ve ara konukçularda kışı geçirir. Hava hareketleri ile yayılır (Reeser ve ark. 1983). Külleme hastalığı kuru ve serin iklimlerde daha yaygın görülür; özellikle gece ile gündüz sıcaklık farklarının yüksek olduğu dönemlerde yayılımı hızlanır. Ayrıca, sık dikim, hava sirkülasyonunun yetersizliği ve gölge alanlar da hastalığın gelişimini kolaylaştıran çevresel etkenler arasındadır. Yoğun enfeksiyon durumlarında genç bitkiler bodur kalabilir ve gelişim göstermez. Bazı durumlarda kapsüller üzerinde de lezyonlar meydana gelir. Hastalık şiddetli seyrettiğinde, ürün kalitesi ve verimi önemli ölçüde düşer (Tonguç ve ark. 2009).



Photo:<https://share.google/images/AJ9CH0SWFDOX4MzGu>

4.2.Mücadelesi

Külleme hastalığının mücadelesinde kültürel önlemlerden erken ekim, damlama ve yağmurlama sulama sistemi uygulamaları, dayanıklı çeşitlerin ıslahı ve kullanımı önerilmektedir.

5.Gri Küf (*Botrytis cinerea*)

Gri küf hastalığına neden olan *Botrytis cinerea*, çok geniş bir konukçu dizisine sahip nekrotrofik bir fungustur. Etmen, kışı bitki artıklarında, toprakta veya mekanik yaralı dokularda sklerotiyum ve miselyum formunda geçirir. *Botrytis cinerea*, çiçeklere rüzgarla taşınan veya sıçrayan sporlarla ya da bitki kalıntılarına temas eden yapraklarda büyüyen miselyum yoluyla bezelye bitkilerini enfekte edebilir (Ford ve Haglund,1963). İlkbahar ile sonbahar geçiş dönemlerinde, serin ve yüksek nemli ortamlar, özellikle yağmur damlaları veya sulama suyu ile yaralanan bitki dokularına kolayca bulaşır. Çiçeklenmeden önce ve çiçeklenme sırasında potasyum eksikliği, bitkiyi daha duyarlı hale getirebilir (Wijngaarden ve Ellen, 1968).

5.1.Hastalık Belirtileri

En çarpıcı ve ekonomik açıdan önemli belirtiler yaprak sap ve kapsülde görülür. Fungus daha sonra genç kapsülün içine doğru yayılır ve 2 cm çapa kadar oval veya yarım daire biçiminde bir lezyon oluşturur (Tagem 2022). Başlangıçta bu lezyon suyla ıslanmış gibi görünür, ancak kısa sürede yüzeyde gelişen çok sayıda meyve yapısından dolayı griye döner. Zamanla fungusun sert, siyah, tohum benzeri sklerotları oluşur.

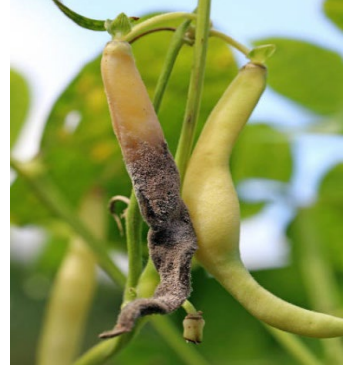


Photo: <https://share.google/images/xPIHJ9gMXnO6F9UP4>

5.2.Mücadelesi

Ürün rotasyonu yapılmalı ve uygun şekilde gübreleme yapılmalıdır. Dayanıklı bezelye çeşidi henüz bilinmemektedir.

6.Bezelyede Kök Çürüklüğü ve Çökerten Hastalığı

Bezelyede kök çürüklüğü çökerten hastalığı, başlıca *Aphanomyces euteiches* f. sp. *pisi*, *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp. ve *Phytophthora* spp.gibi toprak kökenli patojenler tarafından oluşturulur (Jones ve Drechsler, 1925; Hare, 1949; Sherwood ve Hagedorn, 1958, Sherwood ve Hagedorn 1962; Genç ve ark.2022). Bu etmenler, tohum çürüklüğü ve toprak üstü fidede çökme şeklinde iki ana formda etki gösterir. Hastalık oluşumunda kritik faktörler arasında yağışlı ve drenajı zayıf toprak koşulları, düşük sıcaklıklar ve kök çevresinde uzun süreli nem birikimi yer alır. Hastalık gelişimi genellikle serin, nemli ve drenajı zayıf topraklarda yaygındır. Yoğun toprak nemi, aşırı sulama, sıkışık yapılar, düşük oksijen ve kötü havalandırma koşulları hastalık riskini artırır Ayrıca, tohumların nemli ortamda muhafaza edilmesi, çürüklük riskini yükseltir.



Photo: <https://share.google/images/DGSa04gMYz8bt9Xi3>

6.1. Hastalık Belirtileri

Hastalık, çıkış öncesi ve sonrası görülür. Bitkiler ya topraktan çıkış yapamaz ya da toprakla temas eden kök boğazlarından itibaren yatar ve ölür. Gerek çıkış öncesi gerek çıkış sonrası meydana gelen bu ölümler sonucu tarlada ocaklar halinde boşluklar meydana gelir. Belirtiler, özellikle fide çıkışından sonraki dönemlerde alt gövde ve kök yüzeyinde uzun, yumuşak, suyla ıslanmış alanlar şeklindedir (Gritton, 1990; Kraft, 1988). Hastalık yan kökleri öldürdüğü için, bitki çekildiğinde sadece ana kazık kökün su ve besin iletimi sağlayan dokuları sağlam kalır. Hastalıklı bitkiler bodur kalır ve zayıflar; sararır ve erken ölür.

6.2. Mücadelesi

Uzun süreli ekim nöbeti yapılmalı, tarla drenajına ve sulamaya dikkat edilmelidir. Dayanıklı çeşitler ve sertifikalı tohumlar kullanılmalıdır.

7. *Fusarium* Kök Çürüklüğü

Fusarium kök çürüklüğü, *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* ve *F. solani* f. sp. *pisi* gibi patojenlerin neden olduğu yaygın bir hastalıktır (Jones, 1923; Hagedorn, 1960; Lockwood ve Ballard, 1960.). Etmenler hem tohumdan hem de toprak içindeki miselyum aracılığıyla bulaşır. Sertikalı olmayan tohumlar, bulaşık toprak enfeksiyon riskini artırır. Hastalık genellikle yağışlı ve drenajı zayıf topraklarda, düşük sıcaklıklarda (10–20 °C arasında) daha yaygındır; buna karşın ciddi çürüklük sıcak (25–30 °C) ve nemli koşullarda da hızlanabilir (Kraft ve Roberts, 1970; Tagem 2022). Özellikle fide çıkış

döneminde patojenler, kök çevresine yerleşerek bitkinin su vebesini alımını engeller.

7.1.Hastalık Belirtileri

Hastalığın ilk belirtisi, kılcal köklerde görülen ince, açık kahverengi lekeler şeklindedir. Bu lekeler zamanla büyür ve koyu kahverengi renge döner. İletim demetleri ile kök boğazında da kahverengi bir renk değişikliği görülebilir. Hastalıklı bitkiler bodur kalır, hasta bitkiler solur ve ölürler.

7.2.Mücadelesi

Ürün rotasyonu yapılmalı. Dayanıklı çeşitler ve sertifikalı tohumlar kullanılmalıdır.

Bakteriyel Hastalık Etmenleri

1.Bakteriyel Yanıklık Hastalığı *Pseudomonas syringae* pv. *pisi*, *P. syringae* pv. *syringae*

Bakteriye yanıklık hastalığı, bezelye yetiştiriciliği yapılan tüm alanlarda görülür. Hastalığa neden olan patojenler *Pseudomonas syringae* pv. *pisi*'dir; ayrıca *P. syringae* pv. *syringae* bulaşık tohumla yayılır (Sackett, 1916; Ludwig, 1926; Skoric, 1927; Hagedorn ve Wade, 1964). Fasulye bakteriyel kahverengi leke etmeni, *Pseudomonas syringae* pv. *phaseoli* de bezelyelerde bakteriyel yanıklık belirtilerine neden olabilir. Hastalık tohumla taşınır. Çimlenmeyi takiben nemli, serin ilkbahar koşullarında çiçeklenme öncesi fidelerde belirti göstermeye başlar. Özellikle don veya dolu hasarı gibi stres olayları sonrası, bakterinin bitkiye girişini kolaylaştırır.

1.1. Hastalık Belirtileri

Hastalık belirtileri bitkinin tüm toprak üstü tüm aksamında görülür. Belirtiler başlangıçta küçük, su emmiş, zeytin yeşili renge düzensiz lekeler şeklindedir. Bu lekeler zamanla birleşir kahverengiye döner. Hastalıktan etkilenen yapraklar zamanla incelenerek kağıt gibi olurlar. Bitkinin alt kısımlarında çökme, solgunluk ve bazen de bitkinin yanmış gibi görünmesine ve tamamen kurumasına neden olabilir. Belirtiler meyve kapsüllerinde de benzer şekilde su emmiş lekeler şeklinde gözlenir ve ilerleyen dönemde koyu

kahverengine dönüşür. Nemli koşullarda kapsüllerdeki lekelerin içinden bakteriyel akıntılar dışarıya sızar (Akça ve ark., 2019).



Photo: <https://share.google/images/Tc1IgjAHmTQa12eYJ>

Hastalık etmeni kışı, enfekte olmuş bitki kalıntılarında ve tohum kabuğunda geçirir. Bu nedenle hastalıklı bitki atıklarının tarladan toplanarak uzaklaştırılması kültürel mücadele de oldukça önemlidir. Yağmur ya da sulama sırasında sıçrayan su hastalığın yayılmasında önemli bir faktördür (Taylor, 1972; Tagem 2014). Serin, kapalı ve yüksek nemli hava koşulları hastalığın gelişimini teşvik eder. Sıcak ve kuru koşullar ise hastalığın ilerlemesini yavaşlatır.

1.2. Mücadelesi

Sağlıklı tohumlar kullanılmalı ve konukçu olmayan bitkilerle en az üç yıllık bir ekim nöbeti uygulanmalıdır. Hastalıklı bitki artıkları tarladan uzaklaştırılmalıdır. Varsa hastalığa dayanıklı çeşitler tercih edilmelidir.

Bezelye Virüs Hastalıkları

1. Bezelye Enasyon Mozaik Virüs Hastalığı Pea Enation Mosaic (PEMV)

Enasyon mozaik, dünyanın bezelye yetiştirilen bazı bölgelerinde önemli olmakla birlikte ABD’de bezelyelerde görülen en önemli virüs hastalığıdır (Wikipedia, 2025).

1.1. Hastalık Belirtileri

Hastalığın en önemli belirtisi, yaprakların alt yüzeyinde ve kapsüller üzerinde oluşan kabarcık benzeri çıkıntılardır. Enfekte kapsüller aşırı

derecede şekilsiz ve küçük kalır. Hastalıklı bitkiler erken ölebilir. Bezelye enasyon mozaik virüsü, üçgüllerde ve burçaklarda kışı geçirir ve yaprak bitleriyle yayılır. Virüs, bezelye yaprak bitinde kalıcıdır: yaprak biti defalarca beslenebilir ve virüsü sekiz güne kadar taşıyabilir. Virüs belirtileri genellikle 22°C sıcaklıkta tipiktir ve sıcaklık 30°C ve üzerine çıktığında gizlenir (Schroeder ve Barton, 1958; Ruppel ve Hagedorn, 1963; Hagedorn ve Hampton, 1975).



Photo:<https://share.google/images/aMyfzg95rD3RmPcLG>

1.2.Mücadelesi

Vektör yaprak bitleri ile mücadele edilmelidir. Bitki başına yaprak biti popülasyonu ikiye ulaştığında insektisit uygulanmalıdır.

2.Bezelye Sarı Mozaik Virüsü Pea Yellow Mosaic Virus (BYMV)

Bezelye mozaik virüsü, dünyanın birçok önemli bezelye yetiştirme bölgesinde görülen yaygın virüs hastalıklarından biridir. Bu hastalığa iki virüs bezelye yaygın mozaik virüsü ve sarı bakla mozaik virüsü neden olur. Bu virüsler, baklagiller, yonca, üçgül gibi konukçu bitkilerde kışı geçirirler ve yaprak bitleri tarafından bezelyelere taşınırlar. Tohumla bulaşma nadiren görülür (Hagedorn ve Walker, 1954).

2.1. Hastalık Belirtileri

Yapraklardaki belirgin beneklenme en dikkat çekici belirtidir. Damarlar arasındaki doku sararır ve yaprakların yüzeyine düzensiz dağılmış normal yeşil dokularla birlikte görülür. Eğer bitki gençken enfekte olursa, bodur kalır. Üst yapraklar ve kulakçıklar buruşur, kıvrılır ve koltuk tomurcukları sıklıkla çoğalır (Hagedorn, 1974). Kapsüller daha az sayıda ve küçük olabilir. Belirtilerin şiddeti, virüsün türüne, bezelye çeşidine ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilir.

2.2.Mücadelesi

Virüse dayanıklı çeşitler kullanılmalı ve yaprak bitleri ile mücadele edilmelidir. Bitki başına yaprak biti popülasyonu ikiye ulaştığında insektisit uygulanmalıdır. Bezelye çeşitleri, bezelye mozaik virüsüne verdikleri tepkilerde büyük farklılıklar gösterir. Birçok çeşit dayanıklıdır; bunlar arasında konserve ve dondurma amaçlı kullanılan çok sayıda çeşit bulunur.

3.Bezelye Çizgi Virüsü Pea Streak Virus (PSV)

Bezelye çizgi virüsüne birkaç ayrı virüs ve/veya virüs kombinasyonları neden olur. Bunlar, bezelye çizgi virüsü, batı bezelye çizgi virüsü, yonca mozaik virüsü ve kırmızı yonca damar mozaik virüsü ile sarı bakla mozaik virüsüdür (Zaumeyer, 1938; Hagedorn ve Walker,1949). Bu virüsler yonca gibi birçok baklagil bitkisinde kışı geçirir ve yaprak bitleriyle taşınır.

3.1.Hastalık Belirtileri

En belirgin belirtiler sap üzerindeki çizgilerdir. Bunlar, sap ve yaprak sapı boyunca uzunlamasına gelişen çeşitli boyutlarda açık kahverengiden mora kadar değişen eliptik lezyonlar olarak başlar. Çizgiler genişler, birleşir ve birkaç boğum boyunca uzanan daha yoğun mor-kahverengi bir renge dönüşür (Schroeder ark., 1959). Kapsüllerde nekrotik alanlar ve bitkide bodurlaşma görülür.

3.2.Mücadelesi

Hastalığın yayılmasında önemli rol oynayan yaprak bitlerini dikkatle izlenmeli. Bitki başına yaprak biti popülasyonu ikiye ulaştığında ilaçlama yapılmalıdır

ABİYOTİK HASTALIK ETMENLERİ

1.Don Zararı

Düşük sıcaklıklara dayanabilen, nemli ve serin iklimi seven bezelye bitkisinde dondan etkilenen meyveler eşit şekilde olgunlaşmaz. Don zararı, bezelye tarlalarının alçakta kalan bölümlerinde veya hava hareketinin sınırlı olduğu yerlerde daha şiddetli görülür. Genç bezelye bitkilerinde don, büyüme noktasını öldürerek don zararının en belirgin belirtisini oluşturur. Bu büyüme noktası, bitkinin tepe kısmındaki çok genç yaprakçıklardan oluşan koruyucu bir 'istiridye kabuğu' yapısının içinde yer alır. Don zararı bitki dokusunda nekrotik şeritler oluşturur. Bu durum, sekonder fungal enfeksiyonlar için giriş kapısı olabilir. Dondan etkilenmiş bitkiler ya hiç meyve vermez ya da küçük, şekilsiz, geç olgunlaşan baklalar oluşturur (Sözen ve Karadavut, 2018). Serin sıcaklıklar ve bol toprak nemi iyileşmeyi desteklerken; sıcak ve kuru koşullar, bitkinin toparlanmasını engeller.

2.Dolu Zararı

Dolu yağışı genellikle kısa süreli (5–10 dakika) ama şiddetli fiziksel etki uygular ve toprak üstü bitki organlarında (yaprak, sürgün, genç meyve) ciddi doku kırılmalarına sebep olur. Özellikle çiçeklenme ya da meyve tutum gibi kritik dönemlerde olan bezelyeler olumsuz etkilenebilir. Dolu sırasındaki yana yatma, gövde kırılması, çarpma gibi etkiler doğrudan verim kaybına neden olur. Yapraklarda yırtılma ve doku kaybı şeklinde belirtiler gözlemlenir. Yaprak yüzeyinde açık sarı nekrotik bölgeler oluşabilir. Yaprakta meydana gelen zararlanmalar fotosentez etkinliğini düşürerek bitkinin gelişimini olumsuz etkiler. Zarar görmüş dokular kolayca enfekte olur; gövde ve baklalar çürür. Baklalarda oluşan zarar bezelyelerin delinmesi, delinen alanların kahverengiye dönmesi nedeniyle ürünün kalitesinin ve pazar değerinin düşmesi şeklinde olur.

3.Drenaj Problemi

Drenaj problemi, toprakta hava boşluklarının tamamıyla suyla dolması durumunda gerçekleşir. Düşük eğimli veya çukur arazilerde, uzun süreli yağışların ardından, drenajın yetersiz olduğu toprak yapılarında sıkça görülür. İlk belirtiler, yaprakların ve kulakçıkların dış kenarlarına yakın yerlerde ve alt yüzeylerinde oluşan, suyla ıslanmış gibi görünen küçük lekelerdir. Belirtiler özellikle çevresel koşullar hastalığın gelişimine uygun olduğunda gelişmekte olan iki ila dört boğumda ortaya çıkarlar. Çiçeklenme döneminde oluşan su baskınları, çiçek dökülmesine veya bakla tutumunda azalmaya yol açabilir. Özellikle kök çürüklüğüne neden olan *Pythium*, *Phytophthora* gibi fungus hastalıklar, su birikimi nedeniyle daha kolay gelişir.

4.MorYanıklık

Abiyotik hastalıklardan mor yanıklık hastalığına Manganez toksisitesi neden olur. Manganez genellikle asidik topraklarda (pH 5.5'in altında) toksik hale gelir Belirtiler alt yaprakların dış kenarlarında sararmalar şeklinde başlar. Bu etkilenen alanlar 2–4 mm büyüklüğündedir. Hastalık ilerledikçe, bu lekeler yaprak yüzeyinin büyük kısmını kaplar ve renklenme kahverengisinden mora doğru renk değiştirir. Mor renk oluşuktan kısa süre sonra yapraklar ölür. Şiddetli etkilenmiş bitkiler genellikle bodur kalır; alt kısımlarda mor renkli büzüşmüş yapraklar, mor olanların hemen üzerinde pas rengi yapraklar ve en üstte sarı ve yeşil yapraklar görülür. Bitkinin tepe kısmında bir veya iki küçük bakla oluşabilir. Mücadelesi için, toprağın pH değerini 6.0'ın üzerine çıkarmak için kireç uygulaması yapılabilir.

Kaynakça

- Akça, A., Mart, D., Horuz, S., & Aysan, Y. (2019). Pea bacterial blight reactions of several pea (*Pisum sativum* L.) lines. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 56(1),83–93.
- Campbell, L. 1935. Downy mildew of peas caused by *Peronospora pisi* (DeB.) Syd. Washington Agricultural Experiment Station Bulletin 318. 42 pp.
- Crawford, R.F. 1927. Powdery mildew of peas. New Mexico Agricultural Experiment Station Bulletin 163. 13 pp.
- Cruickshank, I.A.M. 1949. Studies on a fungus (*Septoria pisi* Westend.) causing a foliage disease of peas (*Pisum sativum* L.). New Zealand Journal of Science and Technology 31(3):17-23.
- Flentje, N. T., ve Hagedorn, D. J. 1964. Rhizoctonia tip blight and stem rot of pea. Phytopathology 54:788-791
- Ford, R. E., and Haglund, W.A. 1963. *Botrytis cinerea* blight of peas associated with senescent blossoms in northwestern Washington. Plant Disease Reporter 47(6):483–485.
- Genç Kesimci, T., Eken, C., & Demirci, E. (2022). Bakla Bitkilerinde Kök Çürüklüğüne Neden Olan Rhizoctonia Türlerinin Anastomosis Grupları ve Patojeniteleri. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(2), 550–562.
- Göncüoğlu, M., & Yılmaz, H. (2018). Sebze Hastalıkları Zirai Mücadele Teknik Talimatları (1–2. Baskı). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, TAGEM.
- Gritton, E.T. 1990. Registration of five root rot resistant germplasm lines of processing pea. Crop Science 30:1166–1167.
- Gritton, E.T., and Hagedorn, D.J. 1971. Registration of Wisconsin pea cultivars. Crop Science 11:941. Pierce, W.H. 1948. Resistance to powdery mildew in peas. Phytopathology 38:21.
- Gümüş, M., Uygun, A. E., Demirel, Ö., Talapov, T., Akveç, O., & Can, C. (2023). Development of pathogen Ascochyta species of wild legumes in different media. ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 7(3), 649-669.

- Hagedorn, D. J. (1991). Handbook of Pea Diseases. University of Wisconsin Extension.
- Hagedorn, D.J. 1960. Testing commercial pea varieties for reaction to Fusarium root rot, *Fusarium solani* f. *pisi*. Phytopathology 50:637.
- Hagedorn, D.J. 1974. Recent pea anthracnose and downy mildew epiphytotics in Wisconsin. Plant Disease Reporter 58(3):226–229.
- Hagedorn, D.J. 1974. Virus diseases of pea, *Pisum sativum*. Monograph No. 9. St. Paul, Minnesota: American Phytopathological Society 47 pp.
- Hagedorn, D.J., and Hampton, R.O. 1975. Pea enation mosaic virus resistance among commercial breeding lines of *Pisum sativum*. Plant Disease Reporter 59(11):895–899.
- Hagedorn, D.J., and Rand, R.E. 1971. Reaction of *Pisum sativum* to the water congestion disease. Plant Disease Reporter 55(6):533–535.
- Wikipedia. (2025). Waterlogging (agriculture).
- Hagedorn, D.J., and Rand, R.E. 1971. Water congestion of pea, *Pisum sativum*. Plant Disease Reporter 55(3):249–253.
- Hagedorn, D.J., and Wade, E.K. 1964. Bacterial blight of Wisconsin canning peas in 1963.
- Hagedorn, D.J., and Walker, J.C. 1949. Wisconsin pea streak. Phytopathology 39:837–847.
- Kim, W.S., and Hagedorn, D.J. 1959. Streak-inciting viruses of canning pea. Phytopathology 49:656–664.
- Hagedorn, D.J., and Walker, J.C. 1954. Virus diseases of canning peas in Wisconsin. Wisconsin Agricultural Experiment Station Research Bulletin 185. 31 pp.
- Hare, W.W. 1949. Tip blight of garden pea. Journal of Agricultural Research 78(9):311–324.
- Hare, W.W., and Walker, J.C. 1944. Ascochyta diseases of canning pea. Wisconsin Agricultural Experiment Station Research Bulletin 150. 31 pp.
- Harvey, R.G., Hagedorn, D.J., and DeLoughery, R.L. 1975. Influence of herbicides on root rot in processing peas. Crop Science 15:67–71.
- Hubbeling, N. 1975. Resistance to downy mildew and distinction of races of *Peronospora pisi* Syd. Meded. Fac. Landbauwwet. Rijksuniv. Gent 40:539–543.

- Jones, F.R. 1923. Stem and rootrot of peas in the United States caused by species of *Fusarium*. *Journal of Agricultural Research* 26:459–477.
- Jones, F.R., and Drechsler, C. 1925. Root rot of peas in the United States caused by *Aphanomyces euteiches*. *Journal of Agricultural Research* 30(4):293–325.
- Jones, L.K. 1927. Studies of the nature and control of blight, leaf and pod spot, and footrot of peas caused by species of *Ascochyta*. New York State (Geneva) Agricultural Experiment Station. Bulletin 547. 46 pp.
- Kaymak, S. (Ed.). (2016). Serin iklim tahıllarında kök ve kök boğazı hastalıklarının dünü, bugünü ve mücadelesi (pp. 1–103). Tarım ve Orman Bakanlığı (TAGEM)
- King, J.M., and Gane, A.J. 1962. Downy mildew of peas—A progress report 1955–1962. Peterborough, England: Processors and Growers Research Organisation. 162–168.
- Kraft, J.M. 1988. *Aphanomyces* root rot resistance in peas. *Phytopathology* 78:1545.
- Kraft, J.M., and Roberts, D.D. 1970. Resistance in peas to *Fusarium* and *Pythium* root rot. *Phytopathology* 60:1814–1817.
- Lockwood, J.L., and Ballard, J.C. 1960. Evaluation of pea introductions for resistance to *Aphanomyces* and *Fusarium* root rots. *Michigan Agricultural Experiment Station Quarterly Bulletin* 42(4):704–713.
- Ludwig, C.A. 1926. *Pseudomonas (Phytomonas) pisi* Sackett, the cause of a pod spot of garden peas. *Phytopathology* 16:177–183.
- Melhus, I.E. 1913. *Septoria pisi* in relation to pea blight. *Phytopathology* 3:51–58.
- Miller, M.W. and deWhalley, C.V. 1981. The use of metalaxyl seed treatments to control pea downy mildew. *Proceedings of the British Crop Protection Conference* 1:341–348.
- Muehlchen, A.M., Rand, R.E., and Parke, J.L. 1990. Evaluation of crucifer green manures for controlling *Aphanomyces* root rot of peas. *Plant Disease* 74:651–654.
- Nadaroğlu, Y., & Şimşek, O. Tarımda dolu zararı ve korunma yolları. *Zirai Meteoroloji Şube Müdürlüğü*.

- Parke, J.L., Rand, R.E., Joy, A.E., and King, E.B. 1991. Biological control of Pythium damping-off and Aphanomyces root rot of peas by application of *Pseudomonas cepacia* or *P. fluorescens* to seed. *Plant Disease* 75(10):987–992
- Plant Disease Reporter* 48(4):318–320.
- Reeser, P.W., Hagedorn, D.J., and Rouse, D.I. 1983. Quantitative inoculations with *Erysiphe pisi* to assess variation of infection efficiency on peas. *Phytopathology* 73:1238–1240.
- Rubiales, D., Fondevilla, S., Chen, W., Gentzbitte, I. L., Higgins, T. J. V. V. and Castillejo, M. A. (2015). Achievements and challenges in legume breeding for pest and disease resistance. *Crit. Rev. Plant Sci.* 34 : 195-236.
- Ruppel, E.G., and Hagedorn, D.J. 1963. Comparisons of pea enation mosaic virus isolates. *Phytopathology* 53:813–818.
- Sackett, W.G. 1916. A bacterial stem blight of field and garden peas. Colorado Agricultural Experiment Station. Bulletin 218. 43 pp.
- Schroeder, W.T., and Barton, D.W. 1958. The nature and inheritance of resistance to the pea enation mosaic virus in garden pea, *Pisum sativum* L. *Phytopathology* 48:628–632.
- Schroeder, W.T., Peck, N.H., and Vittum, M.T. 1979. Purple blight —A physiological disorder of pea. Search: Agriculture. New York State (Geneva) Agricultural Experiment Station 9(5):5 pp.
- Schroeder, W.T., Provvidenti, R., and McEwen, F.L. 1959. Pea streaks naturally incited by combinations of viruses. *Plant Disease Reporter* 43(12):1219–1226.
- Sherwood, R.T., and Hagedorn, D.J. 1958. Determining common root rot potential of pea fields. Wisconsin Agricultural Experiment Station Bulletin 531. 12 pp.
- Sherwood, R.T., and Hagedorn, D.J. 1962. Studies on the biology of *Aphanomyces euteiches*. *Phytopathology* 52:150–154.
- Skoric, V. 1927. Bacterial blight of pea: Overwintering, dissemination, and pathological histology. *Phytopathology* 17:611–627.
- Snyder, W.C. 1934. *Peronospora viciae* and internal proliferation in pea pods. *Phytopathology* 24:1358–1365.

- Soylu, S. and Dervis, S. 2011. Determination of prevalence and incidence of fungal disease agents of pea (*Pisum sativum* L.) plants growing in Amik plain of Turkey. *Res. Crop.* 12: 588-92.
- Sözen, Ö. ve S. Uçar 2022. “Yemeklik Tane Baklagil Yetiştiriciliği ve Islahı, Bölüm adı: (Nohut Yetiştiriciliği)”, İksad Publishing House, Editör: Tolga Karaköy, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 20
- Sözen, Ö., Karadavut, U. 2018. “Correlation and Path Analysis for Yield Performance and Yield Components of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes Cultivated in Central Anatolia”, *Pakistan Journal of Botany*, 50 (2), 625-633
- Tarım ve Orman Bakanlığı, TAGEM. (2008). Bitki Hastalıkları ve Zirai Mücadele Teknik Talimatları, Cilt 4: Mildiyö Hastalıkları. "Bezelyede mildiyö hastalığı (*Peronospora viciae*)"
- Tarım ve Orman Bakanlığı, TAGEM. (2014). Baklagil Hastalık ve Zararlılarıyla Mücadele Rehberi
- Tarım ve Orman Bakanlığı, TAGEM. (2022). İşlenmiş Bitkilerde Depo Hastalıkları ve Mücadele Yöntemleri
- Tarım ve Orman Bakanlığı, TAGEM. (2022). Sebze Fide Hastalıkları – Çökerten ve Kök Çürüklüğü. Teknik Talimatlar
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (t.y.). Sebze Fide Hastalıkları: Çökerten ve Kök Çürüklüğü. Teknik Talimatı
- Taylor, J.D. 1972. Races of *Pseudomonas pisi* and sources of resistance in field and garden peas. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 15:441–447.
- Toğay, N., Toğay, Y., Erman, M., & Yıldırım, B. (2006). Kışlık iki bezelye hattı (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.)’nda farklı bitki sıklıklarının bazı tarımsal özellikler üzerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 16(2), 97–103.
- Tonguç, M., Şanlı, A., & Kaya, M. (2009). Bezelye (*Pisum sativum* L.)’de külleme hastalığı, kontrolü ve dayanıklılık kaynakları. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 18 (1–2), 55–59.
- Walker, J. C. 1939. Freezing injury to canning peas. *Phytopathology* 29:188-194

- Walker, J.C. 1952. Diseases of vegetable crops. McGraw-Hill Book Company, New York. 529 pp.
- Wallen, V.R. 1974. Influence of three Ascochyta diseases of peas on plant development and yield. Canada Plant Disease Survey 54:86–90.
- Wijngaarden, T.P., and Ellen, J. 1968. Influence of some environmental factors on the susceptibility of *Pisum sativum* to *Botrytis cinerea*. Netherlands Journal of Plant Pathology 74:8–11.
- Wikipedia. (2025). Pea enation mosaic virus. 2025
- Zaumeyer, W.J. 1938. A streak disease of peas and its relation to several strains of alfalfa mosaic virus. Journal of Agricultural Research 56(10):747–772.
- Zaumeyer, W.J. 1942. Reaction of pea varieties to *Septoria pisi*. Phytopathology 32:64–70.

BÖLÜM 5

BEZELYE ISLAHI

Ercan CEYHAN¹, İrem AYRAN ÇOLAK¹, Tolga KARAKÖY²

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18102164>

¹ Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye

² Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Sivas, Türkiye

1. Giriş

Bezelye (*Pisum sativum* L.), yalnızca tarımsal üretimde değil, insanlığın genetik bilime geçiş tarihinde de merkezi bir konuma sahip bir baklagildir (Smýkal et al., 2012). Mendel'in temel kalıtım yasalarını bu tür üzerinde yapması, bugün modern ıslahın teorik temelini oluşturmaktadır (Smýkal et al., 2012). Günümüzde bezelye, gıda, yem ve endüstriyel kullanım alanlarıyla stratejik bir ürün olarak kabul edilmektedir (Kreplak et al., 2019). Küresel ölçekte protein arzındaki açığın kapatılmasına katkı sağlayan bezelye, kuru formlarıyla protein ve nişasta kaynağı, taze formuyla ise sebzelik ürün niteliği taşımaktadır (Singh et al., 2023). Bezelyenin dünya çapında yaygın üretimi ve zengin genetik varyasyon potansiyeli nedeniyle modern ıslah programlarının odağında olduğu bildirilmektedir (Smýkal et al., 2012). Avrupa'da özellikle Fransa, İngiltere ve Almanya'da yem ve endüstri amaçlı üretim yaygındır (FAO, 2025). Türkiye'de ise Konya, Bursa, Çankırı, Balıkesir ve Çanakkale gibi illerde hem kuru hem yeşil bezelye tarımı yapılmaktadır (Dalgıç et al., 2025). Tarihsel üretim genişliği, bezelyenin tarladaki streslere uyum kabiliyetinin yüksek olduğuna işaret etmektedir (Karkanis et al., 2016). Beslenme açısından yüksek protein (20–27%), mineral ve vitamin içeriği taşıdığı bildirilmektedir (Harmankaya et al., 2010). Bu nedenle bezelye, sürdürülebilir bitkisel protein alternatifleri arasında stratejik konumunu korurken, aynı zamanda modern bitki ıslah çalışmalarının da önemli bir model türüdür (Singh et al., 2023).

Bezelye, morfolojik ve moleküler düzeyde büyük bir genetik çeşitliliğe sahip olup bu durum ıslah açısından güçlü bir avantaj sunmaktadır (Smýkal et al., 2012). Genetik kaynak çeşitliliğinin gen havuzları arasında farklılıklar gösterdiği ve bunun etkin kullanılmasının gerekli olduğu belirtilmektedir (Smýkal et al., 2012). USDA koleksiyonları, Avrupa gen bankası koleksiyonları ve yerel popülasyonlar; verim, olgunlaşma süresi, hastalık dayanıklılığı ve kalite özellikleri açısından önemli varyasyon içermektedir (Bari et al., 2021). Bezelye genomunun yüksek kaliteli referans dizilenmesi sayesinde (≈ 3.9 Gbp) QTL haritalama, genomik seleksiyon ve tekrarlayan seleksiyon çalışmaları daha verimli yapılabilir hâle gelmiştir (Kreplak et al., 2019). Gen dizilimlerinin elde edilmesi, özellikle karmaşık biyotik stres genlerinin tespiti kolaylaştırmaktadır (Chen et al., 2024). Genomik tahmin

modelleriyle genetik kaynağın etkin kullanımının mümkün olduğu gösterilmiştir (Bari et al., 2021). Protein içeriği ve besin kalitesi ıslahı için gen kaynaklarının önemli fırsatlar sunduğu bildirilmektedir (Singh et al., 2023). Genetik çeşitliliğin korunması, kuraklık, tuzluluk ve sıcaklık stresine dayanıklı çeşit geliştirme çalışmalarında kritik rol oynamaktadır (Karkanis et al., 2016). Dolayısıyla genetik varyasyon, bezelye ıslahının sürdürülebilirliği için anahtar bir faktördür (Smýkal et al., 2012).

Bezelye ıslahında klasik yöntemler uzun yıllar boyunca temel strateji olmuş ve başarıyla uygulanmıştır (Abdel-Hamid and Salem, 2021). Bu yöntemler arasında melezleme, bireysel seleksiyon, aile seleksiyonu, saflaştırma seleksiyonu ve geri melezleme yer almaktadır (Ceyhan and Kahraman, 2013). Klasik yöntemlerin hastalıklara dayanıklılık, verim artışı ve tarladaki performansın iyileştirilmesi için etkili olduğu gösterilmiştir (Ceyhan and Kahraman, 2013). Avrupa üretim sistemlerinde bezelyenin yüksek azot fiksasyon yeteneği sürdürülebilir tarım açısından avantaj sağlamaktadır (Karkanis et al., 2016). Agronomik özellikler; tane verimi, bin tane ağırlığı, vejetatif gelişim, çiçeklenme süresi ve olgunlaşma gibi komponentlerden oluşmaktadır (Ceyhan et al., 2008). Bu özelliklerdeki varyasyon klasik seleksiyon ile etkin şekilde değerlendirilebilmektedir (Ceyhan ve Avcı, 2005). Tohum kalite özellikleri, renk, tekstür ve kimyasal bileşim gibi parametrelerle belirlenmektedir (Şimşek ve Ceyhan, 2017). Sebzelik bezelye ıslahında tüketici beklentileri kritik öneme sahiptir (Şimşek and Ceyhan, 2017). Klasik ıslahın modern tekniklerle entegrasyonu sayesinde daha istikrarlı ve stres toleranslı yeni çeşitlerin geliştirilmesi hızlanmaktadır (Abdel-Hamid and Salem, 2021). Böylece klasik ıslah, genomik çağda da temel rolünü sürdürmektedir (Chen et al., 2024).

Son yıllarda bezelye ıslahı, klasik yöntemlere ek olarak ileri moleküler ve genomik araçlarla güçlendirilmiştir (Parihar et al., 2022). Biyotik stres dayanıklılığı için QTL haritalama, markör destekli seleksiyon (MAS) ve genomik seleksiyon (GS) etkin şekilde kullanılmaktadır (Parihar et al., 2022). Referans genom sayesinde genetik haritalar daha hassas hâle gelmiş ve aday gen belirleme çalışmaları hız kazanmıştır (Kreplak et al., 2019). Fonksiyonel genomik uygulamalarıyla gen ekspresyon ve metabolik ağ analizleri ıslah kararlarını desteklemektedir (Chen et al., 2024). Genomik verilerin agronomik

ıslahla entegrasyonu “genomik-agronomik senkronizasyon” olarak tanımlanmaktadır (Warkentin et al., 2024). Yüksek verimli fenotipleme (HTP), ıslah döngüsünü kısaltmakta ve daha erken aşamalarda seleksiyon sağlamaktadır (Chen et al., 2024). Genomik seleksiyon, gelecekteki performansı tahmin ederek ön seleksiyon imkanı sunmaktadır (Bari et al., 2021). Markör kullanımı özellikle kök çürüklüğü, *fusarium* solgunluğu ve *Ascochyta* gibi hastalıklara dayanıklılık ıslahında kritiktir (Rubiales et al., 2023). Modern ıslah teknikleri klasik seleksiyonun hızını ve etkinliğini artırmaktadır (Parihar et al., 2022). Bu nedenle modern genomik araçlar bezelye ıslahını hızlandıran tamamlayıcı uygulamalardır (Warkentin et al., 2024).

Bezelye ıslahının temel stratejik hedeflerinden biri, sürdürülebilir gıda sistemiyle uyumlu, yüksek verimli ve kaliteli çeşitlerin geliştirilmesidir (Ceyhan, 2004; Ceyhan ve ark. 2008; Singh et al., 2023). Bezelye proteininin hayvansal proteinlere alternatif olduğu ve insan beslenmesinde giderek önem kazandığı bildirilmektedir (Singh et al., 2023). Biyotik strese dayanıklılığın ekonomik kayıpları azaltarak üretim istikrarını artırdığı ifade edilmektedir (Rubiales et al., 2023). Kuraklık, sıcaklık ve tuzluluk gibi abiyotik streslerin geleceğin önemli sorunları olacağı, bu nedenle genomik seleksiyon ve QTL haritalamanın bu alanlarda öne çıkacağı belirtilmektedir (Parihar et al., 2022). Azot fiksasyonu sayesinde toprağın sürdürülebilirliğine katkı sağladığı gösterilmiştir (Karkanis et al., 2016). Agronomik performans ve kalite parametreleri gelecekte hassas tarım uygulamalarıyla daha kontrollü yönetilebilecektir (Chen et al., 2024). Çoklu omik veri entegrasyonu ıslah hızını önemli ölçüde artırabilecek potansiyele sahiptir (Chen et al., 2024). Bezelye ıslahını sürdürülebilirlik perspektifiyle değerlendiren stratejik yaklaşımların önemi vurgulanmaktadır (Warkentin et al., 2024). Dolayısıyla bezelye, protein güvenliği, sürdürülebilir tarım ve genomik teknolojiler bağlamında stratejik bir türdür (Singh et al., 2023).

2. Bezelye Islahının Amaçları

Bezelye ıslahının temel amacı, üretim amacı (kuru tanelik veya taze/sebzelik) doğrultusunda yüksek verimli, kaliteli, streslere dayanıklı, pazarlanabilir ve endüstriyel işleme özelliklerine uyumlu çeşitler

geliştirmektedir. Ekolojik ve fizyolojik adaptasyon ile kalite özelliklerinin birlikte değerlendirilmesi, bezelye ıslah programlarının başarı düzeyini belirleyen ana ölçütlerdir. Bu nedenle ıslah hedefleri; agronomik performans, genetik dayanıklılık, teknolojik kalite, besin bileşimi ve çevresel adaptasyon yönünden çok disiplinli bir yaklaşım gerektirir.

2.1. Yüksek Verim ve Agronomik Performans

Islah çalışmalarının en temel amaçlarından biri yüksek ve stabil verimin sağlanmasıdır. Tane veriminin artırılması, bitki başına bakla sayısı ve bakla başına tane sayısı gibi verim komponentlerinin iyileştirilmesini gerektirir (Ceyhan ve Mülâyim, 2003). Kuru tanelik bezelyelerde tohum iriliği (8–10 mm), 100 tohum ağırlığı ve depolama stabilitesi önem kazanırken; taze bezelyede birim alandan alınan yaş ürün miktarı temel verim kriteridir. Ayrıca bitki gelişiminin dengeli olması, yatmaya dayanıklılık ve hasada uyum da agronomik ıslah hedefleri arasında yer almaktadır.

2.2. Fenolojik Uyum ve Erkencilik

Erkencilik, yetiştirme periyotlarının kısa olduğu bölgelerde üretim planlamasına katkı sağlamakta, çiftçi için ekonomik avantaj yaratmaktadır. Islah hedeflerinde; fide gelişiminin hızlanması, vejetatif sürenin kısılması, bakla dolumu ve olgunlaşmanın kısa sürede tamamlanması önceliklidir. Erkenci çeşitler 50–60 günde hasada gelebilirken; orta erkenci çeşitler 80–90 günde, geç olgunlaşanlar 100–120 günde olgunlaşmaktadır (Ceyhana ve Önder, 2001; Karadaş ve Ceyhan, 2023). Özellikle taze bezelyede erkencilik, pazara erken ürün arzı açısından ticari değer kazandırmaktadır.

2.3. Hastalık ve Zararlılara Dayanıklılık

Bezelye üretiminde önemli ekonomik kayıplara yol açan biyotik stres faktörlerine dayanıklılık, modern ıslah programlarında yüksek önceliğe sahiptir.

- a. **Hastalıklara dayanıklılık:** *Ascochyta blight*, *Fusarium solgunluğu*, külleme (*Erysiphe polygoni*), mildiyö (*Peronospora pisi*), pas ve virüs hastalıklarına karşı dayanıklılık hedeflenmektedir.
- b. **Zararlılara dayanıklılık:** Yaprak biti (*Acyrtosiphon pisum*), bakla kurdu (*Etiella zinckenella*), tohum zararlısı (*Bruchus* spp.), yaprak madencisi ve gövde sineği önemli zararlılardır.

Dayanıklılık ıslahı, klasik seleksiyonla birlikte moleküler markör destekli seleksiyon ve genomik yaklaşımlarla da güçlendirilmektedir.

2.4. Abiyotik Streslere Adaptasyon

Bezelye, farklı yetiştirme bölgelerinde değişen çevresel koşullara maruz kaldığından, abiyotik stres toleransı ıslah için kritik bir özelliktir (Ceyhan ve ark. 2012). Kışa dayanıklılık, düşük sıcaklık ve don toleransı özellikle sonbahar ekimleri için önemlidir (Ceyhan, 2006). Yüksek sıcaklık, kuraklık ve su stresi koşullarına dayanıklılık; kök sistemi, stomatal davranış ve su kullanım etkinliği ile ilişkilidir (Ceyhan ve 2001). Ayrıca suyun uzun süre toprakta tutulduğu çevrelerde su baskısı toleransı önem kazanmaktadır. Bu özelliklerin geliştirilmesi, çeşitlerin ekim alanlarının genişlemesine olanak sağlar.

2.5. Bakla ve Tane Özelliklerinin Geliştirilmesi

Bakla ve tane morfolojisi hem taze bezelyede hem kuru bezelyede pazarlanabilirliği ve tüketici tercihini belirleyen temel kalite parametreleridir. Taze bezelyede baklaların etli, kılçıksız, düzgün şekilli, açık renkli ve mekanik hasada dayanıklı olması istenir. Konservelik kullanım için tanelerin orta irilikte (5–6 mm) olması tercih edilirken; sofralık kullanımda iri (8–10 mm) taneli genotipler aranmaktadır (Ateş ve Ceyhan, 2016). Tane rengi, şekli, pürüzsüzlük, doku ve kabuk kalınlığı gibi özellikler ıslah hedefleri arasındadır. Ayrıca tane dökümünü azaltan, çatlamaya dirençli kabuk yapısı depolama kalitesinde önemli rol oynar.

2.6. Teknolojik Özellikler ve İşleme Uygunluğu

Bezelye, konserve, dondurma, kurutma ve taze tüketim gibi farklı işleme yöntemlerine konu olabildiği için teknolojik kalite özellikleri ıslah amaçları arasında önemli yer tutar. Tane dokusunun yüksek ısı işleme duyarlılığı, renk stabilitesi, tat ve aromasının korunması, pişme süresinin kısa olması, şeker ve nişasta oranlarının dengeli olması, işleme sanayisi açısından kritik karakterlerdir. Shelling oranının (bakladan çıkan tane oranı) %40 veya daha üzerinde olması hedeflenmektedir.

2.7. Besin Bileşimi ve Kalite Özelliklerinin İyileştirilmesi

Kuru tanelik bezelyede kalite ıslahı, özellikle protein oranı ve aminoasit bileşimi üzerine yoğunlaşmaktadır. Protein oranının artırılması ve *methionin* ile *cystin* düzeylerinin iyileştirilmesi temel hedeftir. Taze bezelyede ise karbonhidrat bileşiminin dengesi (yaklaşık %75 nişasta – %25 şeker) konservede lezzet, aromatik kalite ve tüketim özelliklerini belirlemektedir. Ayrıca antioksidan bileşenler, mineral maddeler ve vitamin içeriği de kalite ıslahının önemli alt başlıklarıdır.

Bezelye ıslahının amacı; yüksek verimli, erkenci, streslere dayanıklı, yüksek kaliteli, işleme sanayisine uygun, tüketici beklentilerini karşılayan ve ekolojik adaptasyonu yüksek çeşitlerin geliştirilmesidir. Bu hedeflere ulaşabilmek için klasik ıslah yöntemleri, kök salmış tarımsal deneyimlerle birlikte genomik seleksiyon, moleküler markör teknolojileri ve çoklu çevre denemeleriyle desteklenerek uygulanmalıdır. Böylece bezelye ıslahı, hem tarımsal sürdürülebilirlik hem de beslenme güvenliği açısından stratejik bir role sahip olmaya devam edecektir.

3. Bezelye Islahında Başarı ve Genetik Varyasyonun Oluşturulması

Bezelye ıslahında başarı, temelde ele alınan genetik varyasyonun niteliği ve genişliği ile yakından ilişkilidir (Ceyhan, 2004). Islah programlarından beklenen verim ve kalite artışlarının elde edilebilmesi, ıslah materyalinin sahip olduğu genetik farklılığın derecesine ve bu farklılık içinden doğru fenotiplerin seçilebilmesine bağlıdır (Ceyhan ve ark., 2008). Her bir seleksiyon döngüsünde elde edilen ilerleme, varyasyonun genişliği ile doğru orantılı olduğundan, ıslahçılar çoğunlukla geniş ve çeşitlilik içeren genetik materyallerle çalışmayı tercih ederler (Sharma ve ark., 2023). Özellikle kendileme oranı yüksek olan bezelye gibi türlerde, değişkenliği artırmak ve yeni kombinasyonları elde etmek amacıyla melezleme çalışmaları kritik bir rol üstlenmektedir (Ton ve ark., 2022; Mohamed ve ark., 2023).

3.1. Genetik Varyasyonun Rolü

Genetik varyasyonun oluşturulması, bitki ıslahının vazgeçilmez basamaklarından biridir (Ceyhan, 2004). Uygun ve geniş bir gen havuzu olmadan ıslah hedeflerine ulaşmak mümkün değildir. Çeşit geliştirme

materyalinin seçimi, ıslah başarısının ilk adımıdır. Bu doğrultuda ıslahçılar, mevcut yerel çeşitlerin yanı sıra diğer bölgelerden veya ülkelerden genetik materyal temin ederek ıslah havuzunu zenginleştirirler. Bu strateji ile hem verim, kalite, stres dayanıklılığı gibi agronomik özelliklerin kombinasyonu mümkün olur, hem de ıslah programlarının esnekliği artar (Rubiales ve ark., 2023; Karaköy ve ark., 2024).

Çeşitliliğin önemi, gen bankalarında saklanan geniş aksiyon materyallerinin değeriyle de ortaya konmaktadır. Bezelye genetik kaynakları; yabani form, yerel popülasyonlar, eski çeşitler, melez hatlar ve mutan koleksiyonları gibi çok sayıda materyali içerir — bu da ön-ıslah (pre-breeding) çalışmalarına zemin hazırlar (Rubiales ve ark., 2023). Bu genetik çeşitlilik, yalnızca verim ve kalite değil; hastalık ve zararlılara dayanıklılık, abiyotik stres toleransı, işleme özellikleri gibi karmaşık karakterlerin ıslahında da kullanılabilir.

3.2. Melezleme ve Seleksiyon: Başarılı Islahın Temel Araçları

Bezelyede melezleme, klasik ıslah yöntemlerinin en etkili yollarından biridir (Ceyhan, 2004; Ceyhan ve ark., 2008). Melezleme yoluyla farklı ebeveynlerin üstün nitelikleri birleştirilerek yeni kombinasyonlar elde edilir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Bu yöntemle oluşturulan melez popülasyonlarda, sonraki nesillerde seleksiyon yapılır ve istenen karakterleri taşıyan hatlar sabit hâle getirilir. Bu strateji, özellikle genetik çeşitliliğin artırılması ve karma genetik karakterlerin bir araya getirilmesi açısından kritik önemdedir (Tayeh ve ark., 2015a,b).

Modern ıslah programlarında, melezleme ve klasik seleksiyona ek olarak moleküler ve genomik yaklaşımlar da kullanılmaktadır. Bu sayede, genetik kontrolü karmaşık olan verim, stres toleransı veya kalite gibi niceliklerin ıslahı daha etkin hale gelmektedir (Tayeh ve ark., 2015a,b; Rubiales ve ark., 2023). Özellikle erken nesil seleksiyonlarının doğruluğunun artırılması ve ıslah döngüsünün kısaltılması, bu entegre yaklaşımlarla mümkün olabilmektedir (Castro-Urrea ve ark., 2023).

3.3. Genetik Kaynakların Korunması ve Kullanımı

Islah başarısının devamlılığı için, genetik kaynakların korunması ve sistematik koleksiyonlar içinde saklanması gerekir. Gen bankalarında saklanan erişimler, yabani tipler, yerel popülasyonlar, eski çeşitler, mutan hatlar, ıslah programlarında esnekliği ve adaptasyon kabiliyetini artırır (Rubiales ve ark., 2023). Ayrıca ıslah materyalinin karakterizasyonu, morfolojik, agronomik, fizyolojik ve moleküler düzeyde, yapılmalı; bu sayede hangi genotiplerin hangi hedefler için uygun olduğu belirlenerek seleksiyon stratejisi planlanmalıdır (Demirkol, 2017).

Sonuç olarak, genetik varyasyonun oluşturulması ve geniş tutulması, bezelye ıslahında başarıyı belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Melezleme çalışmaları, introdüksiyon materyalleri, seleksiyon döngüleri ve genetik analizlerin birlikte yürütülmesi; aynı zamanda modern genomik ve moleküler araçların kullanımı ıslahçılara hedef özelliklere sahip yeni ve üstün çeşitlerin geliştirilmesinde güçlü bir altyapı sağlar. Güncel çalışmalar, bu yaklaşımların etkinliğini defalarca ortaya koymuş; bezelye ıslahında sürdürülebilir ilerlemenin yolunun genetik çeşitlilikten geçtiğini göstermiştir (Ceyhan, 2004; Ceyhan ve ark., 2008; Tayeh ve ark., 2015a,b; Dalgıç ve Ceyhan, 2018; Rubiales ve ark., 2023; Sharma ve ark., 2023; Çilesiz, 2025c; Çilesiz, 2025d).

4. Bezelye Islah Yöntemleri

Bezelye, kendi kendine döllen (autogam) bir türdür. Bu nedenle ıslah programlarında kullanılan yöntemler; genetik çeşitliliği artırabilen, üstün genotipleri seçebilen ve hedef özellikleri taşıyan hatları geliştirebilen uygulamalardan oluşmaktadır. Bezelye ıslahında yaygın olarak kullanılan klasik metotlar introdüksiyon, seleksiyon ve melezleme yöntemleridir. Modern çalışmalarda bu klasik metotlar genomik araçlarla da desteklenmektedir (Ceyhan, 2004; Ceyhan ve ark., 2008; Tayeh ve ark., 2015a,b; Dalgıç ve Ceyhan, 2018; Gündoğan ve Ceyhan, 2018; Taşyürek ve Ceyhan, 2022; Rubiales ve ark., 2023; Sharma ve ark., 2023).

4.1. İntrodüksiyon

İntrodüksiyon, belirli üstün özelliklere sahip genetik materyalin farklı bölgelerden veya ülkelerden getirilerek ıslah programına dahil edilmesi işlemidir. Bu yöntem özellikle bezelye gibi kendine döllen türlerde, ıslah materyalinin çeşitlendirilmesi ve genetik tabanın genişletilmesi açısından kritik öneme sahiptir. İntrodüksiyon materyali; ticari çeşitler, araştırma kurumlarının geliştirdiği hatlar, gen bankası erişimleri, yerel popülasyonlar, hatta yabancı türler veya yabanileşmiş formlar olabilir. Bu materyaller, hedeflenen ıslah amaçlarına göre doğrudan üretimde kullanılabileceği gibi melezleme çalışmalarında ebeveyn hat olarak da değerlendirilir.

Bezelyede introdüksiyon çalışmaları; yüksek verim, hastalık ve zararlılara dayanıklılık, erken olgunlaşma, iri tanelilik, yüksek protein içeriği, konservelik kalite ve işleme sanayisine uygunluk gibi ekonomik öneme sahip karakterlerin geliştirilmesi için vazgeçilmezdir. Tür içi genetik varyasyonun oldukça geniş olması (Rubinales ve ark., 2023) yeni ıslah stratejilerinin uygulanması ve seleksiyon etkinliğinin yükseltilmesi açısından büyük avantaj sağlar. Farklı ekolojik bölgelerden gelen genotiplerin kullanılabilirliği, yerel koşullara uyumlu genetik kombinasyonların elde edilmesinde ıslahçının elini güçlendirir.

Ayrıca gen bankalarında yer alan ex-situ koleksiyonlar, gelecekte ortaya çıkabilecek hastalık, zararlı veya abiyotik stres tehditlerine karşı genetik sigorta niteliği taşır (Sharma ve ark., 2023). Bu nedenle introdüksiyon yalnızca ıslah sürecine yeni özellik kazandıran bir yöntem değil, aynı zamanda genetik kaynakların korunması ve sürdürülebilirliği açısından da önemlidir (Rubiales ve ark., 2023). Bezelye gen bankalarının ıslahçılara geniş varyasyon sunduğu ve bu materyalin ön-ıslah çalışmalarında kullanıldığında çeşit geliştirme hızını artırdığı açıkça belirtilmektedir (Sharma ve ark., 2023). Yabancı türlerin biyotik stres dayanıklılığı bakımından özellikle değerli olduğu, bu nedenle introdüksiyon sürecinin genetik tabana stratejik katkı sağladığı ifade edilmektedir (Rubiales ve ark., 2023).

İntrodüksiyon materyalinin kullanımı sonrasında yapılan adaptasyon denemeleri, materyalin ekim bölgesinin iklim ve toprak koşullarına uygunluğunu değerlendirir. Bu aşamada agronomik performans, hastalık tepkileri, fenolojik özellikler ve kalite parametreleri gözlemlenir. Uyum

sağlayan genotipler doğrudan çeşit olarak tescil sürecine alınabilir veya ebeveyn hat olarak melezleme çalışmalarında değerlendirilebilir. Böylece introdüksiyon, ıslah programının hem başlangıç hem de ara aşamalarında stratejik işlev gören temel bir metottur.

4.2. Seleksiyon

4.2.1. Teksel (Saf-Hat) Seçme

Bezelye, kendine döllen bir türdür; bu özellik saf hat elde etmeyi görece kolaylaştırır. Bu yüzden, özellikle geniş genetik varyasyon içeren materyallerden başlayan seleksiyon yoluyla saf hat geliştirme ıslah programlarının temel yöntemlerinden biridir.

4.2.1.1. Seleksiyonun Temel İlkeleri

- a. Saf hat gelişimi:** Kendine döllenme özelliğiyle bezelyede seleksiyon sonucu elde edilen bireyler, homozigotluk oranı yüksek hatlar oluşturur; bu da genetik stabilite ve saf tohumluk üretimini kolaylaştırır. Bu, ıslah programlarında genetik sapmaları ve varyasyon kaybını önler (Abdel-Hamid and Salem, 2023).
- b. Genetik çeşitliliğe dayalı seçim:** Seleksiyonun başarısı, başlangıç materyalindeki genetik çeşitliliğe doğrudan bağlıdır. Farklı erişimler (yerel çeşitler, gen bankası materyalleri, eski ticari çeşitler) arasındaki fenotipik ve genetik varyasyon, özellikle tane verimi, bitki mimarisi, hastalık dayanıklılığı, kalite gibi hedef karakterlerde, ıslahçılara geniş seçenek sunar (Sharma ve ark., 2023).
- c. Tekrarlama ve saflaştırma:** Belirlenen hatların birkaç ardışık nesil boyunca seleksiyona tabi tutulması, hem fenotipik hem genetik sağlığın sağlanması için gereklidir (Tayeh ve ark., 2015).

4.2.1.2. Teksel Seçme Seleksiyonun Yıllara Göre Uygulanışı

Bezelye ıslahında teksel seçme yöntemi, populasyon içindeki fenotipik üstünlük gösteren bireylerin belirlenmesi ve bunu izleyen yıllarda saflaştırma, deneme ve tescil aşamalarının yürütülmesi ile gerçekleştirilir. Aşağıda bu yöntem **yıllara göre ıslah şeması** halinde verilmiştir.

1. Yıl: Başlangıç Popülasyonunun Ekimi ve İlk Gözlemler

Bu aşamada geniş genetik varyasyon içeren çalışma materyali (gen bankası erişimleri, yerel çeşitler, çiftçi popülasyonları) blok veya sıra düzeninde ekilir. Deneme alanında ekim 50–60 cm sıra arası ve 10–20 cm sıra üzeri olacak şekilde (sırik çeşitlerde sıra arası 70 cm ve üzeri ise 25 cm) planlanmalıdır; bu aralıklar bitkilerin morfolojik gözlemlerini kolaylaştırır, bitkiler arası rekabeti azaltır ve seleksiyon başarısını artırır (Ceyhan, 2004).

Gelişme süresince morfolojik (bitki boyu, çiçek yapısı, bakla özellikleri), agronomik (gelişme, erkencilik, verim göstergeleri) ve kalite (tane iriliği, tane rengi, tane yapısı) özelliklerine göre kapsamlı gözlemler yapılır. Popülasyon içerisinde üstün fenotipli bireyler belirlenir, işaretlenir ve ayrı olarak hasat edilir.

Bu ilk yılın temel amacı; genetik varyasyonu ortaya çıkarmak, popülasyon içindeki fenotipik üstünlüğe sahip genotipleri belirlemek ve ikinci yılda saflaştırmaya başlayacak materyali seçmektir (Sharma ve ark., 2023).

2. Yıl: Saflaştırma Başlangıcı

İlk yıl seçilen bitkilerden elde edilen tohumlar, ayrı sıralar halinde ekilir; her sıra bir “seçilmiş hat” olup bağımsız bir genetik birim olarak değerlendirilir. Ekim düzeni, bitki gelişimini izlemeye olanak sağlayacak şekilde planlanmalı; bu amaçla 50–60 cm sıra arası ve 10–15 cm sıra üzeri uygulanmalıdır. Bu ekim aralıkları, bitkiler arası rekabeti azaltarak fenotipik ayrımı kolaylaştırır ve seleksiyon etkinliğini artırır.

Gelişim dönemi boyunca yapılan morfolojik gözlemlerde tip dışı bireyler sıra içerisinden ayıklanır; bu sayede hat saflaştırılmaya başlanmış olur. Vegetatif ve generatif özelliklerin eş zamanlı değerlendirilmesi önemlidir. Sezon sonunda her sıra ayrı ayrı hasat edilerek harmanlanır, böylece her hattın genetik bütünlüğü korunur ve sonraki seleksiyon yıllarına bağımsız biçimde aktarılması sağlanır (Abdel-Hamid and Salem, 2023).

3. Yıl: Ön Denemeler ve Tekrarlamalar

Saflaştırılmaya başlayan hatlar üçüncü yılda küçük alanlarda (üç sıralı küçük parseller) fakat tekrarlamalı olarak denemeye alınır. Deneme düzenine mutlaka en az bir kontrol çeşidi (standart çeşit) dahil edilmelidir; böylece yeni

hatların performansı, bölgeye uyum sağlamış referans bir çeşitle karşılaştırılabilir. Ekim, genotipler arasındaki fenotipik ayrımı belirginleştirebilmek amacıyla 50 cm sıra arası ve 10 cm sıra üzeri olacak şekilde yapılmalıdır. Bu aralıklar, bitkiler arası rekabeti azaltır ve seleksiyon etkinliğini artırır.

Bu aşamada hatlar; verim performansı, erkencilik, bakla morfolojisi, tane niteliği (iri taneli, dolgunluk, renk) ve hastalık reaksiyonları gibi çok yönlü kriterlerle değerlendirilir. Bitki gelişimi süresince tip dışı bireyler elenir ve böylece hatların genetik ve fenotipik bütünlüğü güçlendirilir.

Deneme sonunda kontrol çeşidine göre üstünlük gösteren hatlar belirlenir. Bu aşama sonunda seçilmiş hatlardan elde edilen tohumluk miktarı önemli ölçüde artar ve bir sonraki yıl çeşit ön-denemelerine geçiş için yeterli tohum sağlanmış olur (Tayeh ve ark., 2015).

4. Yıl: Çeşit Ön Denemesi

Fenotipik ve agronomik açıdan üstün olduğu belirlenen hatlar dördüncü yılda daha geniş alanlarda ve kontrollü düzenlerde değerlendirmeye alınır. Denemeler, istatistiksel güvenilirlik sağlayacak şekilde 6 sıralı parseller hâlinde kurulmalı ve tekrarlama sayısı 4 olarak uygulanmalıdır. Ekim düzeni, genotipler arası performans karşılaştırmalarını sağlıklı biçimde yürütmek amacıyla 50 cm sıra arası ve 10 cm sıra üzeri olacak şekilde planlanır. Böylece hem bitki gelişimi yakından izlenebilir hem de denemelerde ölçüm ve örneklemenin güvenilirliği artar. Hatlar; verim performansı, erkencilik, bakla özellikleri, tane niteliği ve fizyolojik stabilite kriterleri açısından standartlaştırılmış bir biçimde karşılaştırılır.

Bu yılın sonunda, çevre etkisinin daha belirginleşmesiyle birlikte stabil ve yüksek performanslı hatların seçimi için güçlü bir veri tabanı elde edilir (Sharma ve ark., 2023).

5. Yıl: Çoklu Çevre Denemeleri

Bu yıl seçilen üstün hatlar farklı lokasyonlarda (çevrelerde) test edilir. Denemeler istatistiksel olarak güvenilir sonuçlar verebilmesi için en az 2, tercihen 3–5 farklı çevrede yürütülmelidir. Her lokasyonda denemeler 6 sıralı parseller halinde kurulur ve tekrarlama sayısı 4 olarak uygulanır. Ekim düzeni,

genotipler arası performans karşılaştırmalarının sağlıklı yapılabilmesi için 50 cm sıra arası ve 10 cm sıra üzeri olacak şekilde planlanır. Bu aralıklar hem bitki gelişimini kolay takip etmeyi sağlar hem de hatların fenotipik ayrımını belirginleştirir.

Multi-çevre denemelerinin temel amacı; genotip $\times$ çevre etkileşimini ortaya koymak, farklı ekolojik koşullar altında stabil verim ve yüksek uyum gösteren genotipleri belirlemektir. Toprak yapısı, yağış dağılımı, sıcaklık rejimi, iklim baskıları ve hastalık yoğunluğu gibi çevresel faktörler bu aşamada hatların performansını belirleyen kritik parametrelerdir (Abdel-Hamid and Salem, 2023).

6. Yıl: Adaptasyon ve Performans Değerlendirmesi

Çoklu çevre denemeleri sürdürülür. Her hattın kendi genetik davranışı ve çevresel tepkisi (“genotip $\times$ çevre etkileşimi”) değerlendirilir. Bu aşamada hedef; bölgesel uyum gösteren üstün hatların ayrılmasıdır (Sharma ve ark., 2023).

7. Yıl: Gelişmiş Çeşit Verim Denemeleri

Sayıları azaltılmış ve üstün performans gösteren saf hatlar geniş alanlarda denemeye alınır. Hatların agronomik, teknolojik ve patolojik özellikleri detaylandırılır. Bu aşamada artık “tescil adayı” olan genotipler belirginleşir (Tayeh ve ark., 2015a,b)

8. Yıl: Tescil Öncesi Üretim

Tescile aday olan genotiplerin tohumlukları küçük ölçekli çoğaltılır. Adaptasyon ve istikrar testleri devam eder. Gerekirse kalite analizleri (protein, karbonhidrat profili, nişasta/şeker oranı) yapılır.

9. Yıl: Tescil Sürecinin Başlatılması

Tescil adayı genotip, belgelendirme için ilgili kuruma sunulur. Çeşidin tüm agronomik ve kalite özellikleri raporlanır. Çeşide isim önerisi yapılır (TTSM, 2021).

10.Yıl: Tohumluk Üretimi

Tescili tamamlanan çeşidin tohumlukları çoğaltılarak üreticiye dağıtılır. Bu aşama ile birlikte ıslah süreci sonlanır; üretim süreci başlar.

4.2.1.3. Teksel Seçme Seleksiyonun Avantajları

- a. Saf hat oluşturulması:** Homozigotluk ve genetik stabilite sağlar.
- b. Yerel çeşit ve gen bankası materyalinin değerlendirilmesi:** Özellikle adaptasyona uygun, yerel koşullara dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesine uygun.
- c. Düşük teknolojik gereksinim:** Karmaşık laboratuvar koşulları olmadan uygulanabilir; küçük araştırma istasyonları için uygundur.
- d. Kalite ve adaptasyon hedefli ıslah:** Tane kalite, dayanıklılık, verim gibi çok sayıda karakter için kullanılabilir.

4.2.1.4. Teksel Seçme Seleksiyonun Dezavantajları

- a. Genetik varyasyonun kısıtlılığı:** Başlangıç materyali sınırlı ise ilerleme yavaş olabilir.
- b. Çok yıllık süreç:** Saf hat ve çeşit elde etmek uzun zaman alır.
- c. Karmaşık karakterlerin ıslah zorluğu:** Çok gen etkili (poligenik) özelliklerde seleksiyon verimi sınırlı olabilir — bu gibi durumlarda moleküler yöntemler (MAS / genomik seleksiyon) ile destek gerekebilir.

4.2.2. Toptan (Mass) Seçme

Toptan seçme yöntemi, bezelye popülasyonu içerisindeki üstün fenotipli genotiplerin seçilmesi ve bu bitkilerden elde edilen tohumların birlikte harmanlanarak yeniden ekime alınması esasına dayanır. Bu yöntemin temel hedefi, bezelye popülasyonunun tarımsal performans ve kalite özelliklerini yıllar içinde iyileştirmektir. Mass seleksiyonu, özellikle genetik varyasyonu geniş olan yerel bezelye çeşitleri ve çiftçi popülasyonları üzerinde etkili bir ıslah yaklaşımıdır.

Bu seleksiyonun iki zayıf yönü vardır:

- a. Genetik ve çevresel etkilerin ayırım zorluğu:** Seçilen bezelye bitkilerinin üstün özelliklerinin genetik yapıya mı yoksa çevre

şartlarına mı bağlı olduğunu fenotipe bakarak kesin olarak söylemek mümkün değildir.

- b. Teksel seleksiyondan farkı:** Toptan seçmede çok sayıdaki üstün bitkinin tohumları birlikte harmanlanır, yani seçilen bitki sayısı birden fazladır. Teksel seleksiyonda ise bitkiler ayrı ayrı hasat edilip takip edilir.

Bu yöntem, özellikle yerel bezelye popülasyonlarının çok sayıda genotip içerdiği durumlarda, emniyetli ve hızlı bir şekilde ıslah yapılmasına olanak tanır (Sharma ve ark., 2023). Toptan seçme geniş materyalle uygulandığında başarı oranı artar, bu nedenle çok sayıda bitkinin seçilmesi önerilir.

4.2.2.1. Toptan Seçme Seleksiyonun Yıllara Göre Uygulanışı

1. Yıl: Populasyon Ayrımı ve Toptan Seçim

Bezelye popülasyonu, tohum durumuna göre 2 m uzunluğundaki bloklara, 50 cm sıra arası ve 15 cm sıra üzeri ekim aralıklarıyla ekilir. Aynı tip içerisinde aynı morfolojik görünümde olan 200–500 adet bitki seçilir ve bu bitkiler topluca hasat ve harman edilir. Gerek duyulursa bu işleme bir sonraki yıl da devam edilir (Abdel-Hamid and Salem, 2023).

Bu aşamada amaç, popülasyon içerisindeki üstün fenotipli bireylerin genel ortalamayı yukarı çekmesini sağlamaktır. Elde edilen harman tohumlarının genetik tabanı geniş olduğundan, populasyonun hem adaptasyon yeteneği hem de performans üstünlüğü korunmuş olur. Ayrıca yüksek seçme yoğunluğu (200–500 bitki) ıslahın hem güvenilirliğini hem de başarı oranını artırır.

2. Yıl: Verim Denemeleri

Seçilen materyal, standart bir çeşit ile karşılaştırılarak çeşit verim denemelerine alınır. Parseller 5 m uzunluğunda, 6 sıralı ve 4 tekerrürlü kurulmalıdır. Ekim sıklığı 50 × 10 cm ölçülerinde uygulanır. Eğer toptan seçme eski bir çeşidi saflaştırmaya yönelik yapıyorsa, standart çeşit olarak saflaştırılan çeşidin kendisi kullanılır. Denemelerde bitki gelişimi, bakla ve tane özellikleri, erkencilik, verim performansı ve kalite parametreleri ayrıntılı olarak değerlendirilir. Ölçümlerde standart çeşidin performansı referans

alınarak seçilen bezelye hatlarının üstünlük düzeyi belirlenir. Denemeler sonunda yüksek adaptasyon ve sabit verim gösteren hatlar bir üst ıslah aşamasına geçirilir.

3. ve 6. Yıllar: Bölge Denemeleri

İkinci yıldaki sonuçlara göre seçilen çeşit adayları, standart çeşitlerle birlikte bölge çeşit verim denemelerine alınır. Bu denemelerde çeşitlerin adaptasyonu, verim stabilitesi, üniformitesi ve teknolojik özellikleri belirlenir. Deneme düzeni ikinci yıldaki gibidir: 5 m parseller, 6 sıralı, 4 tekerrürlü ve 50 × 10 cm ekim sıklığı uygulanır.

Bu aşamada çeşitlerin farklı ekolojik koşullara verdiği tepkiler karşılaştırılır ve genotip × çevre etkileşimi ilk kez net biçimde ortaya konur. Verim ve kalite verileri, standart çeşit ile kıyaslanarak üstünlük dereceleri belirlenir. Ayrıca bitkide bakla sayısı, baklada tane sayısı, çiçeklenme süresi, tane doldurma süresi, vejetasyon süresi vb. agronomik karakterler de değerlendirilir (TTSM, 2021).

Fizyolojik olarak stres koşullarına dayanım ve hastalık reaksiyonları da bu yılda önemli kriterlerdir. Elde edilen sonuçlar, tescil sürecine doğru ilerleyecek hatların seçiminde belirleyici rol oynar.

7. Yıl: Tescil Başvurusu ve Üretim–Yaygınlaştırma

Standart çeşide göre üstünlük gösteren bezelye hatları, istatistiksel analiz sonuçları ve çok çevre denemeleri bulgularına dayanarak çeşit tescil başvurusuna konu edilir. Tescil sürecinde; morfolojik karakterizasyon, verim performansı, kalite parametreleri ve adaptasyon yetenekleri resmi olarak raporlanır ve değerlendirilir (TTSM, 2021).

Tescil sürecini takiben, seçilen bezelye hatlarının tohumları artırılır ve üreticinin kullanımına sunulmak üzere kontrollü tohum üretimine geçilir. Bu aşamada, tohum üretiminde genetik saflığın korunmasına özen gösterilir ve izolasyon mesafeleri dikkatle uygulanır.

Üretilen tohumluklar, demonstrasyon alanları ve tarla günleri aracılığıyla çiftçilere tanıtılır. Çiftçilere dağıtılan tohum materyalinin performansı yetiştirme sezonu boyunca izlenir ve geri bildirimler toplanır.

Böylece hem yeni çeşitlerin yaygınlaştırılması sağlanır hem de bölgesel adaptasyonları hakkında ek veri elde edilir.

4.2.2.2. Toptan Seçme Seleksiyonun Avantajları

- a. **Uygulama kolaylığı:** İşlem teknik olarak basittir ve karmaşık kontrollü melezleme gerektirmez.
- b. **Düşük maliyet:** Laboratuvar altyapısı gerektirmediği için maliyeti düşüktür.
- c. **Hızlı popülasyon geliştirme imkânı:** Popülasyonun genel seviyesini kısa sürede iyileştirir.
- d. **Yerel genetik kaynaklar için uygun:** Genetik varyasyonu geniş yerel bezelye popülasyonlarında başarı oranı yüksektir (Sharma ve ark., 2023).
- e. **Adaptasyon gücünün korunması:** Seçim doğal çevre koşullarında yapıldığı için seçilen materyal çevresel uyum özelliğini korur.
- f. **Genetik tabanın daralmaması:** Çok sayıda bitki bir arada değerlendirildiğinden popülasyon daralmaz, genetik erozyon riski düşüktür.
- g. **Tohum sağlığı kolayca korunabilir:** Üstün bitkilerden gelen tohum toplu olarak üretildiğinden, tarlada uygulaması pratiktir.

4.2.2.3. Toptan Seçme Seleksiyonun Dezavantajları

- a. **Fenotip-genotip ayrımı belirsizdir:** Seçim yalnız fenotipe dayanır; üstünlük çevre koşulundan mı yoksa genetik yapıdan mı kaynaklandığı kesin bilinemez.
- b. **Homojenlik (uniformite) düşüktür:** Popülasyon çok genotipli olduğu için saf hat elde edilemez; çeşit içinde varyasyon devam eder.
- c. **Islah etkisi sınırlıdır:** Melezleme içermediğinden yeni gen kombinasyonları ortaya çıkmaz; seleksiyon mevcut varyasyonu sadece optimize eder.
- d. **Başarı çevreye duyarlıdır:** Çevre koşulları seleksiyona yön verdiğinden stabil olmayan hatlar seçilebilir.

- e. Küçük örnekleme risklidir:** Az sayıda bitki seçilirse başarı düşer; geniş örnekleme zorunludur.

4.3. Melezleme

Bezelye kendine döllenme gösteren bir tür olmasına rağmen, ıslah çalışmalarında genetik varyasyonu artırmak ve üstün gen kombinasyonları oluşturmak amacıyla kontrollü melezleme yaygın olarak uygulanmaktadır (Ceyhan, 2004). Melezleme, iki genetik olarak farklı ebeveynin genetik materyalinin birleştirilmesiyle yeni genetik kombinasyonların oluşturulmasını sağlar (Dalgıç nad Ceyhan, 2018). Bu yöntem, özellikle verim artışı, kalite iyileştirmesi, hastalık ve zararlı dayanıklılığının geliştirilmesi gibi hedeflerde kritik bir rol oynar (Abdel-Hamid ve Salem, 2021; Taşyürek ve Ceyhan, 2022; Singh ve ark., 2023).

4.3.1. Bezelyede Çiçek Yapısı

Bezelye bitkisi kelebek (*papilionase*) formda çiçek yapısına sahip olup, bu yapı baklagiller (*Fabaceae*) familyasının karakteristik özelliğini yansıtır (Şekil 1). Çiçeğin şekli ve organların düzenlenişi hem botanik tanımlamada hem de ıslah çalışmalarında özellikle melezleme tekniğinin başarısında önemli rol oynar (Ceyhan, 2004). Bezelye çiçeği beş çanak yaprak, beş taç yaprak, on erkek organ ve bir dişi organdan oluşur. Taç yaprakların bayrak, kanatçık ve kayıkçık şeklindeki farklılaşmış görünümü çiçeğe özgün bir yapı kazandırır ve polen aktarım mekanizmasının düzenlenmesinde görev alır. Bu yapısal unsurların doğru şekilde tanımlanması, özellikle kastrasyon ve kontrollü tozlama çalışmalarının etkin biçimde yürütülmesi açısından büyük önem taşır (Ceyhan, 2004).



Şekil 1. Bezelye çiçeği (Orijinal)

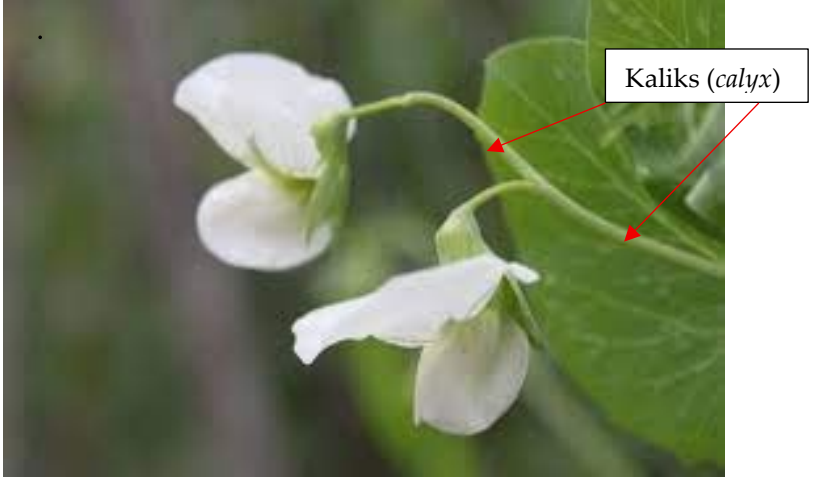
4.3.1.1. Çanak Yapraklar

Bezelye çiçeğinde çanak yapraklar, çiçeğin dış kısmını oluşturan ve genellikle yeşil renkte görülen koruyucu yapılardır. Beş adet çanak yaprak bulunur ve bunlar alt kısımlarından birleşerek boru şeklinde bir yapı meydana getirir; bu yapıya kaliks (*calyx*) adı verilmektedir (Şekil 2). Kaliks, çiçeğin tomurcuk döneminde iç organları dış etkilerden koruyarak çiçeğin gelişiminde önemli bir görev üstlenir. Aynı zamanda kayıkcık ve diğer taç yaprakların desteklenmesinde temel bir yapı birimi olarak işlev görür. Bezelyede çanak yaprakların biçim ve birleşme düzeyi, botanik tanımlamada ve ıslah çalışmalarında morfolojik ayırt edici özellikler arasında değerlendirilmektedir (Akçin, 1988; Şehirli, 1988; Ceyhan, 2004).

4.3.1.2. Taç Yapraklar

Bezelye çiçeğinde taç yapraklar toplam beş adet olup, çiçeğin karakteristik kelebek şeklini oluşturan en dikkat çekici yapısal elemanlardır. Taç yapraklar arasında bayrak yaprak (*vexillum*) en büyük olanıdır ve çiçeğin üst kısmında yer alır (Şekil 3). Bayrak yaprak alt kısmında diğer taç yapraklarla birleşerek *corolla* adı verilen tüp şeklinde bir yapı meydana getirir. Yapısal görünümü ve parlaklığı sayesinde böcekleri çiçeğe yönlendirmede önemli bir rol oynar, dolayısıyla polen taşınmasına dolaylı

katkı sağlar. Bezelye çiçeğinin gösterişli formunu sağlayan bu taç yaprak yapısı hem taksonomik ayırımı hem de ıslah çalışmalarında melezleme etkinliğini doğrudan etkilemektedir (Akçin, 1988; Şehirali, 1988).

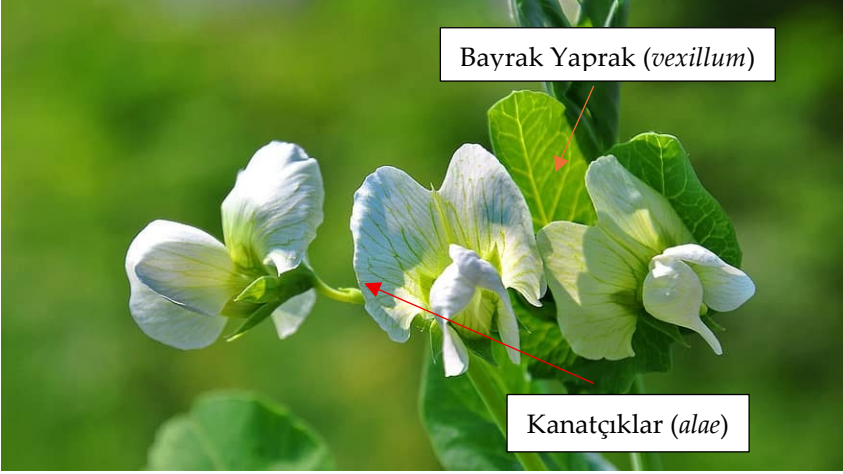


Şekil 2. Bezelye çiçeğinde çanak yapraklar ve kaliks (Orişinal)

Bezelye çiçeğinde iki adet bulunan kanatçıklar (*alae*), yapısal olarak çiçeğin yan kısımlarında yer alır (Şekil 3). Çiçek açmadan önce kanatçıklar kayıkçığa sıkıca bitişik halde bulunur ve kayıkçıkla birlikte içte yer alan generatif organların korunmasına katkı sağlar. Bu birliktelik, tozlaşma ve dölleme öncesi organların dış etkilerden zarar görmesini engeller ve çiçek açma sürecinin düzenli şekilde ilerlemesine yardımcı olur. Kanatçıkların şekli, büyüklüğü ve kayıkçık ile ilişkisi, bezelye çiçeğinin morfolojik tanımlanmasında önemli ayırt edici özelliklerdendir (Akçin, 1988; Şehirali, 1988).

Bezelye çiçeğinde kayıkçık (*carina*), iki taç yaprağın bir kenar boyunca birleşmesiyle oluşan özel bir yapıdır. Bu birleşme sonucu meydana gelen kayıkçık, çiçeğin iç kısmında yer alan erkek organlar (*stamenler*) ve dişi organ (*pistil*) için koruyucu bir kılıf görevi görür. Özellikle çiçek açmadan önce kayıkçığın kapalı duruşu, generatif organları dış çevre koşullarından, mekanik etkilerden ve kuraklık stresinden korumaya yardımcı olur. Çiçek morfolojisindeki bu işlevsel yapı, bezelyede kontrollü melezleme

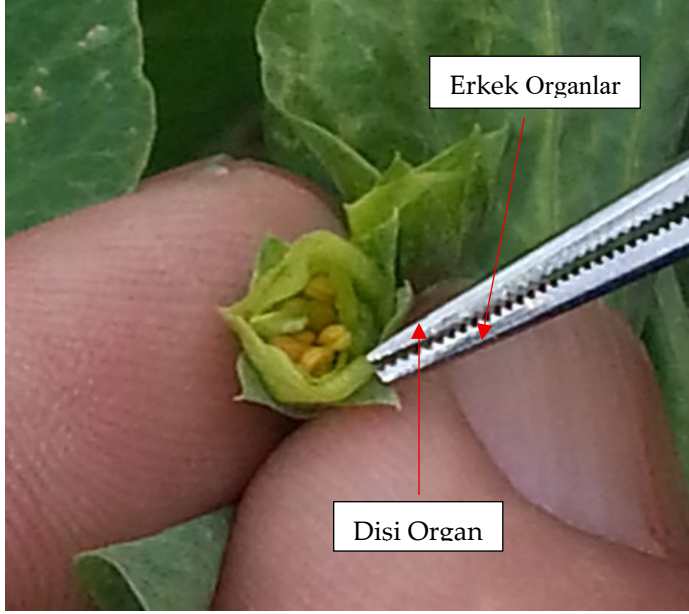
alışmalarının başarıyla yürütülmesinde de kritik öneme sahiptir (Akçin, 1988; Şehirali, 1988).



Şekil 3. Bezelye çiçeğinde bayrak yaprak ve kanatçıklar (Orijinal)

4.3.1.3. Erkek Organ

Bezelye çiçeğinde erkek organ (*androecium*) sistemi, karakteristik olarak “iki parçalılık” (*diadelphous*) gösterir ve toplam on adet iplikçik (*flamentten*) oluşur (Şekil 4). Bu iplikilerden dokuzu bir araya gelerek bir tüp şeklinde birleşirken, biri serbest halde bulunur; bu durum “9 + 1” formülasyonu ile tanımlanır. *Flament*’lerin uzunluğu genellikle 6–8 mm arasında olup, polen keselerini taşıyarak dölleme sürecinde aktif rol oynar. Erkek organların bu birleşik ve tüp benzeri yapısı, çiçeğin karakteristik kelebeksi (*papilionase*) morfolojisiyle uyum gösterirken, aynı zamanda dişi üreme organının kayıkçık içerisinde güvenli şekilde korunmasına önemli katkıda bulunur (Akçin, 1988; Şehirali, 1988).



Şekil 4. Bezelye çiçeğinde erkek organlar ve dişi organ (Orijinal)

4.3.1.4. Dişi Organ

Bezelye çiçeğinde dişi organ (*gynoecium*), yumurtalık (*ovary*), dişiçik borusu (*style*) ve dişiçik tepesinden (*stigma*) oluşan bir yapı bütünüdür (Şekil 4). Yumurtalık bölümünde genellikle 2–8 adet tohum taslağı bulunur ve bu yapı tek karpelli bir yapıya sahiptir. Yumurtalık gelişim sürecinde embriyonik tohumun oluştuğu temel bölgeyi temsil eder. Dişiçik borusu ise 3–4 mm uzunluğunda olup tüysüz (çıplak) bir yüzey yapısıyla dikkat çeker. Dişiçik tepesi (*stigma*), polenin tutulması ve çimlenmesi için uygun yüzey koşullarını sağlayarak başarılı döllenme için kritik bir görevi üstlenir. Bu üreme yapısının morfolojik özellikleri, bezelyede melezleme çalışmalarında zamanlama, polen transferi ve döllenme başarısı açısından önemli belirleyicilerdir (Akçin, 1988; Şehirli, 1988).

4.3.1.5. Çiçek Tablası

Bezelye çiçeğinde çiçek tablası (*Receptaculum*), çanak yapraklar, taç yapraklar, erkek organlar ve dişi organ gibi tüm çiçek elemanlarının bağlandığı temel yapı bölgesidir. Bu bölüm, çiçeğin en alt kısmında yer alır

ve farklı organların düzenli yerleşimini sağlayarak çiçek morfolojisinin bütünlüğünü oluşturur. Aynı zamanda çiçek organlarının beslenme ve destek koordinasyonunun sağlandığı fizyolojik bir merkezdir. Bu nedenle çiçek tablası, çiçeğin hem mekanik stabilitesini hem de gelişimsel işlevselliğini belirleyen önemli bir yapı olarak değerlendirilir (Akçin, 1988; Şehirli, 1988).

4.3.2. Çiçek Tablası

Bezelye kendine dölleme (autogami) özelliği gösteren bir türdür. Çiçek şekli, görünüşte böcek ziyaretine uygun olsa da döllemenin büyük bölümü çiçek henüz tomurcuk halinde iken gerçekleşir (Akçin, 1988). Bu nedenle bezelyede kendine dölleme baskındır ve doğal koşullarda yabancı tozlanma oranı oldukça düşüktür (Şehirli, 1988). Araştırmalara göre anterler çiçek açmadan kısa bir süre önce polenlerini bırakır ve çiçek açıldığında stigma polenle kaplı durumdadır (Tayeh ve ark., 2015a,b). Bazı çalışmalarda ise döllemenin çiçek açımından 24–38 saat sonra tamamlandığı belirtilmiştir (Smýkal ve ark., 2018). Bu fizyolojik yapı ve zamanlama, bezelyenin yüksek seviyede kendine dölleme yeteneğine sahip olmasının temel nedenleri arasında yer almaktadır (Ceyhan, 2004).

Bezelyede yabancı dölleme oranı çevre koşullarına bağlı olmakla birlikte genellikle %1–2 düzeyindedir (Zhang et al., 2025). Tür genel olarak uzun gün bitkisi olarak kabul edilir, ancak erkenci ve bodur çeşitler gün uzunluğuna belirgin tepki göstermemektedir (Sharma et al., 2023). Uzun gün isteyen çeşitlerde sıcaklığın da belirleyici rol oynadığı; düşük sıcaklıkların gelişmeyi sınırladığı, uygun sıcaklığın ise generatif fazı hızlandığı bildirilmektedir (Jiang et al., 2019). Ovül sayısı ve çiçek büyüklüğü gibi morfolojik özelliklerin dölleme başarısını etkilediği ortaya konmuştur (Sinjushin et al., 2023). Genetik çeşitlilik çalışmalarına göre ise doğru ebeveyn seçimiyle melezleme uygulamalarının genetik kazanımı artırabileceği vurgulanmaktadır (Lagoriya ve ark., 2018). Bu nedenle dölleme biyolojisinin iyi anlaşılması, bezelye ıslahında melezleme zamanlaması ve ebeveyn seçimi açısından kritik önem taşır (Smýkal et al., 2018).

4.3.2. Melezleme Çalışmalarında Dikkat Edilecek Hususlar

4.3.2.1. Anaç (Ebeveyn) Seçimi

Melezleme ıslahında başarıya ulaşmanın ilk ve en kritik adımı, uygun ebeveyn (anaç) materyalin belirlenmesidir. Seçilecek anaçların genetik ve fenotipik üstünlükleri, melezlerden elde edilecek varyasyonun kalitesini ve ıslah hızını doğrudan etkiler. Bu nedenle; ıslah amacı doğrultusunda istenen özellikleri en iyi temsil eden genotiplerin seçilmesi gerekir. Ebeveyn seçimi; heterozis düzeyi, rekombinant varyasyon genişliği ve seleksiyon etkinliğini belirleyen temel bir faktör olarak kabul edilmektedir (Goulet ve ark., 2017; Chung ve Liao, 2022).

- a. **Yüksek Verim:** Melezlemede kullanılan anaçların birincil hedefi, yüksek verim potansiyeline sahip materyallerin birleştirilmesidir. Genetik olarak yüksek verimli ebeveynlerin kombinasyonu, melezlerde heterozis ve heterobeltiosis düzeylerini yükseltmektedir. Ebeveyn performansının verim bileşenleri açısından değerlendirilmesi, özellikle ıslah çalışmalarında yaygın şekilde kullanılmaktadır (Ceyhan, 2004).
- b. **Biyotik Stres Şartlarına Dayanıklılık (Hastalık ve Zararlılar):** Hastalık ve zararlılara dayanıklı genotiplerin seçimi, özellikle epidemiyolojik risklerin yüksek olduğu bölgelerde sürdürülebilir üretim için kritik önemdedir. Literatürde modern ıslah yaklaşımlarının biyotik stres toleransı kazandırmada ebeveyn seçiminin belirleyici olduğu vurgulanmaktadır (Hussain, 2015). Dayanıklılık genlerinin melez döllere aktarılması, seleksiyon etkinliğini artırır ve yüksek performanslı F₁/F₂ kombinasyonlarının sayısını yükseltir.
- c. **Abiyotik Stres Şartlarına Dayanıklılık (Soğuk, Sıcak, Kuraklık vb.):** Çevresel streslere dayanım, çoklu gen etkisi ile kontrol edilen kompleks bir özelliktir. Bu nedenle farklı stres koşullarına uyumlu genotiplerin ebeveyn olarak seçilmesi, melez materyalde adaptasyon kabiliyetini artırır. Bezelyede düşük sıcaklığa dayanıklılık kalıtımı üzerine yapılan çalışmalar, ebeveyn seçiminin stres toleransı aktarımında kritik rol oynadığını açıkça göstermektedir (Ceyhan, 2006).

d. Kalite Özellikleri (Protein, Nişasta, Şeker, Aminoasit İçeriği vb.): Besin kalite özellikleri taşıyan anaçların kombinasyonu, hem tescile aday yüksek kaliteli genotiplerin gelişimini destekler hem de ürünün protein, karbonhidrat ve diğer biyokimyasal bileşenlerce zenginleştirilmesini sağlar. Bitki ıslahında kalite kriterlerinin genomik tahmin yöntemleriyle ebeveyn seçiminde kullanılabildiği modern çalışmalarda belirtilmiştir (Chung ve Liao, 2022).

4.3.2.2. Anaçların Çiçeklenme Dönemlerinin Eş Zamanlı Olmalarının Temini

Melezleme çalışmalarında başarılı döllenmenin gerçekleşebilmesi için ebeveynlerin çiçeklenme dönemlerinin mümkün olduğunca eş zamanlı olması gerekir. Özellikle tarla koşullarında yürütülen programlarda, iki anaç arasında çiçeklenme zamanının farklılık göstermesi melez tohum elde etme oranını düşürür ve kontrollü tozlama sürecini zorlaştırır. Bu nedenle çiçeklenme eş zamanlılığını sağlamak amacıyla ekim zamanlarının düzenlenmesi kritik bir ıslah stratejisidir. Pratik uygulamada; anaçlar birden fazla tarihte ekilerek, çiçeklenme periyotlarının kesişmesi sağlanır (Acquaah, 2007). Ayrıca fenolojik uyumsuzluğu azaltmak için erken/geç olgunlaşan ebeveyn kombinasyonlarında ekim aralıklarının optimize edilmesi önerilmektedir (Allard, 1999). Bazı çalışmalarda, çiçeklenme tarihlerini senkronize etmek amacıyla sulama, bitki büyüme düzenleyicileri veya çevresel faktör ayarlamaları da kullanılmıştır (Singh ve Chaudhary, 1985). Bu yaklaşım özellikle kendine döllen türlerde (örneğin *Pisum sativum* L.) kontrollü melezleme etkinliğini artırmakta ve melez tohumu elde etme oranını yükseltmektedir (Ceyhan, 2004).

4.3.2.3. Anaçların Sıhhatli Yetiştirilmesi

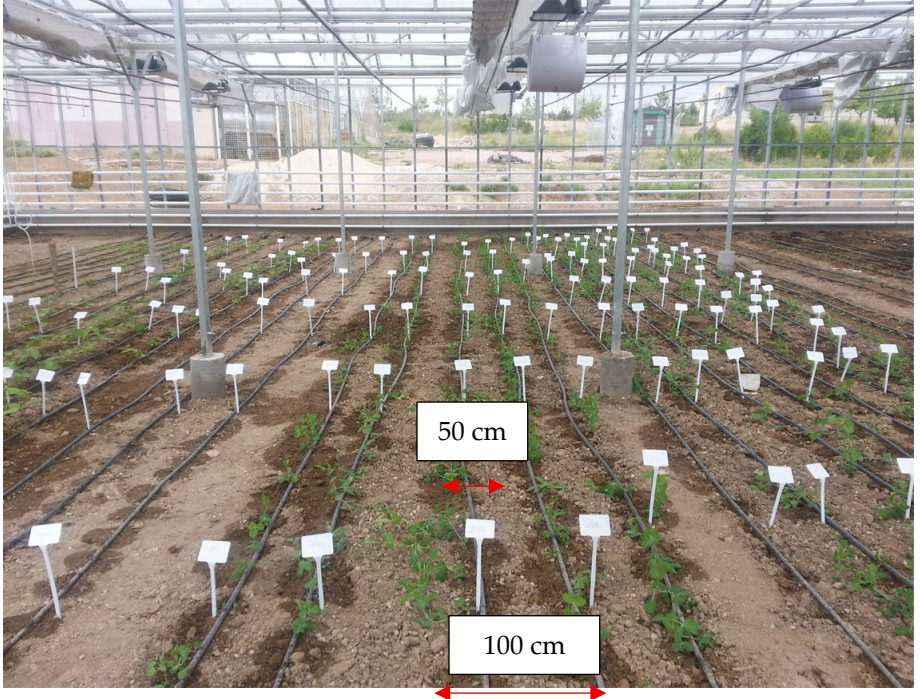
Melezleme çalışmasında başarılı sonuç elde etmek büyük ölçüde anaç bitkilerin fizyolojik ve morfolojik olarak sağlıklı yetiştirilmesine bağlıdır (Şekil 5). Anaçlar ne kadar güçlü gelişim gösterirse, çiçek oluşumu, polen canlılığı ve tohum bağlama oranı da o ölçüde artar. Bu nedenle anaçların tür ve çeşit özelliklerine uygun kültürel işlemlerle yetiştirilmesi temel bir ıslah prensibidir. Özellikle sulama, gübreleme, hastalık-zararlı kontrolü, yabancı ot

mücadelesi ve uygun toprak işleme düzenli şekilde uygulanmalıdır (Acquaah, 2007).



Şekil 5. Bezelye melezleme çalışmalarında anaçların yetiştirilmesi (Orijinal)

Gerek sera gerek tarla koşullarında yürütülen melezleme çalışmalarında, bitkilerin yeterli ışık ve hava alışverişi sağlayacak şekilde yerleştirilmesi önemlidir. Bitkilerde sık dikim, hastalık bulaşmasını artıracak gibi çiçeklenme ve gelişme performansını da düşürür. Bu nedenle sıra arası mesafenin ilk iki sıra 50 ve sonraki sıra ise 100 cm ve sıra üzeri mesafenin en az 15 cm olacak şekilde düzenlenmesi önerilmektedir (Şekil 6). Benzer mesafe önerileri baklagillerde kontrollü melezleme çalışmalarında da rapor edilmiştir (Dalgıç ve Ceyhan, 2018). Bitkiler arası yeterli alan bırakılması; anaçların sağlam gelişimini, çiçeklerin sağlıklı oluşumunu ve kontrollü tozlamının kolay yapılmasını sağlamaktadır (Ceyhan, 2004).



Şekil 6. Bezelye melezleme çalışmalarında kullanılan sıra arası mesafeler (Orijinal)

4.3.3. Melezlemede Kullanılan Aletler

Melezleme işlemlerinde kullanılan alet ve malzemelerin doğru ve steril biçimde uygulanması, kontrollü tozlamının başarısını doğrudan etkileyen temel unsurlardandır (Şekil 7). Özellikle kendine döllen bitki türlerinde (örneğin baklagiller) melezleme hassas bir çalışma disiplini gerektirir (Acquaah, 2007; Uçar ve Sözen, 2022). Aşağıda bu amaçla kullanılan başlıca ekipmanlar açıklanmıştır.

1. **Pens:** Pens, çiçeğin hassas biçimde açılmasında ve kastrasyon (emaskülasyon) işleminin gerçekleştirilmesinde kullanılır. Çiçek dokusuna zarar vermeden anterlerin uzaklaştırılması, başarılı melezlemelerde kritik önemdedir (Allard, 1999). Bu işlem sırasında pensin steril olması, dışarıdan polen kontaminasyonu riskini azaltır (Ceyhan, 2004).
2. **Alkol:** Pens, makas ve benzeri aletlerin sterilizasyonunda alkol kullanılmaktadır. Sterilizasyon, tozlanma sırasında yabancı polen

girişini ve patojen bulaşmasını engeller; böylece melezleme doğruluğu artar (Acquaah, 2007). Kontrollü polinasyon çalışmalarının temel prensibi, işlemin steril koşullarda yürütülmesidir (Ceyhan, 2004).

3. **Makas:** Makas, çiçek salkımında mezelenen çiçeğin dışındaki çiçeklerin uzaklaştırılması için kullanılır. Böylece polen akış yönü kontrol altına alınır ve yanlış döllenme riski minimize edilir. Ayrıca etiket bağlamak için kullanılacak ipin kesilmesinde de yararlanır (Allard, 1999).
4. **İp,** etiketi bitkiye bağlamak için kullanılır. Etiketlin sağlam bir şekilde bağlı olması, melezleme kaynağının ilerleyen jenerasyonlarda izlenebilirliğini kolaylaştırır. Bu yaklaşım, özellikle hat üretiminde genetik doğruluğun korunması açısından önemlidir (Acquaah, 2007).
5. **Etiket:** Etiketleme melezleme çalışmalarında kayıt sistemi açısından zorunlu bir uygulamadır. Etikete kurşun kalem ile melezin ana ebeveyni, baba ebeveyni, melezlemeyi yapan araştırmacı ve tarih yazılır. Etiketleme; materyal takibini kolaylaştırır, seleksiyon aşamalarında karışıklığı önler ve ıslah sürecinin bilimsel doğruluğunu güçlendirir (Ceyhan, 2004).



Şekil 7. Bezelye ıslahında kullanılan aletler (Orijinal)

4.3.4. Melezlemede Kullanılacak Çiçeğin Seçimi

Melezleme işlemlerinde kullanılacak çiçeğin doğru seçilmesi, kontrollü döllenme başarısını doğrudan etkileyen temel bir uygulamadır (Şekil 8). Anaç olarak kullanılacak bitkilerde, özellikle ilk çiçek salkımlarında yer alan ilk çiçeklerin melezleme için tercih edilmesi, polen canlılığı, stigma etkinliği ve tohum bağlama oranının yüksek olmasından dolayı başarıyı artırmaktadır (Eser, 1974; Ceyhan, 2004). Genç ve tam fizyolojik olgunluk evresindeki çiçeklerde melezleme yapılması, polen-stigma etkileşiminin yüksek etkinlikle gerçekleşmesini sağlamaktadır (Ceyhan, 2004).



Şekil 8. Bezelye melezlemede kullanılan çiçeğin görünüşü (Orijinal)

Bir bitki üzerinde melezleme yapılabilecek çiçek sayısı sınırlıdır. Pratik uygulamada, sağlıklı gelişim gösteren çiçek salkımlarında seçilen 4–5 adet çiçeğe melezleme uygulanabilmektedir. Melezleme yapılacak çiçeğin çevresindeki çiçek tomurcukları makas yardımı ile uzaklaştırılır. Böylece dış polen karışımı riski azaltılır, tozlama işleminin kontrolü kolaylaşır ve işaretleme (etiketleme) doğruluğu sağlanır.

Emaskülasyon (kısırlaştırma) için seçilecek çiçeklerde dikkat edilmesi gereken nokta; anterlerin henüz tozlaşmaya çok yakın fakat patlamamış

(dehisans gerçekleşmemiş) fizyolojik durumda olmasıdır (Şekil 8). Bu evre, döllenme öncesi optimum zamandır; anterlerin uzaklaştırılması sırasında stigma zarar görmez ve başarılı kontrollü tozlama yapılabilir (Eser, 1974; Ceyhan, 2003). Bu seçim prensipleri, özellikle bezelye ıslahında kontrollü melezleme başarısını belirgin şekilde artırmaktadır.

4.3.4. Kısırlaştırma

Bezelye çiçeklerinde kısırlaştırma (emaskülasyon) işlemi, kontrollü melezleme çalışmalarının kritik basamağını oluşturur. Uygulamanın en uygun zamanı genellikle çiçeğin açılmasından bir gün önceki fenolojik dönemdir. Bu evrede çiçek tomurcuğunda bayrak yaprak (*vexillum*) çok açık yeşilimsi-beyaz bir renk alır ve bu görünüm tomurcuğun emaskülasyon için ideal gelişim evresinde olduğunu gösterir (Eser, 1974; Şehirali, 1988). Bu nedenle uygulama için söz konusu evredeki tomurcuklar seçilir (Şekil 9) (Ceyhan, 2004).

Tomurcuk, sol elin başparmağı ve işaret parmağı arasında bayrak yaprağının kapanma yeri araştırıcıya bakacak biçimde tutulur (Şekil 9). İşlem sırasında kullanılacak pens her deneme öncesi %95'lik alkol ile sterilize edilir ve temiz bir bezle kurulanır. Sterilizasyon, dış polen kontaminasyonunu ve fungal bulaşmayı önlemede önemli bir basamaktır (Eser, 1974; Şehirali, 1988; Ceyhan, 2004).

Emaskülasyon işlemine başlamak için keskin fakat düz uçlu bir pens kullanılır. Bayrak yaprak birleşme yerinden dikkatlice açılır ve sol yarısı geriye çevrilerek başparmakla aşağı doğru bastırılır. Böylece kanatçıklar (*alea*) açılır ve birleşmiş olan kayıkçığın (*carina*) ortaya çıkması sağlanır. Ardından pensin ucu ile kayıkçık (*carina*) dikkatli bir biçimde yırtılır ve daha sonra Şekil 5'de gösterildiği gibi tamamen açılır. Bu aşamada anterler ve dişiçik borusunun üst kısmı dışarı çıkarılmış olur.



Şekil 9. Bezelye melezlemede kullanılan çiçeğin kısırlaştırma işlemi (Orijinal)

Bu işlemler sırasında verilecek küçük bir zarar dahi melezleme başarısızlığına neden olabileceğinden, çiçeğin anatomik bütünlüğüne yüksek hassasiyet gösterilmelidir (Eser, 1974; Ceyhan, 2004).

Anterlerin uzaklaştırılması aşamasında dişi tepesi ve dişi borusunun üst kısmı yukarıda tutulur (Şekil 9). Anterler daha önce alkol ile sterilize edilmiş pens yardımıyla tek tek toplanır (Şekil 10). Bu sırada anterlerin tam olarak sayılması ve çiçek içerisinde hiç anter kalmadığının doğrulanması önemlidir (Şekil 10). Anterlerin çiçek içerisinde kalması yanlış döllenmeye veya kendine tozlanmaya neden olabilir (Şehirli, 1988; Ceyhan, 2004). Tüm anterler uzaklaştırıldıktan sonra çiçek kontrollü tozlamaya (polinasyona) hazır hale gelmiştir (Eser, 1974; Ceyhan, 2004).



Şekil 10. Bezelye melezlemede kullanılan çiçekten polenlerin uzaklaştırılması (Orijinal)

4.3.5. Tozlama

Bezelye melezleme çalışmalarında kontrollü tozlama, emascülasyon işleminden sonra çiçeğin döllenme aşamasını oluşturan kritik adımdır . Tozlama işlemi genellikle sabahın erken saatlerinde (05:00–08:00) uygulanır; çünkü bu saatlerde hem çiçek tozu (polen) canlılığı yüksektir hem de dişiçik tepesinin (stigma) polen alım kapasitesi optimal düzeydedir (Eser, 1974; Ceyhan, 2004).



Şekil 11. Bezelyede melezlemede baba olarak kullanılacak çiçek (Orijinal)

Tozlayıcı polen keseleri, yeni patlamış (dehisansı yeni gerçekleşmiş) çiçeklerden seçilir (Şekil 11). Taze polenlerin kullanılması döllenme başarısını artırır ve sağlıklı F₁ tohum bağlanmasını destekler (Ceyhan, 2004).

Tozlama işlemi sırasında emaskülasyonda olduğu gibi çiçek sol elle tutulur. Sağ elle çiçeğin kanatçıkları (*alea*) aşağı doğru bastırılarak dişicik tepesi ve borusunun üst kısmı dışarı çıkarılır. Steril pens yardımıyla yeni patlamış polen keseleri çıkarılır; bu aşamada aletin steril olması yabancı polen bulaşmasını önler (Eser, 1974; Ceyhan, 2004).

Polen aktarımı **iki şekilde** gerçekleştirilebilir:

- a. Tepeciğin doğrudan temas ettirilmesi:** Polen kesesi (tozlayıcı tepecik) dişicik tepesine doğrudan temas ettirilir.
- b. Sürtme yöntemi:** Polen kesesi dişicik tepesine hafifçe sürülerek polen aktarımı sağlanır (Şekil 12).



Şekil 12. Bezelye melezlemesinde tozlama işlemi (Orijinal)

Her iki uygulamada da amaç, stigma yüzeyine yeterli miktarda canlı polen temasını sağlamaktır (Şehirli, 1988; Ceyhan, 2004). Tozlama işlemi tamamlandıktan sonra çiçek, dış polen bulaşmasına karşı korunmalı ve etiketleme işlemi geciktirilmeden yapılmalıdır.



Şekil 12. Bezelye melezlemesinde etiketleme işlemi (Orijinal)

4.3.6. Melezlemede Etkili Faktörler

Melezleme çalışmalarının başarısı; uygulanan tekniklerin doğruluğu kadar, çevresel koşulların uygunluğu ve araştırmacının bitki yapısına hâkimiyeti ile de yakından ilişkilidir. Bezelye gibi kendine döllen bitkilerde, polen canlılığı, stigma alıcılığı ve tohum bağlama aşamalarının çevresel faktörlere oldukça duyarlı olduğu bilinmektedir (Eser, 1974; Şehirali, 1988). Bu nedenle melezleme sırasında aşağıdaki faktörler dikkatle kontrol edilmelidir.

4.3.6.1. Kuruma

Melezleme sonrasında çiçek iç yapısının kuruması, döllenme başarısını olumsuz etkiler. Kuru hava, düşük nem veya kuvvetli rüzgar koşulları özellikle dişiye yüzeyindeki sekresyon tabakasını bozarak polenin tutunmasını engeller (Şehirali, 1988). Düşük nem ve düşük sıcaklık koşullarında çiçeğin iç dokuları kurursa tohum bağlama olasılığı belirgin şekilde azalır (Ceyhan, 2004). Bu nedenle melezleme yapılan çiçeklerin çevresel etkilerden korunması önemlidir.

4.3.6.2. Sıcaklık

Sıcaklık, hem polen canlılığı hem de stigma alıcılığı üzerinde etkili fizyolojik bir faktördür. Çok yüksek sıcaklık, polen tüpü gelişimini engellerken; düşük sıcaklık, döllenmeyi geciktirebilir veya tamamen durdurabilir (Acquaah, 2007). Bu nedenle melezleme en uygun sıcaklık aralıklarında yapılmalı ve çevresel sıcaklık değişimleri göz önünde bulundurulmalıdır.

4.3.6.3. Işık

Gün ışığı, polen canlılığı ve dişiçik olgunluğunu etkileyen temel bir faktördür. Aşırı güneş ışığı altında yürütülen melezleme işlemlerinde çiçeklerde fizyolojik stres oluşabilmektedir. Bu durumda döllenme sonrası çiçeklerin gölgede bırakılması başarı oranını artırmaktadır (Hussain, 2015). En uygun uygulama, polinasyon işleminden sonra çiçeklerin güneş yanmasına karşı korunmasıdır.

4.3.6.4. Araştırmacıya Bağlı Faktörler

Yukarıda belirtilen çevresel etkenlerin yanında, melezleme işlemi yapan araştırmacının bilgi ve beceri düzeyi de başarıyı doğrudan etkiler. Bu kapsamda; bitkinin morfolojisini iyi bilmek, bitkinin biyolojisini doğru yorumlamak, bitkinin fizyolojik süreçlerini anlamak, çalışmada sabır ve titizlik göstermek melezlemede başarının temel unsurlarıdır (Eser, 1974; Ceyhan, 2004).

4.3.7. Teksel Seçme (Pedigri) Yöntemi

Pedigri (teksel seçme) yöntemi, bezelye gibi kendine döllen bitkilerde melez kombinasyonlardan elde edilen bireylerin soy kütüğü (pedigri) esas alınarak, birden fazla jenerasyon boyunca ardışık seleksiyonlara tabi tutulması esasına dayanan klasik ve etkin bir ıslah yöntemidir (Allard, 1999; Acquaah, 2007). Bu yöntemde F_1 popülasyonu genetik olarak homojen olup, esas varyasyon F_2 jenerasyonunda ortaya çıktığından seleksiyon yoğunluğu özellikle F_2 , F_3 ve F_4 jenerasyonlarında bireysel bitkiler üzerinden yürütülür; her seçilen bitki ayrı bir “hat/aile” olarak izlenir (Allard, 1999). F_5 – F_7 jenerasyonlarında hatların büyük ölçüde homozigotluğa yaklaşmasıyla

seleksiyon daha çok hatlar arası farklılığa yönelir (Acquaah, 2007). İleri jenerasyonlarda (F_8 – F_{10} ve sonrası) üstün performans gösteren hatlar, standart çeşitlerle birlikte çok lokasyonlu verim denemelerine alınarak kıyaslanır (Şehirli, 1988; Ceyhan, 2004). Pedigri yöntemi, özellikle verim, kalite ve hastalık dayanıklılığı gibi çoklu karakterlerin eşzamanlı seleksiyonuna imkân tanınması ve her jenerasyonda birey/hat bazında detaylı fenotipik değerlendirme yapılabilmesini sağlaması nedeniyle kendine döllen türlerin ıslahında yaygın olarak tercih edilmektedir.

4.3.7.1. Teksel Seçme (Pedigri) Yönteminin Yıllara Göre Uygulanışı

Teksel seçme (pedigri) yöntemi, melezleme ile oluşturulan popülasyonun jenerasyonlar boyunca sistematik olarak izlenmesi ve her jenerasyonda üstün bireylerin seçilerek hat (aile) düzeyinde saflaştırılması esasına dayanır. Bu nedenle yöntemin başarıyla uygulanabilmesi, jenerasyonların planlı şekilde değerlendirilmesini ve seleksiyon şiddetinin yıllara uygun biçimde ayarlanmasını gerektirir. Pedigri yönteminde seleksiyon F_2 'den itibaren başlarken, homozigotluk düzeyi arttıkça seleksiyon ağırlığı bireysel bitkiden hat bazına kaymakta; ileri jenerasyonlarda ise performans, stabilite ve kalite ölçütleri temel kriter olarak ele alınmaktadır. Aşağıda, bu yöntemin yıllık iş akışı ve her jenerasyonda gerçekleştirilen seleksiyon stratejileri sistematik biçimde özetlenmiştir.

1. Yıl – Melezleme ve F_1 Oluşturma

Bu aşamada ıslah hedeflerine uygun (örneğin yüksek verim, kalite, hastalık ve abiyotik stres toleransı) anaçlar seçilerek kontrollü melezleme yapılır (Şekil 13). Emaskülasyon ve kontrollü tozlama işlemleri sonucunda elde edilen F_1 tohumları küçük parsellerde yetiştirilir. F_1 popülasyonu genetik olarak homojen olduğundan bu dönemde seleksiyon uygulanmaz ve amaç F_2 'de açılmayı sağlayacak popülasyon materyalini oluşturmaktır (Allard, 1999; Ceyhan, 2004).

2. Yıl – F₂ Jenerasyonu (Genetik Açılma)

F₁ jenerasyonundan elde edilen F₂ tohumları, genetik varyasyonun maksimum olduğu popülasyonu oluşturur (Şekil 14). Bu nedenle F₂ bitkileri 50 × 20 cm aralıklarla seyrek ekilir ve seleksiyon bireysel bitki düzeyinde yürütülür. Agronomik performansı iyi olan, hastalık belirtisi göstermeyen ve istenen fenotipik özelliklere sahip bitkiler işaretlenir (Şekil 13). Seçilen her F₂ bireyin tohumu ayrı olarak muhafaza edilir ve bunların her biri yeni bir pedigree hattının başlangıcını oluşturur (Acquaah, 2007; Şehirali, 1988).

3. Yıl – F₃ Jenerasyonu (Aile/Hat Bazlı Seleksiyonun Başlangıcı)

F₂ jenerasyonunda seçilen her bir bireyin tohumu (aile sıraları) ayrı sırada ekilir. Vejetasyon süresince yapılan fenotipik gözlemler doğrultusunda zayıf gelişen, heterojen görünümlü veya hastalıklı sıralar tamamen elenir; buna karşılık genetik olarak daha homojen ve üstün gelişim gösteren sıralar korunur. Her sıra bir “aile/hat” olarak tanımlanır ve hat içinde tekrar bireysel seleksiyon yapılarak en iyi bitkiler seçilir (Şekil 13). Bu yıl, seleksiyonun aile bazlı sistematik yapıya kavuştuğu kritik aşamadır (Allard, 1999; Ceyhan, 2004).

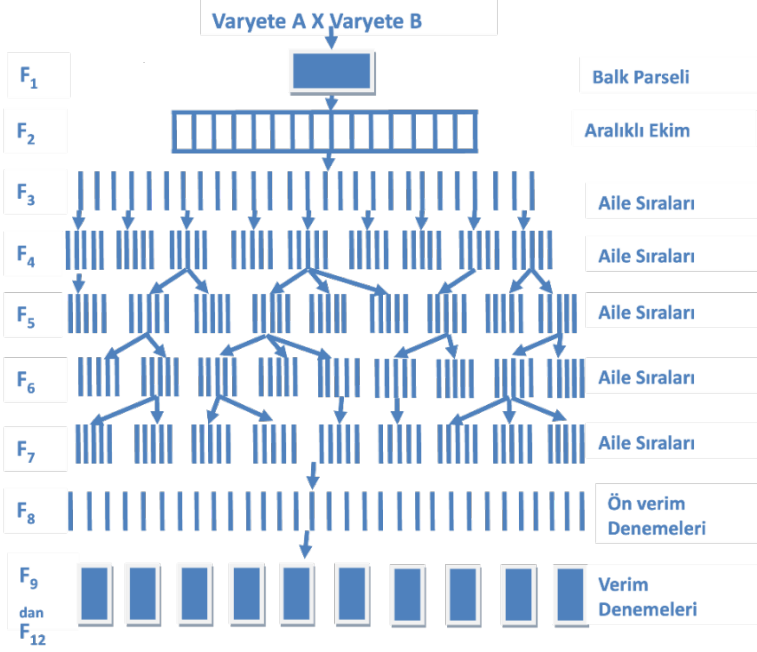
4. Yıl – F₄ Jenerasyonu (Homozigotluğa Yaklaşma ve Hat Elemesi)

Bu yılda, F₃'ten seçilen her hat yine ayrı sıra veya parseller hâlinde yetiştirilir. Genetik homozigotluk düzeyi önceki jenerasyonlara göre önemli ölçüde artmış olsa da tam değildir. Hatlar arasındaki genetik farklılık F₂ ve F₃ jenerasyonuna kıyasla daha belirgin hâle gelir ve bu durum seleksiyonu daha hassas bir aşamaya taşır (Acquaah, 2007). Bu yıl seleksiyonun temel amacı, genetik olarak tutarlı ve üstün performans gösteren hatları belirlemektir. Bu nedenle F₂ ve F₃'te ümit var görünen hatların önemli bir bölümü F₄'te elenir ve genellikle yalnızca 5–10 üstün hat geliştirilmeye devam edilir (Şekil 13).

5. Yıl – F₅ Jenerasyonu (Hatların Stabilizasyonu)

F₅ hattının temel hedefi, seçilen hatların stabilizasyonunu sağlamak ve ilk performans değerlendirmelerini gerçekleştirmektir (Şekil 13). Bu nedenle F₅ hatları çoğunlukla normal veya daha sık ekim sıklığında yetiştirilir (örneğin 40 × 5 cm). Birçok ıslahçı bu yılın sonunda F₅ bitkilerinin tamamını hasat

ederek F_6 jenerasyonu için yeterli tohum üretmeyi tercih ederken, bazı ıslahçılar ise F_5 'te 2-3 tekrarlamalı ön verim denemelerini başlatarak hatların ilk tarımsal performanslarını test etmeyi uygun bulmaktadır (Acquaah, 2007; Şehirli, 1988).



Şekil 13. Bezelyede tekssel seçme (Pedigri) yönteminin yıllara göre uygulanaşı



Şekil 14. Bezelyede F_2 jenerasyonunda genetik açılma (Orijinal)

6. Yıl – F_6 Jenerasyonu (İleri Hat Seleksiyonunun Başlaması)

F₆ jenerasyonunda hatlar artık yüksek düzeyde homozigotluğa ulaşmış olup seleksiyon daha çok hat düzeyinde yürütülür. Bu dönemde temel amaç, önceki yıllarda belirlenen üstün hatların performanslarının daha sağlıklı değerlendirilmesidir. F₆ hatları tekrarlı verim denemelerine alınarak tarımsal karakterlerin stabilitesi, hastalık dayanıklılığı ve tarımsal performans ölçütleri değerlendirilir (Şekil 13). Bu jenerasyon, hatların arasındaki gerçek genetik üstünlüğün ortaya çıktığı dönemdir ve düşük performans gösteren hatlar elenir.

7. Yıl – F₇ Jenerasyonu (Kalite ve Performansın Güçlendirilmesi)

F₇ jenerasyonunda hatlar büyük ölçüde homozigot olduğundan seleksiyon artık sınırlıdır; ancak detaylı performans değerlendirmeleri devam eder (Şekil 13). Bu yılda verim denemeleri yeniden tekrarlanır ve kalite, hastalık dayanıklılığı ile fizyolojik özellikler ayrıntılı biçimde incelenir. Ayrıca, kalite parametreleri (örneğin protein, nişasta ve teknolojik kalite) bu aşamada kritik öneme sahiptir ve analizlerin en geç F₈ jenerasyonunda tamamlanmış olması gerekmektedir (Allard, 1999).

8. Yıl – F₈ Jenerasyonu (Gelişmiş Hatların İlk Performans Değerlendirmesi)

F₈ jenerasyonunda yüksek homozigotluk düzeyine erişmiş hatlar standart bir veya daha fazla çeşit ile karşılaştırmalı verim denemelerine alınır (Şekil 13). Bu denemelerin amacı, hatların tarımsal performansını belirlemek ve ilk çevresel uyum göstergelerini değerlendirmektir. Bu aşamada ümitvar görünen hatlar koruma altına alınarak sonraki denemelere taşınır (Gauch and Zobel, 1997).

9. Yıl – F₉ Jenerasyonu (Çoklu Çevrede Karşılaştırmalı Performans Ölçümü)

F₉ yılında hatlar farklı çevre ve yetiştirme koşullarında denenir. Çoklu çevre değerlendirmeleriyle verim stabilitesi, genotip × çevre etkileşimi, adaptasyon yeteneği ve tarımsal dayanıklılık gibi parametreler belirlenir (Şekil 13). Üstün tarımsal performans gösteren hatlar burada bir kez daha elemekten geçer ve sıradaki aşamaya aktarılır (Gauch and Zobel, 1997).

10. Yıl – F₁₀ Jenerasyonu (Çeşit Adaylarının Belirlenmesi)

F₁₀ yılında, önceki yıllarda üstün performans ve stabilite göstermiş hatlar yeniden standart çeşitlerle kıyaslanır (Şekil 13). İstatistiksel olarak üstünlük gösteren hatlar "çeşit adayı" statüsüne yükseltilir. Bu aşama, geliştirilmiş hatların bölge denemelerine göndermek için son eleme basamağıdır.

11. Yıl – Çok Lokasyonlu Bölge Verim Denemelerinin Başlangıcı

Bu yılda seçilen çeşit adayları, mutlaka en az iki lokasyonda yürütülen çok lokasyonlu bölge verim denemelerine alınır. Denemelerin birden fazla lokasyonda yapılması, hatların farklı iklim, toprak ve çevre koşullarındaki adaptasyon yeteneklerinin güvenilir biçimde belirlenmesini sağlar (Şekil 13). Bu aşama, aday hatların çevresel stabilite ve performans sürekliliğinin ölçülmeye başlandığı bölge denemelerinin başlangıç fazını oluşturur.

12. Yıl – Bölge Verim Denemeleri ve Tescil İçin Değerlendirme

Bu yılda, 11. yılda başlatılan çok lokasyonlu verim denemeleri en az iki, tercihen üç veya daha fazla lokasyonda yeniden yürütülür (Şekil 13). Amaç, farklı çevresel koşullarda elde edilen verim sonuçlarının sürekliliğini değerlendirmek, çeşit adaylarının çevre etkileşimine verdiği tepkileri karşılaştırmak ve adaptasyon yeteneklerini daha güçlü istatistiksel temel üzerinde belirlemektir. Bu süreçte verim, kalite, hastalık dayanıklılığı ve tarımsal performans gibi önemli özellikler ayrıntılı olarak incelenir; çevresel stabilitesi zayıf olan hatlar elenir. Bu yılın sonunda tescil sürecine başvurulabilecek aday hatlar ön değerlendirme ile belirlenir ve yeterli başarı gösteren çeşit adayları tescil aşamasına hazırlanmaya başlanır.

13. Yıl – Tohum Çoğaltma

Bu yılda bir önceki yıllarda yapılan çok lokasyonlu denemelerden başarıyla geçen ve tescile gönderilen hatların tohum çoğaltma işlemleri gerçekleştirilir. Tohum çoğaltma, aynı genetik yapının korunmasını sağlayacak şekilde, izolasyon kurallarına uygun alanlarda yapılır.

4.3.7.2. Teksel Seçme (Pedigri) Yönteminin Avantajları

- a. **Bireysel Bitki Düzeyinde Kontrollü Seleksiyon İmkânı:** Seleksiyon, birey üzerinden yürütüldüğü için üstün genotipleri erken jenerasyonlarda belirlemeye imkân verir.
- b. **Soy Kütüğü Takibi ile Genetik İzlenebilirlik:** Her seçilen bitkinin kökeni kayıt altına alınır; böylece genetik ilerleme ve seleksiyon doğruluğu takip edilebilir.
- c. **Çoklu Karakter Seleksiyonuna Uygunluk:** Verim, kalite, biyotik ve abiyotik stres toleransı gibi birden fazla özelliğin eş zamanlı seleksiyonu yapılabilir.
- d. **Hatların Genetik Saflaştırılması:** İleri generasyonlarda homozigotluk düzeyi artırarak saf hatlar (true-breeding lines) elde edilir.
- e. **Geniş Adaptasyonlu Çeşit Geliştirme Potansiyeli:** Pedigri yöntemi çok lokasyonlu denemelere uygun şekilde ilerleyebildiğinden, çevresel stabilite yüksek çeşitler oluşturulabilir.
- f. **İnce ve Ayrıntılı Fenotipik Gözlem İmkânı:** Yöntem, morfolojik gelişim, kalite özellikleri ve hastalık reaksiyonları gibi detayların değerlendirilmesine imkân verir.

4.3.7.3. Teksel Seçme (Pedigri) Yönteminin Dezavantajları

- a. **Uzun Süreli Bir İslah Süreci:** Yöntem yaklaşık 14 yıllık bir süreyi kapsar; hızlı sonuç alınamaz.
- b. **Yoğun İşgücü ve İzleme Gereksinimi:** Bireysel bitki bazlı kayıt tutma, gözlem yapma ve pedigrilerin takip edilmesi yüksek iş yükü gerektirir.
- c. **Çevre Etkilerine Hassasiyet:** Erken jenerasyonlarda çevre koşulları seleksiyon doğruluğunu etkileyebilir.
- d. **Değerlendirme Maliyeti:** İleri jenerasyonlarda çok lokasyonlu verim denemeleri yüksek maliyet gerektirir.
- e. **Hat Sayısının Fazla Olması Yönetim Zorluğu Oluşturur:** F₂ ve F₃'te çok sayıda hat olduğundan, eleme ve kayıt işlemleri zorlaşır.

- f. Niteliksel Karakterlerde Seleksiyon Daha Kolayken, Niceliksel Karakterlerde Daha Zordur:** Özellikle verim gibi poligenik özelliklerde çoklu çevre etkisi seleksiyonu karmaşık hâle getirir.

4.3.8. Toplu Seçme (Bulk) Yöntemi

Toplu seçme (bulk) yöntemi, kendine döllen türlerde erken jenerasyonlarda seleksiyon yapılmaksızın popülasyonun doğal seleksiyon etkisi altında ilerlemesi ve homozigotluğun sağlanması prensibine dayanan bir ıslah yöntemidir. Bu sistemde seleksiyon, homozigotluk sağlandıktan sonra başlatılır ve hatlar stabil hale geldiğinde ileri performans denemelerine aktarılır. Yöntem ilk olarak buğdayda uygulama alanı bulmuş ve daha sonra kendine döllen birçok türde başarıyla kullanılmıştır (Allard, 1999; Acquaah, 2007).

4.3.8.1. Toplu Seçme (Bulk) Yönteminin Yıllara Göre Uygulanışı

1. Yıl – Melezleme

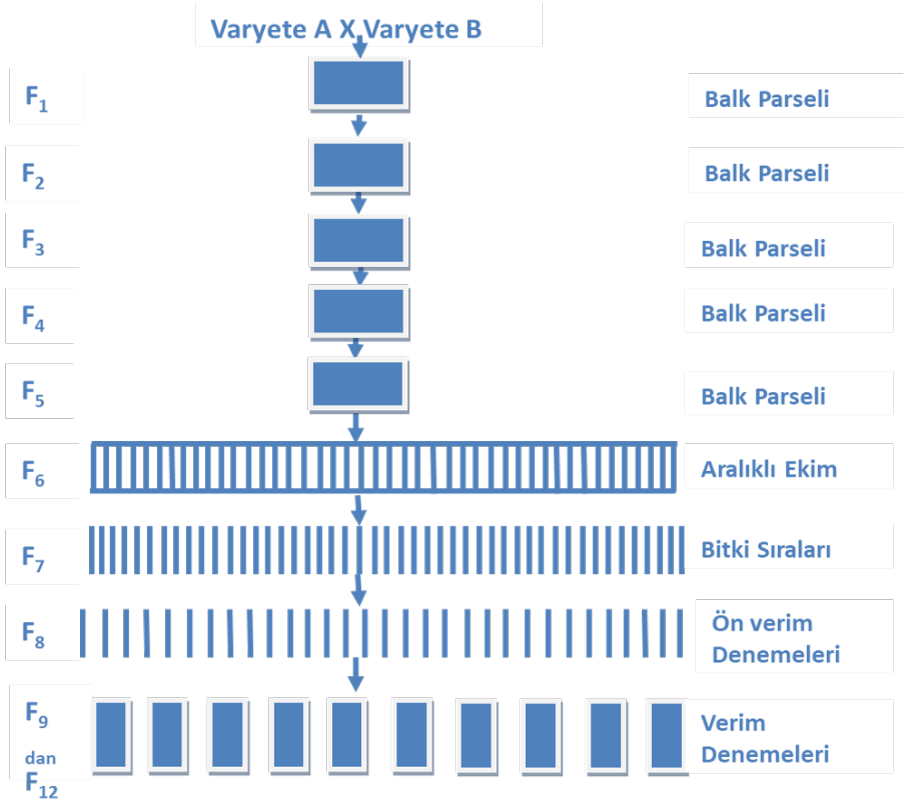
Islah hedeflerine uygun anaçlar belirlenerek kontrollü melezleme işlemi gerçekleştirilir (Şekil 15). Bu aşamada ebeveyn genotipleri; yüksek verim, kalite, hastalık ve zararlı dayanıklılığı, abiyotik stres toleransı, erkencilik veya istenen morfolojik özellikler gibi hedef karakterler doğrultusunda seçilir (Ceyhan, 2004). Melezleme işlemi, emaskülasyon ve kontrollü tozlama teknikleri uygulanarak yürütülür; böylece polen kaynağı tam kontrol altında tutulur ve istenen genetik kombinasyonların elde edilmesi sağlanır. Bu ilk yıl, popülasyonun ilerleyen jenerasyonlardaki genetik yapısını belirleyen kritik basamak olup, sonraki seleksiyon aşamalarının temelini oluşturur (Allard, 1999; Ceyhan, 2004; Acquaah, 2007).

2. Yıl – F₁ Popülasyonu

Bu yılda melezleme sonucu elde edilen F₁ popülasyonu ekilir ve çoğaltılır; ekim sırasında sıra arası 50 cm, sıra üzeri 10 cm mesafe uygulanmalıdır. F₁ bireyleri genetik olarak heterozigot fakat fenotipik olarak homojen görüldüğünden seleksiyon yapılmaz; amaç F₂ için yeterli tohum temin etmektir (Şekil 15). Kültürel işlemler düzenli uygulanmalı, kayıplar önlenmelidir; çünkü popülasyon kaybı F₂'de açılmanın daralmasına yol açar. Yıl sonunda elde edilen F₁ tohumları, F₂'de genetik açılmanın tam olarak değerlendirilebilmesi için temel materyali oluşturur (Allard, 1999; Acquaah, 2007).

3. –6. Yıllar – F₂'den F₅'e (Toplu Popülasyon Şekillendirme)

Bu aşamada F₂ popülasyonu geniş parsellerde toplu yetiştirilir ve ekim sıklığı genellikle 50 × 10 cm olacak biçimde uygulanır. F₂, F₃ ve F₄ jenerasyonlarında herhangi bir seleksiyon yapılmaz; popülasyon her yıl aynı yöntemle yetiştirilerek çevreye uyum sağlayamayan genotiplerin doğal seleksiyonla elenmesi sağlanır (Şekil 15). Böylece çevre koşullarına uyum sağlayan genotiplerin popülasyon içinde korunması amaçlanır (Allard, 1999; Acquaah, 2007). Seleksiyon uygulaması ilk kez F₅ yılında yapılır ve bu aşamada verim, kalite, hastalık dayanıklılığı veya morfolojik özellikler gibi istenen karakterlere sahip bitkiler toplu popülasyon içinden seçilir.



Şekil 15. Bezelyede toplu seçme (Bulk) yönteminin yıllara göre uygulanışı

6. Yıl – F₆ Jenerasyonu (Hat Ayırımı)

Bu yılda toplu popülasyondan gelen F₆ bitkileri artık ayrı sıralar hâlinde yetiştirilir. Genetik homozigotluk düzeyi önemli ölçüde artmış olduğundan, seleksiyon daha güvenilir şekilde yapılabilir (Şekil 15). Bu aşamada hedef, hatları birbirinden ayırarak fenotipik ve agronomik performansları detaylı şekilde değerlendirmektir. İslahçı, artık popülasyonda istenilen özelliklere sahip genotipleri net biçimde seçebilme imkânına sahiptir (Acquaah, 2007).

8. Yıl – Verim Karşılaştırmaları

F₆ ve F₇ jenerasyonlarından elde edilen hatlar, standart bir çeşit ile birlikte ilk verim denemelerine alınır. Bu yıl hatların tarımsal verim düzeyleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilir (Şekil 15). Standart çeşitten daha yüksek

verim ve daha iyi agronomik performans gösteren hatlar ön değerlendirme sonucu çeşit adayı olarak belirlenir. Bu aşama, ıslah programında hat geliştirme sürecinin kritik bir dönüm noktasıdır (Allard, 1999; Şehirali, 1988).

9.–10. Yıllar – Bölge Verim Denemeleri

Çeşit adayı olarak belirlenen hatlar bu aşamada farklı çevre koşullarında denemeye alınır (Şekil 15). Amaç, çevreler arası performans stabilitesinin belirlenmesi ve adayların adaptasyon yeteneklerinin test edilmesidir. Verim, dayanıklılık ve agronomik özellikler çoklu lokasyonlarda istatistiksel olarak değerlendirilir. Bu yıllar sonunda çevreye uyum yeteneği yüksek ve sürekli üstün performans gösteren hatlar ileri aşamaya taşınır (Gauch and Zobel, 1997).

11.Yıl – Çok Lokasyonlu Bölge Verim Denemelerinin Başlatılması

Bu yılda, 8.–10. yıllardaki performans değerlendirmelerinden başarıyla geçen çeşit adayları çok lokasyonlu bölge verim denemelerine alınır (Şekil 15). Denemelerin sağlıklı sonuç vermesi için en az iki farklı ekolojik bölgede, tercihen üç veya daha fazla lokasyonda yürütülmesi gerekir. Amaç, hatların farklı çevre ve yetiştirme koşullarında gösterdikleri verim seviyesi, stabilite ve adaptasyon yeteneklerini test etmektir. Bu dönem, çeşit adaylarının geniş çevreye uyum potansiyelinin belirlenmesinde kritik öneme sahiptir ve tescile aday çeşitler belirlenir.

12. Yıl – Tohumluk Üretimi

Bölge verim denemelerinde standart çeşitten daha üstün performans gösteren çeşit adayları bu yılda tohumluk üretimi amacıyla çoğaltılır (Şekil 15). Üretilen tohumlar yayım ve adaptasyon çalışmaları için hazırlanır. Tohum çoğaltma izolasyon kurallarına uygun biçimde yapılarak genetik saflık korunur. Bu aşama, geliştirilen çeşidin üreticiye ulaştırılması ve sahada kullanımının sağlanması için son teknik basamaktır.

Kendine döllen bitki türlerinde homozigotluğun doğal seleksiyonla ilerlemesine olanak sağlaması nedeniyle toplu seçme yönteminin önemli bir avantaj sunduğu belirtilmektedir (Borlaug, 1968; Allard, 1999; Acquaaah,

2007). Bu nedenle bezelye gibi kendine döllenen türlerde araştırmacılar toplu seçme yöntemini sıklıkla önermektedir. L

4.3.8.2. Toplu Seçme (Bulk) Yönteminin Avantajları

- a. **Erken Jenerasyonlarda İşgücü Tasarrufu Sağlar:** F_2 – F_4 dönemlerinde seleksiyon yapılmadığı için işçilik, zaman ve kayıt yükü oldukça düşüktür.
- b. **Doğal Seleksiyonun Etkisinden Yararlanır:** Çevreye uyum sağlayamayan genotipler doğal olarak elimine edildiği için popülasyon çevre stabilitesi kazanır. Bu durum, özellikle stres koşullarında yetiştirilen türlerde önemli bir avantajdır.
- c. **Homozigotluğa Ulaşma Süreci Kolaylaştırılır:** Popülasyon toplu yetiştirildiği için ileri jenerasyonlara geçiş hızlıdır ve homozigotluk düzeyi doğal yolla artar.
- d. **Çoklu Çevre Adaptasyonunu Destekler:** Adaptasyon baskısı toplu popülasyon üzerinde doğal olarak etkili olduğundan, çevresel uyumu yüksek hatlar seçilebilir.
- e. **İslahçı Seleksiyona Geç Kalma Riskinden Etkilenmez:** Seçim F_5 – F_6 'da yapıldığı için erken yanlıs seleksiyon riski ortadan kalkar; popülasyon geniş kalır.
- f. **Kendine Döllenen Türler İçin Uygunudur:** Özellikle bezelye gibi türlerde homojen hat oluşturma süreci güvenilir ve pratiktir (Allard, 1999).

4.3.8.3. Toplu Seçme (Bulk) Yönteminin Dezavantajları

- a. **İlk Jenerasyonlarda Kontrol Eksikliği Vardır:** Seleksiyonun uygulanmaması nedeniyle düşük performanslı genotipler geç jenerasyonlara taşınabilir.
- b. **Genetik İlerleme Pedigri Yöntemine Göre Daha Yavaştır:** Çünkü seçime geç başlanır, popülasyon geniş tutulur; bu durum genetik iyileşme hızını düşürebilir.
- c. **Fenotipik Seleksiyon İmkânı Gecikmeli Sağlanır:** İslahçı, istenen özelliklere sahip bireyleri ancak F_5 – F_6 'da net olarak ayırt edebilir.

- d. Niteliksel Özelliklerde Etkin Ancak Niceliksel Karakterlerde Zayıftır:** Verim gibi poligenik özelliklerde genetik varyasyon geç sabitlenir; seleksiyon hassasiyeti düşer.
- e. Doğal Seleksiyona Fazla Bağımlılık Riski Taşır:** Çevre koşulları aşırı stresli ise popülasyon kayıpları artabilir; hafif koşullarda ise genetik ilerleme yavaşlayabilir.
- f. İleri Jenerasyonlarda Popülasyon Düzenleme Güçleşebilir:** Toplu yetiştirme bazı durumlarda üniformite sağlamayı geciktirir.

4.4. Bezelyede Mutasyon İslahı

4.4.1. Klasik Mutasyon İslahının Gelişimi ve Kullanılan Mutajenler

Bezelyede mutasyon ıslahı çalışmalarına yönelik sistematik yaklaşımlar 1940'lı yıllarda başlamış ve özellikle verim, morfolojik yapı ve fenolojik özelliklerde genetik varyasyonu artırmak amacıyla uygulanmıştır. Klasik seleksiyon ve melezleme yöntemleriyle erişilemeyen varyasyon kombinasyonlarının ortaya konması, mutasyon ıslahını cazip hâle getirmiştir. Bu nedenle mutasyon ıslahı, ıslah materyalini genişletmek için tamamlayıcı bir yöntem olarak görülmektedir. Tarihsel süreç incelendiğinde, araştırmacılar mutasyon uygulamalarında çeşit geliştirme, varyasyon elde etme ve ileri nesillerde seleksiyon olanaklarını etkin biçimde değerlendirmişlerdir. Günümüzde mutasyon ıslahı, bezelye genetik kaynaklarının çeşitlendirilmesinde hâlâ önemli bir araç olarak kabul edilmektedir (Aney, 2013).

Bezelyede mutasyon ıslahında X-ışınları, gama ışınları gibi fiziksel mutajenler yanında EMS, EI, MNU, NMU ve ENU gibi kimyasal mutajenlerin başarıyla kullanıldığı bilinmektedir. Fiziksel mutajenler genellikle DNA'da kırılma veya yeniden düzenlenme etkisi yaparken, kimyasal mutajenler daha çok nokta mutasyonları indüklemektedir. Uygulanan mutajen türüne bağlı olarak elde edilen varyasyon spektrumu farklılaşmakta, dolayısıyla seleksiyon stratejisi de mutasyon tipine göre şekillenmektedir. Mutasyon uygulamalarında doz ve süre parametreleri, mutasyon sıklığı ve öldürücü (letalite) düzeyini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle her mutajen için optimum dozun belirlenmesi ıslah etkinliği açısından zorunludur (Aney, 2013).

Mutasyon uygulamalarında genellikle %0,05–0,3 aralığında kimyasal konsantrasyonların tercih edilmesi önerilmektedir. Bunun yanında 21–24 °C sıcaklık aralığı, metabolik faaliyetlerin aşırı bozulmadan mutasyonun etkin şekilde indüklenmesine olanak sağlamaktadır. Mutasyon indüksiyonunda uygun çevresel koşullar sağlanmadığında, öldürücü etki artmakta ve genetik varyasyonun önemli kısmı kaybedilebilmektedir. Uygun doz-sıcaklık kombinasyonları, canlı ve seleksiyon yapılabilir materyal elde etmek açısından kritik değerdedir. Bu nedenle mutasyon ıslahı araştırmalarında çevresel koşullar kadar, mutajen dozu ve uygulama süresi de dikkatle optimize edilmektedir (FAO/IAEA, 2018).

Bugüne kadar bezelyede sap, kök, çiçek ve diğer organlara ilişkin yaklaşık 3500 morfolojik mutasyon tanımlanmış ve bunlar çok sayıda ülkede genetik koleksiyon merkezlerinde muhafaza edilmektedir (Hofer ve ark., 2009; Wang ve ark., 2008). Bu mutasyonların morfolojik çeşitliliği oldukça geniş olup, tane rengi, bitki boyu, internod uzunluğu, çiçek morfolojisi gibi özellikleri içermektedir (Hofer ve ark., 2009). Koleksiyon merkezlerinde kayıt altına alınmış bu varyasyon, hem temel genetik araştırmalar hem de uygulamalı ıslah programları için kritik önem taşımaktadır. Mutasyon koleksiyonları, genetik varyasyonun sistematik şekilde korunmasına olanak sağladığından, ıslahçılara ebeveyn materyali seçimi konusunda zengin alternatif sunmaktadır (Sagan ve ark., 1994). Bu yönüyle bezelye mutasyon koleksiyonları, ıslah çalışmalarını destekleyen önemli uluslararası kaynaklardır (Wang ve ark., 2008).

Mutasyonların çimlenme, büyüme inhibisyonu ve fertilité üzerinde güçlü etkiler ortaya koyduğu bilinmekte; özellikle öldürme ve yarı-öldürme oranı mutajen dozuna bağlı olarak değişmektedir (Sharma ve Kharkwal, 1983). Bunun yanında tohum nemi, oksijen düzeyi ve uygulama sıcaklığı gibi çevresel faktörler radyasyon duyarlılığını önemli ölçüde düzenlemekte ve mutasyon etkinliğini doğrudan etkilemektedir (Blixt, 1972). Uygulama sonrası yetiştirme koşullarının uygun olmaması, genetik varyasyonun kaybına ve ıslah etkinliğinin düşmesine neden olabilmektedir. Optimal çevresel koşullar sağlandığında ise daha fazla canlı mutant materyal elde edilmekte ve seleksiyon işlemleri daha başarılı yürütülmektedir. Bu nedenle mutasyon

ıslahı, yalnızca mutajen uygulaması değil, sonrasında yetiştirme yönetimini de kapsayan çok yönlü bir süreçtir (Sharma ve Kharkwal, 1983).

4.4.2. *İn vitro* Mutagenез ve Seleksiyon

İn vitro mutagen uygulamaları, klasik saha mutasyon çalışmalarına kıyasla kontrollü çevre koşullarında varyasyon üretme imkânı sunduğu için önemli bir alternatif yaklaşım hâline gelmiştir. Bu yöntemde, bitki hücreleri veya embriyolar kültür ortamında mutajenlere maruz bırakılarak genetik varyasyon indüklenir. Elde edilen mutant hücre ve bitkicikler daha sonra rejenerasyona tabi tutulur ve fenotipik değerlendirmeler yapılır. Böylece mutasyonun oluşturduğu genetik farklılıklar erken dönemde belirlenebilmekte ve seçilen mutantlar sonraki nesillere aktarılabilmektedir. Bu yaklaşım bezelye gibi kendine döllen türlerde seleksiyon etkinliğini artıran bir ıslah aracı olarak değerlendirilmektedir (Sharma et al., 2009).

M₁ jenerasyonunda EMS ve gamma ışınları uygulanmasının ardından M₂ popülasyonunda klorofil pigmenti ve agronomik özellikler bakımından geniş bir mutasyon yelpazesi ortaya çıktığı belirlenmiştir. Klorofil pigmentine ilişkin mutasyonların açık sarı renkli “xantha”, sararma gösteren “chlorina” ve tamamen pigment kaybının görüldüğü “albino” tiplerinde yoğunlaştığı rapor edilmiştir. EMS uygulamasının %0,3 dozunda en yüksek mutasyon etkinliğini sağladığı ve seleksiyon açısından önemli düzeyde yararlı varyasyon oluşturduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca *in vitro* mutagen uygulamalarının yalnızca pigment karakterleri üzerinde değil, uzun ve koyu yeşil baklalar, salkım başına artan çiçek ve bakla sayısı, boğum uzunluğunun azalması ve erkek kısırılık gibi agronomik yönden değerli özellikler üzerinde de etkili olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte EMS veya gamma ışınlarının yüksek dozlarının çimlenmeyi azaltan tam ölümcül (letal) ve yarı ölümcül etkilere neden olabileceği bildirilmiş olup, bu nedenle başarı oranının artırılması için mutajen dozunun optimum düzeyde belirlenmesi gerekmektedir (Sharma ve ark., 2009).

4.4.3. Moleküler Analiz ve Mutasyon Koleksiyonları

Mutasyon ıslahı çalışmalarının etkinliğini artırmak için, bezelyede genetik olarak karakterize edilmiş geniş mutant koleksiyonları oluşturulmuş ve dünya genelindeki araştırmacıların kullanımına sunulmuştur. Bu

koleksiyonlar arasında Norwich'teki John Innes Koleksiyonu'nda 575 mutan hat, Plovdiv'deki IPGR koleksiyonunda 122 mutan hat ve TILLING koleksiyonunda fenotipik olarak tanımlanmış 4817 hat yer almaktadır (Hofer ve ark., 2009). Ayrıca simbiyotik azot fiksasyonu ile ilişkili 26 gene karşılık gelen 93 mutan bezelye formunun da katalogladığı bilinmektedir (Sagan ve Duc, 1996). Bu koleksiyonlar hem temel genetik mekanizmaların anlaşılmasına hem de agronomik açıdan değerli özelliklerin belirlenmesine olanak sağlamaktadır (Wang ve ark., 2008). Moleküler analiz çalışmaları ile fenotip ve genotip ilişkisi daha doğru biçimde kurulabildiğinden, mutasyon koleksiyonları ıslah programlarında ebeveyn seçiminde stratejik önem taşımaktadır (Hofer ve ark., 2009). Bu doğrultuda, bu tip mutantların genomik ve post-genomik yaklaşımlarla birlikte incelenmesi durumunda bezelyede morfogenez, gelişim ve gen düzenleme mekanizmalarının çok daha net biçimde ortaya konulabileceğini vurgulamaktadır (Sinyushin, 2013).

4.4.4. İyileştirilmiş Özellikler ve Geliştirilmiş Çeşitler

Mutasyon ıslahı uygulamaları, doğrudan mutasyon hatlarının çeşit olarak tescil edilmesi ya da melezleme programlarında mutant hatların ebeveyn olarak kullanılması yoluyla bezelye geliştirme çalışmalarına önemli katkı sağlamıştır (Ahloowalia ve ark., 2004). Küresel ölçekte, mutasyon ıslahı sayesinde farklı bitki türlerinde en az 2250 genotip geliştirilmiş olup, yalnızca Hindistan'da 55 türde yaklaşık 300 mutant çeşit tescil edilmiştir (Kharkwal ve ark., 2004). Mutasyonların etkin değerlendirilmesi aşamasında M₂ jenerasyonunda uygulanan varyans analizlerinin, özellikle klorofil pigmenti ve morfolojik yapıya ilişkin değerli genetik varyasyonların belirlenmesinde en güvenilir analiz araçlarından biri olduğu bildirilmiştir (Kumar ve ark., 2007). Ayrıca PGene veri tabanında yalnızca yaprak gelişimini etkileyen 66 mutasyonun tanımlanmış olması, bezelyede mutasyon çeşitliliğinin ne kadar geniş olduğunu göstermektedir. Bu veri tabanları, mutasyon kaynaklı genetik varyasyonun sistematik olarak izlenmesini sağlayarak ıslah programlarını hızlandırmaktadır (Zelenov ve ark., 2008). Dolayısıyla mutasyon ıslahı, özellikle kompleks karakterlerin genetik kontrolünün anlaşılmasına ve agronomik performansı yüksek hatların geliştirilmesine önemli katkılar sunmaktadır (Ahloowalia ve ark., 2004).

4.5. Bezelyede Moleküler İslah

4.5.1. Moleküler Markör Destekli Seleksiyon (MAS)

Son yıllarda bezelye ıslah programlarında, özellikle PCR-temelli moleküler markörlerin kullanımı yaygınlaşmış ve kantitatif özelliklerin genetik kontrolü daha kesin biçimde ortaya konmaya başlamıştır. Bu markörler, özellikle genetik ayırışmanın yoğun görüldüğü erken jenerasyonlarda fenotipik seleksiyona kıyasla daha hızlı ve güvenilir seleksiyon yapılmasına imkân tanımaktadır. RAPD, RFLP, AFLP, STS ve SSR temelli markör sistemlerinin kullanımıyla yüksek çözünürlüklü bağlantı haritaları oluşturulmuş, heterojen gen havuzunun düzenli biçimde analiz edilmesi sağlanmıştır. Bu bağlantı haritaları, yüz tane ağırlığı ve embriyo rengi gibi kantitatif karakterlere ait QTL bölgelerinin belirlenmesinde başarılı şekilde uygulanmıştır. Ayrıca MAS yöntemi, klasik seleksiyona göre daha düşük zamana ve daha az tarla alanına ihtiyaç duyduğu için ıslah programlarının toplam süresini kısaltabilmektedir. Hastalıklara dayanıklılık genlerinin taşınması ve ebeveyn seçiminde MAS, özellikle generasyon ilerletme stratejileri (pedigri, toplu seleksiyon vb.) ile birlikte kullanıldığında en verimli sonuçları sağlamaktadır. Bu nedenle, MAS günümüzde bezelyede yüksek doğruluklu genetik ilerleme sağlayan ve klasik ıslahı tamamlayan temel bir yöntem olarak değerlendirilmektedir (Bohra ve ark., 2014; Hancı, 2019; Tatikonda ve ark., 2009; Abdel-Hamid ve Salem, 2021).

4.5.2. Fonksiyonel Genomik, Yeni Nesil Dizileme (NGS) ve Markör Geliştirme

Fonksiyonel genomik çalışmaları, bezelyede gen transkripsiyonu, gen ekspresyonu ve protein etkileşim mekanizmalarının anlaşılmasına yönelik temel araştırma platformu oluşturmuştur. Fonksiyonel genomik yaklaşımlar, fizyolojik dayanıklılık, stres cevabı, çiçeklenme ve karbon metabolizması gibi karmaşık süreçlerin moleküler düzeyde incelenmesine önemli katkı sağlar. Yeni nesil dizileme (NGS) teknolojileri ile bezelyede genom taraması daha hızlı yapılabilir hâle gelmiş ve SNP temelli yüksek yoğunluklu markör dizileri oluşturulmuştur. Bu SNP markörleri, haritalama popülasyonlarında yüksek doğrulukla QTL belirlemeyi mümkün kılmıştır. Ayrıca EST (Expressed Sequence Tag) tabanlı markör sistemleri, ifade edilen gen bölgelerine ait SSR

markörlerinin geliştirilmesinde temel araç hâline gelmiştir. EST-SSR markörlerinin avantajı, kodlayan bölgelerle ilişkili olmaları nedeniyle seleksiyonun hedef fenotipe daha doğrudan bağlanmasına olanak sağlamasıdır. Bu nedenle NGS tabanlı markör geliştirme, MAS'ın daha güçlü ve seçici uygulanmasına imkân tanımaktadır (Davey ve ark., 2011; Zhuang ve ark., 2013; Tayeh ve ark., 2015a,b; Yang ve ark., 2015; Boutet ve ark., 2016; Ma ve ark., 2017; Zhernakov ve ark., 2017; Abdel-Hamid ve Salem, 2021; Ayvaz ve ark.,2024).

4.5.3. Bioenformasyon ve Markör Veri Tabanları

Moleküler ıslah çalışmalarında üretilen veri hacmi sürekli arttığı için, bu verilerin standartlaştırılmış veri tabanlarında saklanması büyük önem taşımaktadır (Atalay ve ark., 2025; Çilesiz, 2025a; Çilesiz, 2025b). Bezelye için geliştirilen Pea Marker Database (PMD), gen-temelli markörleri, bu markörlerin bağlantı grubu pozisyonlarını ve ilgili DNA sekanslarını tek platformda sunarak önemli bir araştırma altyapısı oluşturmıştır. PMD1 veri tabanında yaklaşık 2484 markör bulunması, genom haritalarının oluşturulmasını ve MAS çalışmalarının uygulanmasını kolaylaştırmıştır. Daha sonra PMD2 sürümü ile toplam markör sayısının 15.944'e yükselmesi, bezelyede genomik destekli ıslah çalışmalarını ileri seviyeye taşımıştır. Bu veri tabanları sayesinde MAS, genomik seleksiyon (GS) ve genomik destekli ıslah (GAB) yaklaşımlarının uygulanabilirliği artmıştır. Böylece ıslahçılar, yalnızca markör pozisyonlarını değil, bu markörlerin ifade edildiği gen bölgelerini de değerlendirme imkânına bulmuştur. Dolayısıyla PMD, bezelyede moleküler seleksiyonun etkinliğini artıran stratejik bir biyoinformatik kaynaktır (Collard ve Mackill, 2008; Tayeh ve ark., 2015a,b; Kulaeva ve ark., 2017; Abdel-Hamid ve Salem, 2021).

4.5.4. Genetik Mühendislik, Genom Düzenleme ve Transgenik Bezelye

Bezelyede genetik mühendislik yaklaşımları, özellikle abiyotik stres toleransı, hastalıklara dayanıklılık ve kalite parametrelerinin iyileştirilmesinde klasik ıslahı tamamlayan ileri yöntemlerdir. EST-türevli SSR markörler, gen keşfi ve fonksiyonel haritalama çalışmalarında önemli araçlardır ve genom

düzenleme stratejilerinin hedef bölgelerini belirlemede yardımcı olmaktadır. Mitokondri proteomuna (mitokondri protein bileşimi) ilişkin analizler ise metabolik dayanıklılık mekanizmalarının moleküler temellerini ortaya koymaktadır. CRISPR/Cas tabanlı genom düzenleme sistemlerinin devreye girmesiyle, hedef genlerde spesifik mutasyon oluşturma ve yeni varyasyonlar üretme süreçleri büyük ölçüde hız kazanmıştır. Bu teknoloji, bezelyede stres toleransı, tane kalite kriterleri ve bitki mimarisi gibi çoklu gen kontrolüne sahip özelliklerin iyileştirilmesini mümkün kılmaktadır. Transgenik bezelye çalışmaları da tarla performansı ve stres dayanıklılığını geliştirmeye odaklanmış olup, *Agrobacterium* aracılı transformasyon protokolleri ile istikrarlı transgenetiklerin elde edildiği rapor edilmiştir. Ancak transgenik bezelyelerin ticari uygulamaya geçebilmesi için yalnızca dayanıklılık değil, aynı zamanda yüksek verim ve ekonomik üstünlük göstermesi gerektiği vurgulanmaktadır (Huang ve ark., 2018; Weeden, 2018; Chen ve ark., 2019; Abdel-Hamid ve Salem, 2021).

Kaynaklar

- Abdel-Hamid, A. M. E., & Salem, K. F. M. (2021). Breeding strategies of garden pea (*Pisum sativum* L.). In J. M. Al-Khayri, S. M. Jain, & D. V. Johnson (Eds.), *Advances in plant breeding strategies: Vegetable crops* (pp. 331–377). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66961-9_9
- Acquaah, G. (2007). *Principles of plant genetics and breeding*. Wiley-Blackwell.
- Ahloowalia, B., Maluszynski, M., & Nichterlein, K. (2004). Global impact of mutation-derived varieties. *Euphytica*, 135, 187–204. <https://doi.org/10.1023/B:EUPH.0000014914.85465.4f>
- Akçin, A. (1988). *Yemeklik tane baklagiller* (Selçuk Üniversitesi Yayınları No: 43; Ziraat Fakültesi Yayınları No: 8, ss. 307–367). Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Allard, R. W. (1999). *Principles of plant breeding* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Aney, A. (2013). Effect of gamma irradiation on yield attributing characters in two varieties of pea (*Pisum sativum* L.). *International Journal of Life Sciences*, 1(4), 241–247.
- Atalay, E., Yorgancılar, M., & Ceyhan, E. (2025). Genomic Insights into Cold-Tolerant Pea Genotypes: A Molecular Diversity Study Using ISSR Markers. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(3), 677–690.
- Ateş, M. K., & Ceyhan, E. (2016). Yüksek verimli konservelik ve kuru tanelik bezelye hatlarının geliştirilmesi. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 3(2), 157–170.
- Ayvaz Sönmez, D., Karci, H., Topcu, H., Bilgin, Ö.F., Günaçti, H., Tevfik, H., Özgören, B., Ronin, Y., Baraldı, E., Kafkas, S., Kafkas, N.E. (2024). Development of a high-density genetic linkage map and identification of quantitative trait loci (QTLs) associated with *Botrytis cinerea* resistance in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 48(5), 677–691.
- Bari, M. A. A., Hoque, M. E., Akhtar, S., & Shoba, D. (2021). Harnessing genetic diversity in the USDA pea germplasm collection through

- genomic prediction. *Frontiers in Genetics*, 12, 707754. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.707754>
- Blixt, S. G. (1972). *Mutation genetics in Pisum* (Vol. 30). Agri Hortique Genetica.
- Bohra, A., Pandey, M. K., Jha, U. C., Singh, B., Singh, I. P., Datta, D., Chaturvedi, S. K., Nadarajan, N., & Varshney, R. K. (2014). Genomics-assisted breeding in four major pulse crops of developing countries: Present status and prospects. *Theoretical and Applied Genetics*, 127, 1263–1291. <https://doi.org/10.1007/s00122-014-2301-3>
- Boutet, G., Alves Carvalho, S., Falque, M., Peterlongo, P., Lhuillier, E., Bouchez, O., Lavaud, C., Pilet-Nayel, M.-L., Rivière, N., & Baranger, A. (2016). SNP discovery and genetic mapping using genotyping by sequencing of whole genome genomic DNA from a pea RIL population. *BMC Genomics*, 17, 121.
- Castro-Urrea, F. A., Montero-Domínguez, I. J., & Bannayan, M. (2023). Accuracy of selection in early generations of field pea breeding increases by exploiting the information contained in correlated traits. *Plants*, 12(5), 1141. <https://doi.org/10.3390/plants12051141>
- Ceyhan, E. (2004). *Bezelye ebeveyn ve melezlerinde bazı tarımsal özelliklerin ve kalımlarının çoklu dizi analiz metoduyla belirlenmesi* (Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/pp.103>
- Ceyhan, E. (2006). Genetic analysis of cold hardiness in peas (*Pisum sativum* L.). *Journal of Plant Sciences*, 1(2), 138–143. <https://doi.org/10.3923/jps.2006.138.143>
- Ceyhan, E., & Avcı, M. A. (2005). 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. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2005.1447.1452>
- Ceyhan, E., & Kahraman, A. (2013). Genetic analysis of yield and some characters in peas. *Legume Research*, 36(4), 273–279.

- Ceyhan, E., & Mülâyim, M. (2003). Relationships between grain yield and some agricultural characters of pea in F₁ and F₂ generations. *Selçuk University Journal of Agriculture Faculty*, 17(31), 68–73.
- Ceyhan, E., & Önder, M. (2001). The effects of different sowing dates on the grain yield and some agronomic characteristics in pea (*Pisum sativum* L.) cultivars. *Selçuk University Journal of Agriculture Faculty*, 15(25), 159–172.
- Ceyhan, E., & Önder, M. (2001). The effects of different sowing dates on the grain yield and some agronomic characteristics in pea cultivars. *Selçuk University Journal of Agriculture Faculty*, 15(25), 159–172.
- Ceyhan, E., Avci, M. A., & Karadaş, S. (2008). Line × 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. <https://doi.org/10.5897/AJB08.399>
- Ceyhan, E., Kahraman, A., Ateş, M. K., & Karadaş, S. (2012). Stability analysis on seed yield and its components in peas. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18(6), 905–911.
- Chen, B., Guo, D., & Wang, H. (2024). Innovations in functional genomics and molecular breeding of pea: Exploring advances and opportunities. *aBIOTECH*, 5(1), 71–93. <https://doi.org/10.1007/s42994-023-00129-1>
- Chen, K., Wang, Y., Zhang, R., Zhang, H., & Gao, C. (2019). CRISPR/Cas genome editing and precision plant breeding in agriculture. *Annual Review of Plant Biology*, 70, 667–697. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050718-100049>
- Chung, P.-Y., & Liao, C.-T. (2022). Selection of parental lines for plant breeding via genomic prediction. *Frontiers in Plant Science*, 13, 934767. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.934767>
- Çilesiz, Y., (2025a). Utilization of Rapd markers for determining genetic diversity in sugar beet. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(3): 936-946.
- Çilesiz, Y., (2025b). Examination of genetic diversity in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) using SCoT molecular markers. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 9(3): 648-653.

- Çilesiz, Y., (2025c). Genetic diversity assessment of walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from inner Anatolia region Türkiye using ISSR and RAPD markers. *Scientific Reports*, 15(1): 30850.
- Çilesiz, Y. (2025d). Genetic relationship among grape (*Vitis vinifera* L.) genotypes grown in inner Anatolia region Turkey analyzed by ISSR and RAPD markers. *Scientific Reports*, 15(1), 32842.
- Collard, B. C. Y., & Mackill, D. J. (2008). Marker-assisted selection: An approach for precision plant breeding in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 557–572. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2170>
- Dalgıç, H., & Ceyhan, E. (2018). Development of the pea lines that are big grained and high yielded for canned and dry grains. In *VI. International KOP Regional Development Symposium* (pp. 410–428). Konya, Turkey.
- Dalgıç, H., Karadaş, S., Anik, M. A., & Ceyhan, E. (2025). Changing trends in pea cultivation in Türkiye. In *Proceedings of the 17th International Conference on Engineering & Natural Sciences* (pp. 837–844). Prague, Czechia.
- Davey, J. W., Hohenlohe, P. A., Etter, P. D., Boone, J. Q., Catchen, J. M., & Blaxter, M. L. (2011). Genome-wide genetic marker discovery and genotyping using next-generation sequencing. *Nature Reviews Genetics*, 12(7), 499–510. <https://doi.org/10.1038/nrg3012>
- Demirkol, G. (2017). *Yerel popülasyonlarda genetik çeşitlilik ve ıslah materyali potansiyeli araştırması* (Doktora tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> pp.110
- Eser, D. (1974). *Yemeklik tane baklagillerde çiçek yapısı ve melezleme tekniği* (Çayır-Mera ve Zootekni Araştırma Enstitüsü Yayın No: 46). Ankara.
- FAO (2020). *Overcoming water challenges in agriculture*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb1447en>
- FAO (2025). *Food and Agriculture Statistics Database (FAOSTAT): Pea production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat>
- FAO/IAEA. (2018). *Manual on mutation breeding* (3rd ed.). FAO.

- Gauch, H. G., & Zobel, R. W. (1997). Identifying mega-environments and targeting genotypes. *Crop Science*, 37(2), 311–326. <https://doi.org/10.2135/cropsci1997.0011183X003700020002x>
- Goulet, B. E., Roda, F., & Hopkins, R. (2017). Hybridization in plants: Old ideas, new techniques. *Plant Physiology*, 173(1), 65–78. <https://doi.org/10.1104/pp.16.01340>
- Grant, J. E., & Cooper, P. A. (2006). Pea transformation. In *Methods in molecular biology* (Vol. 343, pp. 85–94).
- Gündoğan, F., & Ceyhan, E. (2018). Developing high seed yield dry pea cultivars for Central Anatolian conditions. In *VI. International KOP Regional Development Symposium* (pp. 477–493). Konya, Türkiye.
- Hanci, F. (2019). Genetic variability in peas (*Pisum sativum* L.) from Turkey assessed with molecular and morphological markers. *Folia Horticulturae*, 31(1), 101–116. <https://doi.org/10.2478/fhort-2019-0007>
- Harmankaya, M., Özcan, M. M., Karadaş, S., & Ceyhan, E. (2010). Protein and mineral contents of pea (*Pisum sativum* L.) genotypes grown in Central Anatolian region of Turkey. *South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment*, 1(2), 159–165.
- Hofer, J., Turner, L., Moreau, C., Ambrose, M., Isaac, P., Butcher, S., Weller, J., Dupin, A., Dalmais, M., & Le Signor, C. (2009). Tendril-less regulates tendril formation in pea leaves. *The Plant Cell*, 21(2), 420–428. <https://doi.org/10.1105/tpc.108.064071>
- Huang, J., Li, J., Zhou, J., Wang, L., Yang, S., Hurst, L. D., Li, W.-H., & Tian, D. (2018). Identifying a large number of high-yield genes in rice by pedigree analysis, whole-genome sequencing, and CRISPR-Cas9 gene knockout. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(32), E7559–E7567. <https://doi.org/10.1073/pnas.1806110115>
- Hussain, B. (2015). Modernization in plant breeding approaches for improving biotic stress resistance in crop plants. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39(4), 515–530. <https://doi.org/10.3906/tar-1406-176>

- Jiang, Y., Lahlali, R., Karunakaran, C., Warkentin, T. D., Davis, A. R., & Bueckert, R. A. (2018). Pollen, ovules, and pollination in pea: Success, failure, and resilience in heat. *Plant, Cell & Environment*, 41(10), 2200–2212. <https://doi.org/10.1111/pce.13427>
- Karadaş, S., & Ceyhan, E. (2023). Determination of the effects of organic and chemical fertilization on grain yield and some agricultural characteristics of pea. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Science*, 37, 419–429. <https://doi.org/10.15316/SJAFS.2023.040>
- Karaköy, T., Toklu, F., Karagöl, E.T., Uncuer, D., Çilesiz, Y., Ali, A., ... Özkan, H., 2024. Genome-wide association studies revealed DArTseq loci associated with agronomic traits in Turkish faba bean germplasm. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 71(1): 181-198.
- Karkanis, A., Ntatsi, G., & Lepse, L. (2016). Field pea in European cropping systems: Adaptability, biological nitrogen fixation and cultivation practices. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44(2), 325–336. <https://doi.org/10.15835/nbha44210618>
- Kharkwal, M., Pandey, R., & Pawar, S. (2004). Mutation breeding for crop improvement. In H. K. Jain & M. C. Kharkwal (Eds.), *Plant breeding: Mendelian to molecular approaches* (pp. 601–645). Narosa Publishing.
- Kreplak, J., Madoui, M. A., Cápál, P., Novák, P., Labadie, K., Monden, Y., ... & Warkentin, T. D. (2019). A reference genome for pea provides insight into legume genome evolution. *Nature Genetics*, 51(9), 1411–1422. <https://doi.org/10.1038/s41588-019-0480-1>
- Kulaeva, O. A., Zhernakov, A. I., Afonin, A. M., Boikov, S. S., Sulima, A. S., Tikhonovich, I. A., & Zhukov, V. A. (2017). Pea Marker Database (PMD): A new online database combining known pea (*Pisum sativum* L.) gene-based markers. *PLOS ONE*, 12(10), e0186713. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186713>
- Kumar, A., Mishra, M. N., & Kharkwal, M. C. (2007). Induced mutagenesis in black gram (*Vigna mungo* L. Hepper). *Indian Journal of Genetics*, 67(1), 41–46.
- Lagoriya, D. S., Chowdhury, V. K., & Khanna, V. K. (2018). Hybridization and genetic diversity studies on pea (*Pisum sativum*). *Biomedical*

- Journal of Scientific & Technical Research*, 8(1), 6680–6690.
<https://doi.org/10.26717/BJSTR.2018.08.001700>
- Ma, Y., Coyne, C. J., Grusak, M. A., Mazourek, M., Cheng, P., Main, D., & McGee, R. J. (2017). Genome-wide SNP identification, linkage map construction and QTL mapping for seed mineral concentrations and contents in pea (*Pisum sativum* L.). *BMC Plant Biology*, 17, 43.
<https://doi.org/10.1186/s12870-016-0956-4>
- Mohamed, A., Aka Kaçar, Y., Toklu, F., Dönmez, D., Erol, M., Şimşek, Ö., ... & Loumerem, M. (2023). Evaluation of the Genetic Relationships of Some Endangered Tunisian Peas Adapted to Arid Regions and Turkish Accessions Revealed by Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) Markers. *Polish Journal of Environmental Studies*, 32(3).
- Parihar, A. K., Kumar, J., Sen Gupta, D., Lamichaney, A., Naik, S. J. S., Singh, A. K., Dixit, G. P., Gupta, S., & Toklu, F. (2022). Genomics enabled breeding strategies for major biotic stresses in pea (*Pisum sativum* L.). *Frontiers in Plant Science*, 13, 861191.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.861191>
- Rubiales, D., Barilli, E., & Rispail, N. (2023). Breeding for biotic stress resistance in pea. *Agriculture*, 13, 1825.
<https://doi.org/10.3390/agriculture13091825>
- Sagan, M., & Duc, G. (1996). Sym28 and Sym29, two new genes involved in regulation of nodulation in pea (*Pisum sativum* L.). *Symbiosis*, 20, 229–245.
- Schiltz, S., et al. (2004). [Mitokondri proteomu çalışması – ayrıntı metinde].
- Şehirali, S. (1988). *Yemeklik tane baklagiller* (A.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Notları, No. 1089). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi. (435 s.)
- Sharma, A., Devi, J., Srishti, Dubey, R. K., Prashar, A., Singh, V., & Sharma, A. (2023). Advances in pea breeding and genomics: From traditional techniques to modern approaches. *Vegetable Science*, 50(1), 1–10.
- Sharma, A., Plaha, P., Rathour, R., Katoch, V., Singh, Y., & Khalsa, G. S. (2009). Induced mutagenesis for improvement of garden pea. *International Journal of Vegetable Science*, 16(1), 60–72.
<https://doi.org/10.1080/19315260903195634>

- Sharma, B., & Kharkwal, M. C. (1983). Mutation studies and mutation breeding in grain legumes. In *Induced mutations for improvement of grain legume production III* (pp. 65–75). IAEA TECDOC.
- Şimşek, D., & Ceyhan, E. (2017). Inheritance of some agronomic characters in pea. *Tarım Bilimleri Dergisi - Journal of Agricultural Sciences*, 23(1), 34–41.
- Singh, H., Kumari, R., Kumar, P., & Gupta, S. (2023). Genetic improvement of pea (*Pisum sativum* L.) for food and nutritional security. In *Genetic engineering of crop plants for food and health security* (pp. 23–59). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-99-5034-8_1
- Singh, R. K., & Chaudhary, B. D. (1985). *Biometrical methods in quantitative genetic analysis* (318 pp.). Kalyani Publishers.
- Sinjushin, A. (2013). Mutation genetics of pea (*Pisum sativum* L.): What is done and what is left to do. *Ratarstvo i Povrtarstvo*, 50(2), 36–43. <https://doi.org/10.5937/ratpov50-4191>
- Sinjushin, A., Ash, O., & Khartina, G. (2023). Ovule number and flower size in pea (*Pisum sativum* L.): Variation, heritability, and correlation with some components of productivity. *Horticulturae*, 9(3), 371. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9030371>
- Smýkal, P., Aubert, G., Burstin, J., Coyne, C. J., Ellis, N. T., Flavell, A. J., et al. (2012). Pea (*Pisum sativum* L.) in the genomic era. *Agronomy*, 2(2), 74–115. <https://doi.org/10.3390/agronomy2020074>
- Taşyürek, S., & Ceyhan, E. (2022). Development of the pea lines that are big-grained and high yielded for canned. In *ISPEC 10th International Conference on Agriculture, Animal Science & Rural Development* (pp. 979–1004). Sivas, Türkiye.
- Tatikonda, L., Wani, S. P., Kannan, S., Beerelli, N., Sreedevi, T. K., Hoisington, D. A., Devi, P., & Varshney, R. K. (2009). AFLP-based molecular characterization of an elite germplasm collection of *Jatropha curcas* L., a biofuel plant. *Plant Science*, 176(4), 505–513. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2009.01.006>
- Tayeh, N., Aluome, C., Falque, M., Jacquin, F., Klein, A., Chauveau, A., Bérard, A., Houtin, H., Rond, C., Kreplak, J., Boucherot, K., Martin, C., Baranger, A., Pilet-Nayel, M. L., Warkentin, T. D., Brunel, D.,

- Marget, P., Le Paslier, M. C., Aubert, G., & Burstin, J. (2015a). Development of two major resources for pea genomics: The GenoPea 13.2K SNP array and a high-density, high-resolution consensus genetic map. *The Plant Journal*, 84(4), 1257–1273. <https://doi.org/10.1111/tpj.13070>
- Tayeh, N., Aluome, C., Falque, M., Jacquin, F., Klein, A., Chauveau, A., Baranger, A., & Burstin, J. (2015b). Genomic tools in pea breeding programmes: Status and perspectives. *Frontiers in Plant Science*, 6, 1037. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01037>
- Ton, A., Mart, D., Karaköy, T., Türkeri, M., Torun, A. A., & Anlarsal, A. E. (2022). Characterization of some local pea (*Pisum sativum* L.) genotypes for agro-morphological traits and mineral concentrations. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46(2), 245-256.
- TTSM (2001). *Yemeklik tane baklagiller tarımsal değerleri ölçme denemeleri teknik talimatı: Nohut, mercimek, kuru fasulye, bakla, bezelye, börülce* (pp. 1–44). Ankara, Türkiye.
- Uçar, S., & Sözen, Ö. (2022). Yemeklik Tane Baklagil Yetiştiriciliği ve Islahı, Bölüm adı: (Nohut (*Cicer arietinum* L.) Islahı), İksad Publishing House, Editör: Tolga Karaköy, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 36, ISBN:978-625-8213-46-1, Türkçe (Bilimsel Kitap).
- Wang, Z., Luo, Y., Li, X., Wang, L., Xu, S., Yang, J., Weng, L., Sato, S., Tabata, S., Ambrose, M., Rameau, C., Feng, X., Hu, X., & Luo, D. (2008). Genetic control of floral zygomorphy in pea (*Pisum sativum* L.). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(30), 10414–10419. <https://doi.org/10.1073/pnas.0803291105>
- Warkentin, T. D., McPhee, K., Coyne, C., & Smýkal, P. (2024). Advances in pea breeding and genomics. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1430421. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1430421>
- Weeden, N. F. (2018). Domestication of pea (*Pisum sativum* L.): The case of the abyssinian pea. *Frontiers in Plant Science*, 9, 515. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00515>
- Yang, T., Fang, L., Zhang, X., Hu, J., Bao, S., Hao, J., Li, L., He, Y., Jiang, J., Wang, F., Tian, S., & Zong, X. (2015). High-throughput development of SSR markers from pea (*Pisum sativum* L.) based on

- next generation sequencing of a purified Chinese commercial variety. *PLOS ONE*, 10, e0139775. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139775>
- Zelenov, A. N., Shchetinin, V. Y., & Sobolev, D. V. (2008). Breeding value of pea form with dissected leaflet. *Agrarnaya Nauka*, 2, 19–20.
- Zhang, H., Sun, H., Tang, Z., & Wang, G. (2025). Integrated agronomy of pea (*Pisum sativum* L.): A review on cultivation, harvesting, and storage for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1670445. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1670445>
- Zhernakov, A., Rotter, B., Winter, P., Borisov, A., Tikhonovich, I., & Zhukov, V. (2017). Massive analysis of cDNA ends (MACE) for transcript-based marker design in pea (*Pisum sativum* L.). *Genomics Data*, 11, 75–76. <https://doi.org/10.1016/j.gdata.2016.12.004>
- Zhuang, X., McPhee, K. E., Coram, T. E., Peever, T. L., & Chilvers, M. I. (2013). Development and characterization of 37 novel EST-SSR markers in *Pisum sativum* (Fabaceae). *Applications in Plant Sciences*, 1, 1200249. <https://doi.org/10.3732/apps.1200249>

BÖLÜM 6

BEZELYE GENETİĞİ VE SİTOGENETİĞİ

Ercan CEYHAN¹, İrem AYRAN ÇOLAK¹, Tolga KARAKÖY²

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18102240>

¹ Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye

² Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Sivas, Türkiye

1. Giriş

Bezelye (*Pisum sativum* L.), hem insan beslenmesine katkısı hem de sürdürülebilir tarım sistemlerindeki rolü nedeniyle dünya genelinde büyük öneme sahip bir baklagil türüdür. Türün kökeni Akdeniz havzası, Batı ve Orta Asya ile Etiyopya olarak belirtilmiş olup, arkeobotanik bulgular bezelyenin bu bölgelerde binlerce yıldır kültüre alındığını ortaya koymaktadır (Weeden, 2018; Abdel-Hamid ve Salem, 2021). Bezelyenin sınıflandırmasına göre Etiyopya ve Batı Asya birincil gen merkezleri, Güney Asya ve Akdeniz ise ikincil çeşitlilik merkezleri olarak tanımlanmaktadır (Singh ve ark., 2019). İlk kez Batı Asya’da kültüre alınan bezelye buradan Avrupa, Çin ve Hindistan’a yayılmış, 19. yüzyıldan itibaren Afrika’nın doğu ve orta bölgelerinde temel gıda ürünü hâline gelmiştir (Davies ve ark., 1985). Türkiye ise Doğu Akdeniz biyocoğrafik bölgesinin parçası olması nedeniyle bezelye çeşitliliği bakımından önemli bir ikincil merkez niteliğindedir (Ceyhan, 2004).

Bezelye genetiğın tarihsel gelişiminde özel bir yere sahiptir. Gregor Mendel’in kalıtım yasalarını formüle ettiğı deneylerinin temel materyali olması, bezelyeyi modern genetik çalışmalarının simge türü hâline getirmiştir (Bateson, 1902; Weldon, 1902). Mendel’in karakter temelli analizleri günümüzde genomik seleksiyon, yüksek yoğunluklu marker analizleri ve fonksiyonel genomik çalışmalarla desteklenerek daha kapsamlı bir genetik çerçeveye taşınmıştır (Smýkal ve ark., 2012; Holdsworth ve ark., 2017; Ton ve ark., 2022; Çilesiz, 2025a; Çilesiz, 2025b). Ayrıca sitogenetik çalışmalar, bezelye genomunun yapısı, kromozom morfolojisi, heterokromatin organizasyonu ve bağlantı gruplarının fiziksel kromozomlarla ilişkilendirilmesi açısından önemli bulgular sağlamıştır (Neumann ve ark., 2001). Bu nedenle bezelye hem temel genetik araştırmalar hem de modern ıslah yaklaşımlarının uygulanması için model türlerden biridir.

Bezelyenin tarımsal ve endüstriyel önemi yalnızca üretim hacmiyle değil, yüksek protein içeriğı, dengeli aminoasit profili ve işleme sanayisindeki geniş kullanım alanı ile de ilişkilidir. Yaklaşık %20–30 oranında protein içeren bezelye, bitkisel protein endüstrisinin yükselen değerleri arasında yer almakta; özellikle alerji yapma olasılığı düşük protein yapısı ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle beslenme ve gıda sanayisinde önem kazanmaktadır (Boye ve ark., 2010; Ceyhan ve Şimşek, 2021). Taze tüketim, konserve ve

dondurulmuş gıda endüstrisi için geliştirilen çeşitlerde kalite parametrelerinin farklılaşması, ıslah hedeflerini çok boyutlu hâle getirmiştir (Hoover ve Sosulski, 1991; Wang ve ark., 2003; McPhee, 2007). Özellikle dondurulmuş gıdada donma-çözülme stabilitesi ve renk korunum kapasitesi, tüketici tercihi açısından kritik özelliklerdir (Smykal ve ark., 2012; Mohamed ve ark., 2023).

Bezelye ıslahında başarı, türün genetik çeşitliliğinin doğru değerlendirilmesine ve sitogenetik özelliklerinin ayrıntılı biçimde anlaşılmasına bağlıdır. Yabani türler, yerel çeşitler, ilkel popülasyonlar ve modern ıslah hatları arasında önemli bir genetik varyasyon bulunmakta olup, bu varyasyon hastalık dayanıklılığı, verim bileşenleri, kalite özellikleri ve stres toleransı yönünden büyük bir potansiyel sunmaktadır (Ghafoor ve ark., 2005; Zong ve ark., 2008; Çilesiz, 2025d; Ovalıoglu and Çilesiz, 2025). Ayrıca SSR, RAPD, AFLP, SNP ve GBS gibi moleküler marker tekniklerinin yaygınlaşması, marker-destekli seleksiyon ve genomik seleksiyon uygulamalarını bezelyede mümkün hâle getirmiştir (Singh ve ark., 2019). Bu teknolojik ilerlemeler, ıslah programlarında daha hızlı ve daha doğru genotip geliştirilmesini sağlamaktadır (Çilesiz, 2025c; Sönmez and Çilesiz, 2025).

Günümüz modern ıslah programları, hastalık ve zararlılara dayanıklılık, abiyotik stres toleransı, verim ve kalite özelliklerinin birlikte iyileştirilmesini hedefleyen entegre yaklaşımlar üzerine kuruludur. Tek genle kontrol edilen dayanıklılık mekanizmaları (örn. *Fw*, *fwv*, *er-1*, *sbm*, *En*, *Rmp*, *Rap-2*) ile poligenik kontrol altındaki özellikler (örn. tane verimi, soğuk dayanımı) farklı stratejiler gerektirmekte; bu nedenle seçilecek ebeveyn materyali, melezleme şeması ve seleksiyon jenerasyonları özellik bazında özel olarak planlanmaktadır (Shubha ve ark., 2019; Ceyhan & Avcı, 2010). Eklemeli ve eklemeli olmayan gen etkilerinin doğru yönetilmesi, GCA ve SCA analizlerinin bilimsel temelde yorumlanması ve heterosis potansiyelinin doğru belirlenmesi, bezelyede sürdürülebilir ve yüksek başarıya sahip ıslah programlarının temelini oluşturmaktadır (Ceyhan, 2004; Ceyhan ve Avcı, 2005; Ceyhan ve ark., 2008; Ceyhan ve Kahraman, 2013). Böylece bezelye hem temel biyolojik araştırmalar hem de uygulamalı ıslah çalışmaları için güçlü bir model ve stratejik bir tarımsal tür olarak değerlendirilir.

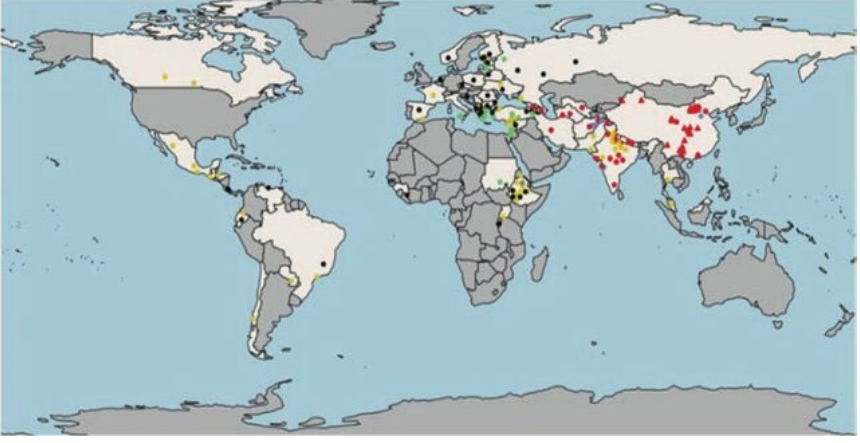
2. Kökeni ve Yayılışı

Bezelye, kökenini Akdeniz havzası, Batı ve Orta Asya ile Etiyopya'dan alan, geniş yayılış gösteren önemli bir baklagildir (Ben-Ze'ev ve Zohary, 1973). FAO göre, Etiyopya ve Batı Asya'yı birincil gen kaynakları merkezleri; Güney Asya ve Akdeniz'i ise ikincil gen kaynakları merkezleri olarak tanımlamaktadır (Singh ve ark., 2019). İlk defa kültüre Batı Asya'da alındığı bilinen bezelye buradan Avrupa, Çin ve Hindistan'a yayılmış, günümüzde Hindistan dünyanın en büyük taze sebze bezelyesi üreticisi hâline gelmiştir (Vijay Kumar ve ark., 2018). Bezelye, Orta ve Doğu Afrika yaylalarında yetiştirilmekte olup 1860'larda Uganda ve Ruanda'da temel gıda ürünü olarak yerleşmiştir. Yemeklik olarak tüketimine ilişkin ilk kayıtlar ise 16. yüzyılda Hollanda ve Fransa'da görülmektedir (Blixt, 1970). Orta Çağ'da Birleşik Krallık'ta yetiştirilen bezelye, Columbus sonrası Amerika kıtasına taşınmıştır (Davies ve ark., 1985). Vavilov'un (1992) bitkilerin köken ve çeşitlilik merkezlerine ilişkin sınıflandırması da bezelyenin bu geniş coğrafi tarihini desteklemektedir. Türkiye ise, hem genetik çeşitlilik bakımından Doğu Akdeniz merkezinin bir parçası olması hem de binlerce yıllık tarımsal üretim geçmişi sayesinde, yerel bezelye popülasyonlarının ve modern ıslah çalışmalarının sürdürüldüğü önemli bir geçiş kuşağı niteliğindedir (Ceyhan, 2004; Ali ve ark., 2020; Baloch ve ark., 2023).

Fabaceae familyasının kültüre alınmış bitki türleri bakımından en zengin familya olduğunu ve bu grupta gözlenen paralel morfolojik varyasyonların çoğunun benzer genetik mutasyonlarla şekillendiğini vurgulamaktadır kültüre (Harlan, 1992). Arkeolojik ve genetik kanıtlar, bezelyenin ilk olarak Yakın Doğu ve Akdeniz Havzası'nda kültüre alındığını göstermekte olup, geç Neolitik döneme ait kalıntılar günümüz Yunanistan, Suriye, Türkiye ve Ürdün'ünde tespit edilmiştir (Zohary ve Hopf, 2000). Mısır'da MÖ 4800–4400 (Nil Deltası) ve MÖ 3800–3600 (Yukarı Mısır) yıllarına tarihlenen bulgular ile Pakistan ve Kuzeybatı Hindistan'da MÖ 2250–1750 yıllarına ait örnekler, bezelyenin erken tarımsal yayılışını desteklemektedir (Şekil 1). Ayrıca Gürcistan, Ganj Havzası ve Güney Hindistan'da beşinci binyıla uzanan arkeobotanik kayıtlar mevcuttur (Chimwamurombe ve Khulbe, 2011).

Pisum sativum'un, Kuzey İran, Irak, Ürdün, Türkiye, Suriye ve Filistin'de yayılış gösteren yabani *Pisum humile*'den e kültüre alındığı; Hindistan ve Çin'e ise Himalaya ticaret yolları ile Yunan kültürel etkileşimi aracılığıyla ulaştığı bilinmektedir. Yakın Doğu, Kuzey Afrika ve Güney İtalya'da dağılış gösteren *Pisum elatius* da kültüre alınma sürecine katkı sağlayan diğer önemli yabani taksondur (Harlan ve ark., 1976; Yamashita, 1980). Hem *Pisum fulvum* hem de *Pisum sativum*'un yaklaşık 12.000 yıl önce Yakın Doğu'da, büyük olasılıkla *Pisum humile* (*Pisum sativum* ssp. *elatius*) kökenli olarak kültüre alındığı kabul edilmektedir. Bunun yanında *Pisum abyssinian*'ın yaklaşık 5000 yıl önce Eski veya Orta Mısır Krallıkları döneminde *Pisum sativum*'dan bağımsız bir kültüre alınmasıyla ortaya çıktığı ve günümüzde Etiyopya ile Yemen'de yetiştirildiği bildirilmektedir (Weeden, 2018). Güney Avrupa ve Batı Asya'da bazı kültür grupları ve alt türlerin varlığı ile birlikte, 20. yüzyıldan itibaren yürütülen ıslah çalışmaları sonucunda günümüzde binlerce farklı bezelye genotipinin geliştirilmiş olması, türün uzun süreli evrimsel ve agronomik önemini ortaya koymaktadır (Smýkal ve ark., 2012; Smýkal, 2014; Abdel-Hamid ve Salem, 2021).

Günümüzde dünya gen bankalarında yaklaşık 98.000 bezelye aksesyonu korunmakta olup bunların yalnızca %2'si yabani akrabalara aittir; erişimlerin %34'ü ticari çeşit, %13'ü ıslah hatları, %38'i yerel çeşit ve %2'si mutant materyalden oluşmaktadır. Yabani *Pisum* türleri içindeki temsil ise oldukça sınırlıdır: *Pisum fulvum* (%0.46), *Pisum sativum* ssp. *elatius* (%0.42), *Pisum sativum* ssp. *sativum/humile/syriacum* (%1.2) ve *Pisum abyssinicum* (%0.36). Bezelye ($2n = 14$), tüm dünyada kuru taneleri veya taze sebze olarak tüketilmekte olup, üç temel gruba ayrılır: *Pisum sativum* ssp. *sativum* (tarla bezelyesi), var. *saccharatum* (sultani bezelye) ve var. *macrocarpon* (taze bezelye) (Abbo ve ark., 2017; Abdel-Hamid ve Salem, 2021).



Şekil 1. Dünyadaki *Pisum sativum* L. erişimlerinin dağılım haritası. Daireler, orijinal bezelye tek bitki (PSPPC) koleksiyonundaki erişimleri; üçgenler ise Çin çekirdek koleksiyonuna ait erişimleri göstermektedir. Renk kodları şu şekilde düzenlenmiştir: yeşil – *P. sativum* ssp. *elatius*, gri – *P. sativum* ssp. *abyssinicum*, altın sarısı – *P. sativum* ssp. *sativum* – Birincil grup, koyu mavi – *P. sativum* – Orta Asya grubu, kırmızı – *P. sativum* ssp. *sativum* – Akdeniz dışı Asya grubu (Kaynak: Abdel-Hamid ve Salem, 2021).

Bezelye, aynı zamanda genetiğin kurucusu Gregor Mendel'in 1850'lerde yürüttüğü çalışmaların temel materyali olması nedeniyle bilimsel tarihte özel bir yere sahiptir. Kendine ve yabancı döllenmeye uygun biyolojisi, belirgin fenotipik karakterleri ve hızlı gelişimi sayesinde Mendel'in yedi temel kalıtsal özelliği tanımlamasına olanak sağlamış, bu çalışmalar modern genetik ve bitki ıslahının temellerini oluşturmuştur (Bateson, 1902; Weldon, 1902; Smýkal, 2014). Türkiye'de yürütülen klasik ıslah programları, özellikle tarla bezelyesinde yerel popülasyonların verim, bitki boyu ve dayanıklılık özelliklerinin iyileştirilmesine önemli katkılar sağlamıştır (Demirkol, 2017). Ayrıca modern ıslah ve genomik çalışmalar kapsamında, Holdsworth ve ark. (2017) tarafından geliştirilmiş olan USDA bezelye tek bitki koleksiyonu (PSPPC), 431 *Pisum sativum* aksesyonu içermekte ve özellik haritalama ile genomik seleksiyon çalışmalarının etkinliğini artırmak amacıyla genetik olarak kapsamlı biçimde karakterize edilmiştir.

3. Islah Amaçları

Son yıllarda yürütülen bezelye ıslah programları, öncelikli olarak erken olgunlaşan, yüksek verimli ve geniş adaptasyon yeteneğine sahip genotiplerin geliştirilmesine odaklanmaktadır. Erken olgunlaşma, üretim sezonunun başlangıcında ürün arzının sınırlı olması nedeniyle üreticilere daha yüksek pazar fiyatı avantajı sağlayarak ekonomik getiriye artırmaktadır. Verim unsurlarının yanı sıra, bakla büyüklüğü, tane iriliği, bakla dolgunluğu, bakla rengi ve tane görünümü gibi pazarlama açısından kritik öneme sahip morfolojik özellikler de ıslah hedeflerinin merkezinde yer almaktadır; zira bu özellikler ürünün işleme sanayisine uygunluğunu ve taze tüketim pazarındaki kalitesini doğrudan etkilemektedir (Ceyhan, 2004).

Hastalık dayanıklılığı, birçok bezelye ıslah programının temel hedeflerinden biridir. Özellikle *Fusarium* solgunluğu (Shubha ve ark., 2019), külleme, pas, bezelye mozaik virüsü (pea-borne mosaic virus; PBMV), yapısal mozaik virüsü (structural mosaic virus) ve sarı mozaik virüsü (yellow mosaic virus) gibi yaygın ve ekonomik açıdan önemli patojenlere karşı dayanıklı genotiplerin geliştirilmesi amacıyla yoğun ıslah çalışmaları yürütülmektedir. Buna paralel olarak, yaprak galeri sineği, bezelye hortumlu böceği ve yaprak bitleri gibi önemli zararlılara dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi de modern bezelye ıslah programlarının ayrılmaz bir unsurunu oluşturmaktadır (Abdel-Hamid ve Salem, 2021).

Bezelye, abiyotik stres faktörleri arasında özellikle kış koşullarına ve düşük sıcaklıklara duyarlılığı ile bilinen bir türdür. Kritik eşik olarak, birçok genotipte -8°C ile -12°C arasındaki sıcaklıklarda belirgin doku zararları ve metabolik bozulmalar ortaya çıkmakta, daha düşük sıcaklıklarda ise bitki kayıpları hızla artmaktadır (Ceyhan, 2006; Tekin ve Ceyhan, 2020). Bu nedenle kışa dayanıklı ve düşük sıcaklık toleransı yüksek hatların geliştirilmesi, kışlık ekim bölgelerinde üretim alanlarının genişletilmesi ve iklim değişikliğinin yol açtığı çevresel risklere karşı üretim güvenliğinin artırılması açısından stratejik öneme sahiptir. Türkiye’de yürütülen çalışmalar, özellikle Orta Anadolu’nun yarı kurak koşullarında kışlık bezelye ekimine uygun genotiplerin belirlenmesine yönelik önemli bulgular ortaya koymuştur (Ceyhan, 2004; Ceyhan ve Karadaş, 2023). Farklı bezelye genotiplerinin kıştan çıkış oranı, fide dayanıklılığı, soğuk zararı sonrası

yenilenme kapasitesi ve düşük sıcaklıklara adaptasyon yeteneklerinin önemli düzeyde farklılık gösterdiği, hatta bazı genotiplerin $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altındaki sıcaklıklara karşı göreceli tolerans sergileyebildiği bildirilmiştir (Ceyhan, 2004; Ceyhan ve Karadaş, 2023). Bu bulgular, kışlık bezelye ıslahında seleksiyonun etkin bir araç olduğunu ve ıslah programlarında soğuk toleransı kriterlerinin öncelikli olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir (Ceyhan, 2004). Buna ek olarak, kuraklık ve ısı stresi gibi diğer abiyotik streslere dayanıklılık da kışlık üretim sistemlerinin sürdürülebilirliğini artırmak amacıyla modern ıslah programlarında giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

Bezelye, taze tüketim, konserve sanayii, dondurulmuş gıda endüstrisi ve çeşitli endüstriyel işleme süreçleri gibi çok yönlü kullanım alanlarına sahip olduğundan, ıslah hedefleri kullanım amacına göre önemli ölçüde farklılaşmaktadır (Hedley, 2001; Paul ve Southgate, 1988). Taze tüketime yönelik çeşitlerde duysal kalite, yüksek şeker içeriği, aroma, gevreklik, rengin canlılığı ve düşük nişasta birikimi temel kalite parametreleri olarak öne çıkarken (Wang ve ark., 2009), işleme sanayisine yönelik genotiplerde uniform tane iriliği, bakla ve tane sertliği, ısı işlemine dayanıklılık, olgunluğun senkronizasyonu, doku stabilitesi, renk korunum kabiliyeti ve şeker/asit oranının optimal düzeyde olması önemli kriterler arasında yer almaktadır (Hoover ve Sosulski, 1991; McPhee, 2003). Özellikle dondurulmuş gıda endüstrisi için geliştirilen çeşitlerde, donma-çözülme döngülerine dayanıklılık, enzimatik esmerleşmenin düşük olması ve işlem sonrası tane bütünlüğünün korunması kritik ıslah hedefleridir (Smykal ve ark., 2012).

Protein açısından zengin yapısı nedeniyle bezelye, son yıllarda bitkisel protein endüstrisinde giderek daha fazla değerlendirilen bir tür hâline gelmiştir. Bezelye taneleri yaklaşık %20–30 oranında protein içerirken, sahip olduğu lizince zengin aminoasit profili ve düşük alerjik potansiyeli, bezelyeyi bitkisel protein üretiminde stratejik bir kaynak hâline getirmektedir (Boye ve ark., 2010; Ceyhan ve Şimşek, 2021). Bu bağlamda modern ıslah çalışmaları, yalnızca protein oranının artırılmasına değil, aynı zamanda protein fonksiyonelliğinin iyileştirilmesine (jel oluşturma kapasitesi, köpük stabilitesi, çözünürlük vb.) ve anti-besinsel bileşenlerin azaltılmasına da

yönelmektedir (Stone ve ark., 2015; Messina ve ark., 2025). Ayrıca, küresel ölçekte artan bitki temelli beslenme eğilimleri, bezelye protein izolatu ve konsantresi üretiminde kaliteyi doğrudan etkileyen tane kompozisyonu, nişasta-protein etkileşimleri ve işleme sonrası fonksiyonel stabilite gibi faktörleri de çağdaş ıslah programlarının merkezine taşımıştır (Messina ve ark., 2025).

Son olarak bezelye, azot bağlama kapasitesi, toprak verimliliğine katkısı ve düşük çevresel ayak izi nedeniyle sürdürülebilir tarım sistemlerinde stratejik bir tür olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle modern ıslah programları; yüksek verim, kalite ve stres toleransı yanında, yüksek biyolojik azot fiksasyonu ve toprak dostu genotiplerin geliştirilmesi gibi çevresel faydaları da hedeflemektedir (Jensen ve ark., 2012).

4. Genetik Çeşitliliği

Pisum sativum türünün genetik çeşitliliği, özellikle Afrika ve Asya kökenli popülasyonlarda yüksek düzeyde bulunmakta olup, bu bölgeler türün evrimsel geçmişi ve kültüre alınma merkezleri açısından stratejik önem taşımaktadır. Afrika'nın doğu ve kuzey bölgeleri ile Güney Asya, hem yabani *Pisum* türlerinin doğal yayılış alanları hem de ilkel çeşitlerin halen yetiştirildiği merkezlerdir. Bu nedenle bu bölgeler, hem evrimsel gen havuzu hem de modern ıslah çalışmaları için kritik kaynaklar sağlamaktadır. Dünya çapında birçok araştırma enstitüsü ve gen bankası; yabani ve ilkel çeşitlerin *Pisum* taksonları, erken kültüre alınmış yerel çeşitler, çoklu hastalık dayanıklılığı taşıyan genotipler, mutant hatlar, ıslah hatları ve ticari çeşitler içeren geniş kapsamlı koleksiyonları koruma altına almıştır (Zong ve ark., 2008).

Bu koleksiyonlar yalnızca türün genetik genişliğini muhafaza etmekle kalmayıp, çekirdek koleksiyonların oluşturulmasına da olanak tanımakta; bu sayede genomik çalışmalar, genetik haritalama analizleri ve ileri düzey ıslah stratejileri için temsil gücü yüksek materyaller elde edilmektedir. Ayrıca gen bankası, çiftçi tarlaları ve doğal popülasyonlar koruma stratejilerinin birlikte yürütülmesi, türde ortaya çıkabilecek genetik erozyon riskini azaltmak açısından son derece önemlidir. Özellikle modern çeşitlerin yaygınlaşması,

yerel çeşitlerin kullanımının azalması ve arazi ıslah faaliyetleri, *Pisum* germplazmının bazı bölgelerde tehdit altına girmesine neden olabilmektedir.

Morfolojik ve agronomik özellikler açısından büyük değişkenlik gösteren genotiplerin bulunması, germplazmın değerini önemli ölçüde artırmaktadır. Bu kapsamda; biyotik stresler (hastalıklar ve zararlılar) ile abiyotik streslere (kuraklık, tuzluluk, soğuk, ısı stresi) karşı dayanıklılık, bitki morfolojisi, verim komponentleri, bakla özellikleri, tane iriliği, protein ve nişasta içeriği, mineral kompozisyonu, işleme kalitesi ve tüketim özellikleri gibi çok sayıda karakter detaylı biçimde karakterize edilmektedir (Ghafoor ve ark., 2005; Abdel-Hamid ve Salem, 2021). Her bir genotipte bu özelliklerin farklı kombinasyonlarının bulunması, ıslah programlarında hedefe yönelik genetik materyal seçimini kolaylaştırmaktadır.

Yerel genotiplerin etkin kullanımının temel koşulu, ekonomik öneme sahip özellikler bakımından genetik çeşitliliğin doğru analiz edilmesi, bunun için de hem morfolojik hem de moleküler düzeyde karakterizasyonun yapılmasıdır. Son yıllarda SSR, AFLP, RAPD, SNP ve genotip sekanslama yöntemiyle (GBS) gibi moleküler markör sistemleri kullanılarak *Pisum* genotipleri arasındaki genetik ilişkiler daha net biçimde ortaya konmuş, bu da ıslah çalışmalarında markır destekli seleksiyon (MAS) ve genomik seleksiyon (GS) uygulamalarını mümkün hâle getirmiştir (Singh ve ark., 2019).

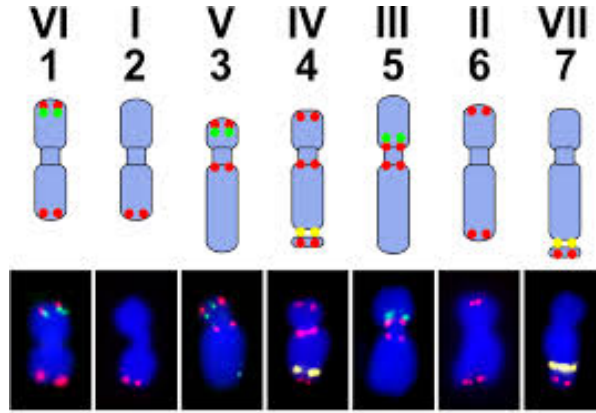
Dünya genelinde korunan *Pisum sativum* gen kaynakları; modern ıslah, genomik analizler, biyotik ve abiyotik stres dayanıklılığı, yüksek kalite ve besin içeriğine sahip çeşitlerin geliştirilmesi için vazgeçilmez bir kaynaktır. Genetik çeşitliliğin korunması ve etkin şekilde değerlendirilmesi hem küresel gıda güvenliğinin artırılması hem de sürdürülebilir tarımsal üretim sistemlerinin güçlendirilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

5. Bezelyenin Sitogenetik Yapısı

Baklagiller içinde önemli bir tarımsal tür olan bezelyenin genetik ve fizyolojik özelliklerinin anlaşılmasında sitogenetik çalışmalar temel bir role sahiptir. Bezelye, Mendel'in kalıtım yasalarına kaynaklık etmiş tarihsel bir model olduğu kadar günümüzde genomik ve marker temelli ıslah çalışmalarının da odak türlerinden biridir. Sitogenetik analizler, kromozom sayısı, karyotip düzeni, sekonder konstrikسیونların dağılımı, çekirdekçik

oluşum bölgelerinin yapısı, tekrarlayan DNA dizileri ve kromozom haritalama yaklaşımlarını kapsamaktadır. Hem klasik sitoloji (Yarnell, 1962) hem de modern moleküler sitogenetik yaklaşımlar (Neumann ve ark., 2001; 2002; Smýkal ve ark., 2012), bezelye genomunun büyük ve karmaşık yapısına rağmen kromozomal organizasyonun yüksek düzeyde çözümlenebilmesine olanak tanımıştır. Ayrıca yabancı türlerle yapılan karşılaştırmalar, türler arası evrimsel ilişkilerin ve genetik kaynak transferinin sitogenetik temellerini ortaya koymaktadır (Errico ve ark., 1991).

Bezelye diploid bir tür olup kromozom sayısı $2n = 14$, yani yedi çift kromozomdan oluşmaktadır (Şekil 2). Bu bilgi hem klasik sitolojik boyamalar hem de günümüzde akım sitometrisiyle doğrulanmıştır (Yarnell, 1962; Murtaza ve Ahmed, 2008). Karyotip düzeni belirgin biçimde değişmeden korunmuştur; bu durum bağlantı gruplarının fiziksel kromozomlara karşılık gelmesi sürecini kolaylaştırmıştır (Smýkal ve ark., 2012). Kromozomların çoğu submetasentrik veya akrosentrik yapıya sahiptir ve boyca belirgin bir gradasyon sunarlar. Haploid karyotipin toplam uzunluğu yaklaşık 112–114 μm civarındadır (Murtaza ve Ahmed, 2008). Çekirdekçik oluşum bölgeleri taşıyan iki kromozom çifti sekonder konstriksiyonlarla ayırt edilebilmektedir. Bu nedenle kromozom sayısının net olması ve karyotipin tanımlanabilir yapıya sahip bulunması bezelyeyi genomik çalışmalarda referans tür haline getirmiştir.



Şekil 2. Bezelye karyotipi. (Kaynak: Neumann ve ark., 2002)

Bezelye kromozomları kol oranı değerlerine göre düzenlendiğinde kompleks ancak iyi tanımlanabilen bir karyotip ortaya çıkar. Karyotip analizlerinde iki çift kromozomda belirgin satellit bölgeleri bulunurken diğer çiftlerde daha kompakt yapı rapor edilmiştir (Murtaza ve Ahmed, 2008). Bu satellit alanları çekirdekçik oluşum bölgelerini işaret etmekte; heterokromatik bölgelerin organizasyonuna dair ipuçları sunmaktadır. Karyotip yapısında tür içi küçük varyasyonlar olsa da genel düzen yüksek düzeyde korunmuştur (Errico ve ark., 1991; Murtaza ve Ahmed, 2008). Karyotip morfolojisinin incelenmesi, translokasyon hatlarının tanımlanması, hibritlerde kromozomal uyumun değerlendirilmesi ve sitogenetik marker geliştirilmesi açısından temel öneme sahiptir. Ayrıca karyotip karakterizasyonu sayesinde bezelye kromozomlarına özgü fiziksel haritalama süreçleri daha kesin biçimde gerçekleştirilmektedir.

Çekirdekçik oluşum bölgeleri, ribozomal RNA gen kümelerinin bulunduğu sekonder konstriksiyonlarla karakterize edilir. Bu bölgeler metafazda çekirdekçiğin geçici kaybı ve telofaz sonrası yeniden oluşumu ile ilişkilidir (Errico ve ark., 1991). Sekonder konstriksiyon boyutu, kromozomal davranışta önemli bir belirteç olup mayoz sırasında düzenli rDNA transkripsiyonu için kritik rol oynar. FISH (Fluorescent In Situ Hybridization) tekniği ile çekirdekçik oluşum bölgelerinin işaretlenmesi, karyotip haritalamanın temel unsuru haline gelmiştir (Neumann ve ark., 2001). Çekirdekçik oluşum bölgeleri tür içi varyasyon göstermekten çok türler arası karşılaştırmalarda ayırt edici önem taşır; örneğin *Pisum fulvum* ve *Pisum abyssinicum*'da morfolojik ve evrimsel ayrımları destekleyen sitogenetik kanıt niteliğindedir (Errico ve ark., 1991). Bu nedenle sekonder konstriksiyonlar sitotaksonominin önemli bir bulgusudur.

Bezelye mayozu çoğunlukla düzenlidir, fakat bazı hatlarda eşleşme bozuklukları, kromatid köprüleri ve mikronükleus oluşumu rapor edilmiştir (Yarnell, 1962). Bu anormallikler genellikle translokasyon taşıyan hatlar veya yüksek düzeyde kromozomal yeniden düzenlemeye uğramış genomlar ile ilişkilidir. Düzenli mayoz gamet canlılığını artırırken, bozuk davranış polen fertilitasını düşürür ve hibritlerde kısırılık riskini artırabilir. Sitogenetik düzeyde mayoz analizi özellikle türler arası melezleme girişimlerinde önemlidir. Ayrıca stres koşullarının mayoz davranışını bozduğu ve

mikronükleus artışına neden olduğu gösterilmiştir (Yurkevich ve ark., 2018). Dolayısıyla bezelyenin mayotik organizasyonu, sadece genetik temelli değil çevresel etki temelli incelenmesi gereken bir sitogenetik konudur.

Bezelye genomu 4–5 Gb civarında büyük bir genom olup bunun önemli kısımlarını tekrarlayan DNA dizileri oluşturur (Neumann ve ark., 2001). Bu tekrarlayan dizilerin kromozomlar üzerindeki dağılımı FISH teknikleri ile haritalanmış ve kromozomal "parmak izi" niteliği kazanmıştır. Tekrarlayan dizilerin yoğunlaştığı bölgeler sitogenetik marker işlevi görerek karyotip tanımlamada güçlü araç sunar. Ayrıca bu dizilerin tür içi varyasyonu düşük olsa da farklı kromozomların ayırt edilmesinde yüksek duyarlılık sağlar. Bu dağılımı incelemek, heterokromatin (kromatin yapısının yoğun) yapısını, sentromerlerin düzenini ve genomun evrimsel mimarisini anlamamıza yardımcı olmuştur. Bezelyede tekrarlayan dizilerin kromozomal haritalanması, genomik çağda sitogenetik yaklaşımın merkezine yerleşmiştir.

Kültürü yapılan bezelye ile yabani yakın akrabası *Pisum fulvum* arasında karyotip farklılıkları belirgin biçimde ortaya konmuştur (Errico ve ark., 1991). *Fulvum*'da bazı kol oranı değerleri ve satellit bölgeleri kültür formuna göre değişiklik göstermekte; bu durum evrimsel ayrışmayı desteklemektedir. Ayrıca *Pisum abyssinicum* ekotipi sitogenetik açıdan kültür formuna kıyasla belirgin varyasyon taşımaktadır (Errico ve ark., 1991). Bu ayrımlar, gen havuzu genişletme stratejilerinde hibrit uyumluluğu ve kromozomal stabilitenin değerlendirilmesinin zorunlu olduğunu göstermiştir. Sitogenetik karşılaştırmalar yabani türlerin ıslah materyali olarak kullanılmasında stratejik yönlendirme sunmaktadır. Dolayısıyla karşılaştırmalı sitogenetik, bezelyenin evrimsel biyolojisini ve ıslah potansiyelini aynı çerçevede değerlendirme imkânı sağlar.

Bezelyede modern bir sitogenetik yaklaşımla kromozomlar akım sitometrisi kullanılarak ayrıştırılabilmekte ve fiziksel haritalama gerçekleştirilebilmektedir (Neumann ve ark., 2002). Translokasyon taşıyan hatlarda kromozom büyüklükleri farklılaştığı için sıralama daha başarılı olmaktadır. Ayrılan kromozom fraksiyonlarından DNA izole edilerek marker analizleri yapılmakta, böylece bağlantı gruplarının fiziksel kromozom numaralandırmasıyla entegrasyonu sağlanmaktadır. Bu yaklaşım bezelye gibi büyük genomlu türlerde genom çalışmalarını hızlandıran teknik bir

ilerlemedir. Kromozom sıralama, QTL haritalama, marker geliştirme ve genom organizasyonu çalışmalarında temel araç haline gelmiştir. Dolayısıyla sitogenetik bilginin genomik ıslaha doğrudan bağlandığı en önemli yeniliklerden biri olarak değerlendirilir.

Bezelyede ekstrem stres koşulları (örneğin iyonize radyasyon, ağır metal vb.) kromozomal stabiliteyi bozabilmektedir (Yurkevich ve ark., 2018). Mayotik ve mitotik kromozomal davranışlar bu koşullarda köprü formasyonu, fragmentasyon ve mikronükleus oluşumu ile karakterize edilir. FISH teknikleri ile bu hasarların kromozomal lokalizasyonu belirlenebilmiş, genotoksik etkilerin derecesi objektif biçimde ölçülebilmektedir. Bu gözlemler bezelyeyi stres biyolojisi ve genom stabilitesi çalışmalarında model tür haline getirmektedir. Ayrıca stres sitogenetiği, çevresel tolerans ıslahında genetik dayanıklılık bileşenlerini değerlendirmek için kritik veri sunar. Bu nedenle kromozomal davranışın stres temelli analizi ıslah çalışmalarına eklenmiş yeni bir stratejik boyuttur.

Bezelyenin sitogenetik yapısının anlaşılması, modern genomik ıslah stratejilerinin temel taşlarından birini oluşturmaktadır. Karyotip organizasyonu, çekirdekçik oluşum bölgeleri, tekrarlayan diziler ve karşılaştırmalı sitogenetik veriler; marker yardımcı seleksiyon (MAS), QTL haritalama ve genom düzenleme çalışmalarının altyapısını oluşturmaktadır. Kromozom sıralama gibi yenilikçi yaklaşımlar sitogenetik analizleri genomik işlevlerle bütünleştirmiştir. Yabani türlerle sitogenetik karşılaştırmalar, gen havuzu genişletme stratejilerinin bilimsel temelini sunmaktadır. Dolayısıyla bezelye sitogenetiği sadece evrimsel biyolojiyi anlamak için değil, modern ıslah yaklaşımlarının geliştirilmesi için de kritik öneme sahiptir.

6. Bezelyede Bazı Tarımsal Özelliklerin Genetik Temelleri

Bezelye bitkisinde boğum (internod) uzunluğunun genetik kontrolü büyük ölçüde *cry*, *la* ve *le* genleri tarafından sağlanmakta olup, bu lokuslar bitkinin gövde uzamasına, vejetatif büyüme hızı, hücre uzaması, fitohormon yanıtları (özellikle gibberellin duyarlılığı) ve bitki mimarisinin stabilitesi üzerinde belirleyici rol oynayan, karşılıklı etkileşim hâlindeki temel genetik düzenleyicilerdir. Bu genlerin fenotipik etkileri tek başına ortaya çıksa da, bitki boyunun belirlenmesinde epistatik etkileşimler baskındır ve bu nedenle

farklı gen kombinasyonları geniş bir fenotipik varyasyon yelpazesi yaratmaktadır. *cry* geni, gövde uzaması süreçlerinde merkezi bir rol üstlenmekte ve *la* ile *le* genleriyle hem eklemeli (aditif) hem epistatik düzeyde etkileşim göstermektedir. *la* geni gövde büyümesinde hücre uzama kapasitesini düzenleyerek kompakt veya uzamış bitki tiplerinin oluşmasına neden olurken, *le* geni bezelyede klasik “uzun yada bodur” fenotipinin moleküler temelini oluşturan başlıca lokuslardan biri olup gibberellin biyosentezi ve duyarlılığıyla ilişkili allelik varyasyonlar göstermektedir (Amin ve ark., 2010; Mohan ve ark., 2013; Davies ve Muehlbauer, 2020). Bu üç genin farklı allel kombinasyonları sonucunda bezelye bitkisinde bodur, yarı bodur, normal boylu veya uzun boylu fenotiplerin ortaya çıkması mümkündür (Tablo 1). Dolayısıyla *cry-la-le* gen kompleksi, modern bezelye ıslahında yatmaya dayanıklı, mekanize hasada uygun, kompakt, yüksek verimli ve fotosentetik olarak etkin bitki tiplerinin geliştirilmesinde kritik öneme sahiptir.

Tablo 1. Bezelyede Morfolojik Özellikler, Düzenleyen Genlerin Fenotipik Özellikleri

Gen	Etkilediği Özellik
<i>cry</i>	<i>la</i> ve <i>le</i> genleri ile birlikte boğum uzunluğu ve bitki boyunu etkiler
<i>la</i>	<i>cry</i> ve <i>le</i> genleri ile birlikte boğum uzunluğu ve bitki boyunu belirler
<i>le</i>	<i>cry</i> ve <i>la</i> genleri ile etkileşimli olarak boğum uzunluğu ve bitki boyunu kontrol eder
<i>wa</i>	Baklalarda bal mumsu tabaka yoktur; kulakçıkların üst ve alt yüzeylerinde ve yaprakçıkların alt yüzeylerinde de bal mumsu kaplama bulunmaz
<i>Wb</i>	Baklalarda bal mumsu tabaka bulunmaz, bitkinin diğer kısımlarında ise çok az miktarda bal mumsu kaplama vardır
<i>Wel</i>	Bitkinin tüm organlarında bal mumsu tabaka tamamen yoktur (baklalar, kulakçıklar, yaprakçıklar dahil)
<i>Fr</i>	<i>Fru</i> ile birlikte çalışarak ana dallarının sayısını belirler
<i>Fru</i>	<i>Fr</i> geni ile etkileşimli olarak ana dal sayısını düzenler

<i>Ram</i>	Bitkide dal sayısını artıran fenotipe neden olur; genel dallanmayı yükseltir
<i>Af</i>	Yaprakçıklar sarmaşık tırmanma organı olan sülüklere dönüşür.
<i>Lat</i>	Çift yaprakçık ve genişlemiş kulakçık alanı oluşturur.
<i>Tac</i>	Akasya tipi yapraklarda sülüklerin oluşmasını sağlar.
<i>Tl</i>	Yapraklarda ek yaprakçıklar bulunur, ancak sülük gelişmez (yoktur).
<i>A</i>	Bitki, çiçek ve tohumda antosiyanin üretimini sağlayan baskın allel; antosiyanin yokluğu durumunu belirler
<i>ch-l</i>	Bitkinin açık sarımsı-yeşil renkte olmasına neden olur
<i>D</i>	Yeşil yaprak koltuğu rengi oluşturur; rengin görülebilmesi için <i>a</i> genine bağlıdır (epistatik ilişki)
<i>Pa</i>	Koyu yeşil yaprak, koyu yeşil genç bitki dokusu ve koyu yeşil olgunlaşmamış tohum fenotipine neden olur
<i>Vm</i>	<i>Pa</i> genine benzer bir etki gösterir; koyu yeşil bitki ve doku rengini oluşturur
<i>fn</i>	<i>fna</i> ile birlikte çalışarak salkım üzerindeki çiçek sayısını belirler; bu özellik çevresel faktörlerden güçlü biçimde etkilenir
<i>fna</i>	<i>fn</i> ile etkileşimli olarak salkımdaki çiçek sayısını düzenler; çevresel koşulların etkisine yüksek derecede açıktır
<i>fa</i>	<i>fas</i> geni ile birlikte çalıştığında sap düzleşmesi (yassılaşması, şeritlenmesi veya anormal genişlemesi) neden olur
<i>fas</i>	<i>fa</i> geni ile etkileşimli olarak sap düzleşmesi oluşmasını sağlar
<i>b</i>	Pembe çiçek rengi oluşturur; rengin ortaya çıkması <i>a</i> genine bağlıdır (epistatik ilişki)
<i>Ce</i>	Gül tonunda çiçek rengi oluşturur; fenotipin görünmesi <i>a</i> genine bağlıdır (epistatik ilişki)

Bezelye bitkisinde bal mumsu tabaka (wax bloom) fenotipi, bitki yüzeyindeki koruyucu mumumsu kaplamanın varlığına göre değişen önemli bir morfolojik ve fizyolojik karakterdir. *wa* genotipinde baklalar, kulakçıklar ve yaprakçıkların alt yüzeyleri dâhil olmak üzere bitkinin geniş bir bölümünde bal mumsu tabaka tamamen bulunmaz; bu durum bitkinin mat bir yüzey görünümü kazanmasına ve kuraklık, UV ışını ve su kaybı gibi abiyotik

streslere karşı koruyucu bariyerin zayıflamasına yol açabilir. *Wb* (*Wel*) fenotipinde baklalarda bal mumsu kaplama bulunmamakla birlikte bitkinin diğer organlarında çok sınırlı düzeyde bal mumsu tabaka yer alır; bu nedenle bu fenotip, *wa*'ya göre nispeten daha sınırlı da olsa çevresel koruyuculuk sağlayabilir (Amin ve ark., 2010; Mohan ve ark., 2013; Davies ve Muehlbauer, 2020). Bal mumsu tabakanın tamamen yokluğu ise bitkinin tüm organlarında mum tabakasının bulunmamasıyla karakterizedir ve özellikle sıcak-kurak iklimlerde su kaybının artması, yaprak yüzey sıcaklığının yükselmesi ve UV hasarına karşı toleransın azalması gibi fizyolojik sonuçlara neden olabilir (Tablo 1). Bununla birlikte düşük veya hiç *wax* içermeyen fenotipler bazı üretim sistemlerinde parlaklık, tazelik görünümü veya pazarlanabilirlik gibi özellikleri olumlu etkileyebilir. Bu nedenle bal mumsu tabaka fenotipinin genetik temelleri ve varyasyonu, hem çevresel adaptasyon hem de kalite özellikleri açısından modern bezelye ıslahında dikkate alınması gereken önemli bir karakterdir.

Bezelyede dallanma yapısı, bitkinin mimarisini, verim bileşenlerini ve adaptasyon kapasitesini doğrudan etkileyen önemli bir morfolojik özelliktir ve bu özellik büyük ölçüde *Fr*, *Fru* ve *Ram* genleri tarafından düzenlenir (Amin ve ark., 2010; Mohan ve ark., 2013; Davies ve Muehlbauer, 2020). *Fr* ve *Fru* genleri birlikte çalışarak bitkinin ana dal sayısını kontrol eden tamamlayıcı lokuslar olarak görev yapar (Tablo 1). Bu iki genin karşılıklı etkileşimi, bitkinin taban bölgesinden çıkan dalların sayısını belirlediği için, hem bitki yoğunluğunu hem de birim alandaki bakla sayısını etkileyebilmektedir. *Ram* geni ise diğer dallanma genlerinden bağımsız olarak toplam dal sayısını artıran bir fenotipin ortaya çıkmasına neden olur; bu nedenle bitkinin genel dallanma düzeyini yükseltir. *Ram* geninin etkisi, özellikle vejetatif büyümenin güçlü olduğu ortamlarda bitkinin daha geniş bir taç yapısı oluşturmaya ve potansiyel olarak daha fazla çiçek ve bakla üretmesine katkı sağlayabilir. Bununla birlikte aşırı dallanma bazı durumlarda bitki içi gölgeleme, besin rekabeti veya hasat zorluğu gibi olumsuz sonuçlar da doğurabilir. Bu nedenle *Fr*, *Fru* ve *Ram* genlerinin oluşturduğu dallanma mimarisi, modern ıslah programlarında bitki sıklığı, mekanize hasat uygunluğu ve verim optimizasyonu açısından dikkatle değerlendirilmesi gereken genetik bir kontrol mekanizmasıdır.

Bezelye yaprak morfolojisi, bitkinin tırmanma kapasitesini, gövde stabilitesini, ışıktan yararlanma etkinliğini ve hatta verim bileşenlerini doğrudan etkileyen önemli bir yapısal özelliktir ve bu özellik büyük ölçüde *Af*, *Lat*, *Tac* ve *Tl* genleri tarafından düzenlenmektedir (Amin ve ark., 2010; DeMason ve ark., 2013; Mohan ve ark., 2013; Davies ve Muehlbauer, 2020) (Tablo 1). *Af* geninin etkin olduğu genotiplerde yaprakçıklar sülûğe (tendril) dönüşerek bitkiye tırmanma ve destek dokulara tutunma yeteneği kazandırır; bu durum özellikle yatmaya hassas çeşitlerde gövde stabilitesini artırır. *Lat* fenotipi, çift yaprakçık oluşumu ve genişlemiş kulakçık alanı ile karakterize olup bitkinin fotosentetik yüzey alanını artırabilir; bu nedenle *Lat* fenotipi bazı durumlarda vegetatif büyümeyi güçlendiren bir özellik olarak değerlendirilir. *Tac* fenotipi, akasya benzeri yaprak tipinde sülûk gelişimini teşvik eder; bu özel morfolojik yapı hem tırmanma davranışını değiştirebilir hem de farklı ışık tutunmasını düzenlebilir. *Tl* genotipinde ise yapraklarda ek yaprakçıkların bulunmasına karşın sülûk gelişimi yoktur, bu da bitkinin destek yüzeylerine tutunmasını zorlaştırarak yatma riskini artırabilir (DeMason ve ark., 2013). Bu yaprak morfolojisi genlerinin farklı kombinasyonları, bezelye ıslahında bitkinin büyüme şeklinin, dik duruş kabiliyetinin, fotosentetik etkinliğinin ve hasat kolaylığının iyileştirilmesi açısından önemli hedefler oluşturur.

Bezelyede renk oluşumu büyük ölçüde antosiyanin ve klorofil metabolizmasını etkileyen *A*, *ch-l*, *D*, *Pa* ve *Vm* genleri tarafından düzenlenmektedir (Amin ve ark., 2010; Mohan ve ark., 2013; Davies ve Muehlbauer, 2020) (Tablo 1). *A* geni, bitki, çiçek ve tohumlarda antosiyanin üretimini kontrol eden baskın bir lokus olup pigmentasyonun varlığı veya yokluğu üzerinde temel belirleyicidir; resesif durumda antosiyanin sentezi baskılanır ve bitki dokularında renk kaybı gözlenir. *ch-l* genotipi, klorofil miktarını azaltarak bitkide açık sarımsı-yeşil bir görünüm oluşturur ve genellikle fotosentetik etkinliğin düşük olduğu fenotiplerle ilişkilidir. *D* geni, yaprak koltuğunda yeşil renk oluşumundan sorumludur ancak bu etkinin ortaya çıkması *a* geni aracılığıyla gerçekleştiğinden burada belirgin bir epistatik ilişki söz konusudur. *Pa* geni, genç sürgünler, yapraklar ve olgunlaşmamış tohumlarda koyu yeşil pigmentasyonu artırarak daha yoğun klorofil birikimine neden olur; bu genotip fizyolojik olarak daha güçlü vegetatif büyüme ile ilişkilendirilebilir. *Vm* geninin etkisi *Pa* geni ile büyük

ölçüde benzerdir ve bitkinin koyu yeşil genel görünüm kazanmasına katkı sağlar. Bu pigmentasyon genleri arasındaki etkileşimler, bezelyede hem morfolojik tanımlamada hem de ışık kullanım etkinliği, fotosentetik kapasite ve genç bitki vigorunun değerlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca renk fenotipleri, bazı üretim sistemlerinde tüketici tercihleri ve ticari kalite açısından da kritik öneme sahiptir.

Bezelyede salkım yapısı ve çiçeklenme verimi, bitkinin üreme başarısını ve nihai bakla/tane verimini belirleyen temel morfolojik özelliklerdir (Ceyhan, 2004). *fn* ve *fna* genleri, salkım üzerindeki çiçek sayısının genetik kontrolünde birlikte işleyen tamamlayıcı lokuslar olup (Amin ve ark., 2010; Mohan ve ark., 2013; Davies ve Muehlbauer, 2020), her iki genin de fenotipik etkisi çevresel koşullara son derece duyarlıdır (Tablo 1). Bu genlerin oluşturduğu çiçek sayısı; sıcaklık, ışık şiddeti, gün uzunluğu, su durumu ve besin maddesi varlığı gibi çevresel faktörlerden güçlü biçimde etkilenir. *fn* ve *fna* genlerinin etkileşimi, salkım başına çiçek sayısında geniş bir varyasyon yaratabilir; bu nedenle bu iki gen yalnızca genetik potansiyelin değil, aynı zamanda çevresel streslere verilen yanıtın da göstergesidir. Çiçek sayısındaki artış genellikle potansiyel verimi artırma açısından avantaj sağlasa da, aşırı yük binmesi durumunda bakla tutum oranı düşebilir. Bu nedenle *fn-fna* gen kompleksinin kontrol ettiği çiçek sayısı, bezelye ıslahında verim stabilitesi, stres koşullarındaki performans ve adaptasyon kabiliyeti açısından son derece önemli bir karakter olarak değerlendirilir.

Bezelyede *fa* ve *fas* genlerinin etkileşimiyle ortaya çıkan sap düzleşmesi (fasiyasyon), bitki gövdesinin normal silindirik formunu kaybederek yassılaşması, şeritlenmesi veya anormal genişlemesi ile karakterize edilen belirgin bir morfolojik anomaliyi ifade eder (Amin ve ark., 2010; Mohan ve ark., 2013; Davies ve Muehlbauer, 2020) (Tablo 1). *fa* ve *fas* genlerinin birlikte çalışması durumunda meristem dokusunda hücre bölünme yönünün ve büyüme düzeninin bozulması, gövdenin birden fazla aks boyunca genişlemesine yol açar. Bu durum bitkinin görünümünü önemli ölçüde değiştirirken, çoğu zaman yan dal oluşumu, çiçeklenme düzeni ve mekanik dayanıklılık üzerinde de etkiler oluşturabilir. Bazı bireylerde düzleşmesi, çiçek sayısının artmasına veya dallanma düzensizliğine neden olurken, diğerlerinde gövdenin zayıflayıp yatma eğilimi göstermesine yol açabilir.

Dolayısıyla *fa-fas* gen etkileşimi, bezelye bitkisinin hem dekoratif morfolojisini hem de tarımsal performansını etkileyen önemli bir genetik mekanizmadır ve istenmeyen bir fenotip olarak genellikle ıslah programlarında elimine edilmeye çalışılır.

Bezelyede çiçek rengi oluşumu, antosiyanin pigmentlerinin sentezini yöneten genlerin etkileşimi ile belirlenir ve *b* ile *Ce* genleri önemli rol oynamaktadır (Amin ve ark., 2010; Mohan ve ark., 2013; Davies ve Muehlbauer, 2020) (Tablo 1). *b* geninin aktif olduğu genotiplerde pembe çiçek rengi, *Ce* geninin aktif olduğu genotiplerde ise gül (rose) tonunda çiçek rengi ortaya çıkar. Her iki genin fenotipik ifadesi, antosiyanin biyosentezinin temel düzenleyicisi olan *a* genine bağımlı olup bu durum epistatik bir kontrol mekanizmasını göstermektedir. Bu genetik yapı, çiçek renginin sadece tek bir lokus tarafından değil, birden fazla genin eş zamanlı etkisiyle belirlendiğini ortaya koyar. Çiçek rengi bu nedenle bezelyede morfolojik tanımlama, çeşit ayrımı ve genetik saflık izleme çalışmalarında önemli bir fenotipik belirteç olarak kullanılmaktadır.

Bezelyede tohum morfolojisi çeşitli genler tarafından kontrol edilir ve bu genetik kontrol, kotiledon şekli, yüzey yapısı, renk ve hilum görünümü gibi belirleyici fenotipik özelliklerle kendini gösterir (Tablo 2). *Di* geni, tohum kenarlarının yassılaşmasına neden olarak tohum şeklinde belirgin bir değişiklik oluşturur. *Com* geni ise resesif durumda tohum yüzeyinde küçük çukurcukların oluşmasına yol açar ve bu durum morfolojik değerlendirmelerde ayırt edici bir fenotip sunar. Tohum kotiledonlarının buruşuk olmasından *R* ve *Rb* genleri sorumludur ve bu fenotip özellikle olgunlaşma ve su tutma kapasitesi ile ilişkilidir. *Gty* geni, tohum yüzeyinin pütürlü (granüler) yapı kazanmasına sebep olurken, *I* geni kotiledon renginin kontrolünü üstlenir; dominant durumda yeşil, resesif durumda sarı kotiledonlar oluşur. *Pl* geni ise hilumun siyah renk almasını sağlar ve bu fenotip *a*, *r* ve *b* genleri arasındaki etkileşim sonucu ortaya çıkar (Amin ve ark., 2010; Mohan ve ark., 2013; Davies ve Muehlbauer, 2020). Bu genlerin ortaya çıkardığı fenotipler, hem bezelye çeşitlerinin tanımlanmasında hem de genetik analizlerde önemli göstergeler sunarak ıslah çalışmalarında kullanılabilirliği artırmaktadır.

Bezelyede bakla morfolojisi, bitki fizyolojisi, tüketim kalitesi ve tarımsal işlemler açısından önemli bir karakter olup çeşitli genler tarafından kontrol edilir (Tablo 2). *It* geni bakla genişliğini yaklaşık %25 artırarak daha dolgun baklaların oluşmasını sağlar. *Bt* geni bakla ucunun küt veya yuvarlatılmış olmasına neden olur ve bu morfolojik özellik çeşit ayırımında yararlıdır. *Con* geni baklanın kavisli yapısını etkilerken, *N* geni bakla duvarının kalınlaşmasını sağlayarak mekanik dayanıklılığı artırır. *Dpo* geninin varlığında baklalar sert ve derimsi yapı kazanır ve olgunlukta kolayca açılma eğilimi gösterir. *P* geni, bakla iç duvarındaki sklerenkima tabakasını azaltır veya tamamen ortadan kaldırır; *V* geni ise *P* ile aynı fenotipik etkiyi gösterir. *Gp* geni genç baklaların sarı renkte olmasını sağlar ve bu renk özellikleri yetiştirme ve kalite sınıflandırmasında önemli bir belirleyici olabilir (Amin ve ark., 2010; Mohan ve ark., 2013; Davies ve Muehlbauer, 2020). Bu genlerin fenotipik yansımaları, bakla yapısının genetik olarak şekillenmesinde temel rol oynar ve ıslah çalışmalarına yön vererek tarımsal performansın artırılmasına katkı sağlar.

Tablo 2. Bezelyede Tohum ve Bakla Yapısını Düzenleyen Genlerin Fenotipik Özellikleri

Gen	Etkilediği Özellik
<i>Di</i>	Tohum kenarları yassıdır (düzleşmiş görünüm)
<i>Com</i>	Tohum yüzeyinde küçük çukurcuklar bulunur; sadece resesif durumda belirginleşir
<i>R</i>	Tohum kotiledonları buruşuktur
<i>Rb</i>	Tohum kotiledonları buruşuktur (<i>R</i> geni ile benzer etki)
<i>Gty</i>	Tohum yüzeyi pütürlü (granüler) yapıdadır
<i>I</i>	Kotiledonlar yeşildir; gen resesif olduğunda kotiledonlar sarı olur
<i>Pl</i>	Hilum (tohum göbeği) siyahtır; bu özellik <i>a</i> , <i>r</i> ve <i>b</i> genleri etkileşimiyle görünür
<i>It</i>	Bakla genişliğini %25 artırır
<i>Bt</i>	Bakla ucu küt/yuvarlatılmıştır
<i>Con</i>	Baklanın eğrilik (kavis) yapısını etkiler
<i>N</i>	Bakla duvarı kalındır
<i>Dpo</i>	Baklalar sert ve derimsidir; olgunlukta kolayca açılır

<i>P</i>	Bakla iç duvarındaki sklerenkima zarını azaltır veya tamamen ortadan kaldırır
<i>V</i>	<i>P</i> geniyle aynı etkiye sahiptir
<i>Gp</i>	Genç baklalar sarı renklidir

7. Bezelyede Bazı Hastalık Dayanıklılığının Genetik Temelleri

Bezelyede hastalıklara dayanıklılık çoğunlukla tek genle kontrol edilmekte olup hem dominant hem de resesif kalıtım tipleri görülmektedir (Tablo 3). *En* geninin kontrol ettiği mozaik (Enation) virüsüne (PEMV) dayanıklılık, bezelyede en iyi tanımlanmış dominant direnç mekanizmalarından biridir. PEMV, yapraklarda enasyon adı verilen kabarcık benzeri çıkıntılara, yaprak şekil bozukluklarına ve büyüme gerilemesine neden olur. Dominant *En* geninin varlığı (Amin ve ark., 2010; Mohan ve ark., 2013), virüsün floemde sistemik yayılımını engelleyerek hastalığın gelişimini büyük ölçüde baskılar. Bu nedenle söz konusu gen, PEMV yoğun bölgelerde yetiştirilecek çeşitler için kritik öneme sahiptir.

Fusarium oxysporum f. sp. pisi'nin Irk 1 ve Irk 2 patotiplerine karşı dayanıklılık, bezelyede sırasıyla *Fw* ve *fwv* genleri tarafından kontrol edilen, tek dominant genle aktarılan iki ayrı fakat benzer savunma mekanizmasına dayanmaktadır (Amin ve ark., 2010; Mohan ve ark., 2013). Her iki patotip de köklerden ksileme ilerleyerek iletim demetlerinde tıkanma, su iletiminin kesilmesi ve bitkide ani solgunluk oluşturur; ancak bitkinin bu patojenlere verdiği yanıt ırk-özgüdür. *Fw* geni, Irk 1'in ksilem içinde yayılmasını engelleyen hızlı ve güçlü bir savunma yanıtı oluştururken; *fwv* geni, Irk 2'ye karşı ksilem kolonizasyonunu baskılayan benzer bir fizyolojik direnç mekanizması sağlar. Her iki genin dominant kalıtılması, erken jenerasyonlarda fenotipik seleksiyonun kolay olmasını sağlamakta ve bu nedenle özellikle *Fusarium* solgunluğunun yoğun görüldüğü bölgelerde modern ıslah programlarının temel genetik bileşenlerini oluşturmaktadır.

Tablo 3. Bezelyede Hastalıklara Dayanıklılık ve Kalıtım Tipleri

Gen	Kalıtımı	Hastalık İsmi
<i>en</i>	Tek dominant gen	Mozaik (Enation) virüsüne dayanıklılık
<i>fwv</i>	Tek dominant gen	<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>pisi</i> ırk 2'ye dayanıklılık
<i>fw</i>	Tek dominant gen	<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>pisi</i> ırk 1'e dayanıklılık
<i>sbm</i>	Tek resesif gen	Bezelye taneli mozaik virüsüne dayanıklılık
<i>er-1</i>	Tek resesif gen	Külleme hastalığına (<i>Erysiphe polygonii</i>) dayanıklılık
<i>er-2</i>	Tek resesif gen	Külleme hastalığına (<i>Erysiphe polygonii</i>) dayanıklılık
	Tek dominant gen	Pas hastalığı (<i>Uromyces fabae</i>) dayanıklılığı
<i>Rmp1,</i> <i>Rmp2,</i> <i>Rmp3,</i> <i>Rmp4</i>	Tek dominant gen	Mildiyö dayanıklılığı
<i>Rap-2</i>	Tek dominant gen	<i>Ascochyta pisi</i> hastalığına dayanıklılık
	Tek dominant gen	<i>Ascochyta</i> yanıklığı dayanıklılığı
<i>mo</i>	Tek resesif gen	Bezelye sarı mozaik virüsü dayanıklılığı
<i>Fw2</i>	Tek resesif gen	Tepe solgunluğu dayanıklılığı
<i>sm</i>	Tek resesif gen	Bezelye yaprak şeridi virüsü dayanıklılığı
<i>rmo</i>	Tek resesif gen	Bezelye mozaik virüsü dayanıklılığı
<i>mmv</i>	Tek resesif gen	Bezelye sarı mozaik virüsü dayanıklılığı
<i>Cyv-1</i>	Tek resesif gen	Bakla virüsü 2 dayanıklılığı

Bezelye taneli mozaik virüsüne (PSbMV) karşı dayanıklılık tek bir resesif gen olan *sbm* lokusu tarafından kontrol edilmekte olup (Amin ve ark., 2010; Mohan ve ark., 2013), dayanıklılığın temel mekanizması virüsün

çoğalması için zorunlu olan bir konak hücre faktörünün işlev dışı bırakılmasına dayanır. Resesif karakterde olması, heterozigot bireylerin duyarlı olması anlamına geldiğinden, ıslah programlarında ebeveyn seçiminde dikkatli genotip kombinasyonları kurulmasını zorunlu kılar; aynı zamanda dayanıklılığı sabitlemek için ileri jenerasyonlarda homozigot *sbm/sbm* bireylerin seçimini stratejik hale getirir. Bu nedenle *sbm* geninin varlığı, PSbMV'nin endemik olduğu üretim alanlarında sürdürülebilir çeşit geliştirme açısından kritik bir genetik araç niteliğindedir.

Külleme hastalığı karşı dayanıklılık, tek resesif genle kalıtılan *er-1* ve *er-2* lokusları tarafından sağlanmakta olup (Amin ve ark., 2010; Mohan ve ark., 2013), her iki gen de patojenin epidermis hücrelerine penetrasyonunu ve ardından gelişen spor oluşumu basamaklarını engelleyerek etkili bir savunma mekanizması oluşturur. *er-1*, dünya genelinde en kararlı ve en yaygın kullanılan külleme dayanıklılık genidir; farklı çevre koşullarında yüksek stabilite göstermesi nedeniyle modern ıslah programlarının temel direnç kaynağını oluşturur. Buna karşın *er-2*, bazı patotiplerde daha güçlü veya tamamlayıcı bir direnç sağlayarak *er-1* ile birlikte kullanıldığında daha geniş spektrumlu ve daha dayanıklı genotiplerin geliştirilmesine olanak tanır. Bu iki genin resesif olması, dayanıklılığın etkin biçimde aktarılabilmesi için homozigot genotiplerin elde edilmesini gerektirdiğinden, seleksiyon stratejilerini doğrudan şekillendiren önemli bir genetik faktördür.

Bezelyede pas hastalığına (*Uromyces fabae*) dayanıklılık çoğunlukla poligenik olsa da, bazı genetik materyallerde tek dominant bir genin enfeksiyonu erken aşamada durduran aşırı duyarlı savunma yanıtını tetiklediği bilinmektedir (Amin ve ark., 2010; Mohan ve ark., 2013). Bu dominant gen, *uredino* sporların yaprak dokusunda yayılmasını ve spor oluşumunu belirgin şekilde sınırlayarak etkili koruma sağlar. Dayanıklılığın dominant kalıtımla aktarılması, erken nesillerde hızlı seleksiyon olanağı sunduğundan, pas hastalığının görüldüğü bölgelerde ıslah programları için stratejik bir genetik araç niteliğindedir.

Bezelyede mildiyö dayanıklılığı, *Rmp1*, *Rmp2*, *Rmp3* ve *Rmp4* gibi tek dominant genlerle sağlanmakta olup bu genler patojenin farklı ırklarına karşı ırk-özgü koruma sağlar (Amin ve ark., 2010; Mohan ve ark., 2013). Dominant kalıtları, erken nesillerde hızlı ve etkili seleksiyon yapılmasına olanak

tanıyarak ıslah sürecini önemli ölçüde hızlandırır. *Rmp* genleri, özellikle Avrupa'daki mildiyö ırklarına karşı geliştirilen dayanıklı çeşitlerin temel genetik kaynağını oluşturmakta ve yüksek düzeyde stabil dayanıklılık sağlamaktadır.

Ascochyta pisi etmenli yanıklık, tek dominant gen olan *Rap-2* (Amin ve ark., 2010; Mohan ve ark., 2013), patojenin mezofil dokuda ilerlemesini hızlı savunma tepkileriyle sınırlayarak etkili bir dayanıklılık sağlar. Bu gen, özellikle yağışlı bölgelerde görülen yüksek enfeksiyon baskısı altında yetiştirilen çeşitlerde verim kayıplarını azaltmak açısından kritik bir genetik kaynaktır. *Ascochyta* yanıklığına karşı tek bir dominant genin etkili savunma sağlayabildiği ve enfeksiyonun başlangıç aşamasında patojen penetrasyonunu sınırlayarak hastalığın ilerlemesini durdurduğu bildirilmiştir.

Bezelyede *mo* ve *mmv* genleri (Amin ve ark., 2010; Mohan ve ark., 2013), bezelye sarı mozaik virüsü (PYMV) enfeksiyonunda virüsün replikasyon döngüsüne bağımlı olduğu konak proteinlerini devre dışı bırakarak kalıcı dayanıklılık sağlar; *mmv* ise *mo* ile birlikte kullanıldığında ırk-üstü direnç oluşturur (Amin ve ark., 2010; Mohan ve ark., 2013). *Fw2* ise *Fusarium* kaynaklı tepe solgunluğu kompleksine karşı, özellikle belirli ırklara veya toprak patotiplerine yönelik tamamlayıcı bir direnç mekanizması sunan resesif bir lokustur. *sm*, bezelye yaprak şeridi virüsü (PSV)'de virüsün hücre içi çoğalmasını engelleyerek; *rmo*, bezelye mozaik virüsü (PMV)'de translasyon veya replikasyon süreçlerinde zorunlu konak faktörünü bloke ederek etkili dayanıklılık sağlar. *Cyv-1* ise bakla virüsü 2 (BBWV-2) ve damar virüsü (CYVV)'e karşı bitkinin sistemik enfeksiyon geliştirmesini engelleyen kritik bir resesif dayanıklılık kaynağıdır (Amin ve ark., 2010; Mohan ve ark., 2013). Bu resesif genlerin ortak yönü, patojene doğrudan saldırmak yerine, patojenin konak hücresindeki zorunlu etkileşim basamaklarını kırmalarıdır; bu nedenle dayanıklılık kalıcı, çevre koşullarından daha bağımsız ve ıslah programları için stratejik değere sahiptir.

8. Bezelyede Bazı Tarımsal Özelliklerin Kalıtımı

Bezelyede bitki boyu, baklada tane sayısı ve 100 tane ağırlığı gibi özellikler yüksek kalıtım derecesine sahip olup genetik ilerleme potansiyeli yüksektir; dolayısıyla bu karakterlerde ıslah çalışmaları hızlı ve etkili bir

şekilde yürütülebilir (Tablo 4). Çiçeklenme zamanı ve bitkide bakla sayısı gibi özelliklerde eklemeli olmayan veya epistatik gen etkileri hâkimdir, bu da melezleme ve heterosis stratejilerinin bu özelliklerde daha başarılı olabileceğini göstermektedir. Tane verimi genel olarak düşük kalıtım gösterdiğinden çevresel faktörlere daha duyarlıdır ve bu nedenle çok yıllı ve çok lokasyonlu değerlendirmeler ıslah hedeflerinin doğruluğunu artıracaktır. Buna karşılık, soğuk dayanımı poligenik kontrol altında olup birçok resesif genin etkileşimi ile belirlenmektedir; dolayısıyla seleksiyonun özellikle ileri jenerasyonlarda yapılması daha uygun olacaktır (Ceyhan, 2004; Ceyhan ve Avcı, 2005; Ceyhan, 2006; Ceyhan ve ark., 2008; Amin ve ark., 2010; Ceyhan ve Kahraman, 2013; Ateş ve Ceyhan, 2016; Dalgıç ve Ceyhan, 2018; Taşyürek ve Ceyhan, 2022).

Tablo 4. Bezelyede Bazı Özelliklerin Kalıtımı ve Gen Etkileri

Özellik	Kalıtım / Gen Etkisi
Bitki boyu	Yüksek kalıtım; aşırı dominatlık; kısmi dominatlık; yüksek genetik ilerleme
Çiçeklenme gün sayısı	Eklemeli olmayan gen etkisi; kısmi dominatlık; aşırı dominatlık
Erken çiçeklenme	Dominant genler; yüksek kalıtım
Geç çiçeklenme	Resesif genler; yüksek kalıtım
İlk boğumda çiçeklenme	Baskın gen etkisi; kısmi dominatlık
Bitkide bakla sayısı	Yüksek kalıtım; epistatik gen etkisi; yüksek genetik ilerleme
Bakla boyu	Yüksek kalıtım
Baklada tane sayısı	Yüksek kalıtım; eklemeli gen etkisi
100 tane ağırlığı	Yüksek kalıtım; eklemeli gen etkisi; yüksek genetik ilerleme
Bitkide tane sayısı	Epistatik gen etkisi; eklemeli gen etkisi; aşırı dominatlık
Tane verimi	Düşük kalıtım

Soğuk dayanımı

Orta Dominatlık; poligenik kontrol; birçok resesif gen

Bezelyede ıslah çalışmalarında, hedeflenen her bir karakterin genetik kontrol mekanizmasının farklılık göstermesi, tek tip bir ıslah stratejisiyle yüksek başarı elde edilmesini güçleştirmektedir. Özellikle eklemeli (additive) ve eklemeli olmayan (non-additive; dominant, epistatik) gen etkilerinin karakterler arasında değişkenlik göstermesi, hangi ebeveyn kombinasyonlarının seçileceği, hangi jenerasyonlarda seleksiyonun daha etkili olacağı ve melezleme stratejisinin nasıl şekilleneceği konusunda belirleyici rol oynamaktadır. Eklemeli gen etkilerinin baskın olduğu özelliklerde erken jenerasyon seleksiyonları ve hat ıslahı daha verimli olurken; eklemeli olmayan gen etkilerinin ağır bastığı özelliklerde ise melez gücünden yararlanan, ileri jenerasyonlarda ayrışmayı izleyen ve spesifik kombinasyonlara odaklı stratejiler gerekmektedir (Ceyhan, 2004; Ceyhan ve Avcı, 2005; Ceyhan, 2006; Ceyhan ve ark., 2008; Amin ve ark., 2010; Ceyhan ve Kahraman, 2013; Ateş ve Ceyhan, 2016; Dalgıç ve Ceyhan, 2018; Taşyürek ve Ceyhan, 2022). Bu nedenle, karakter bazında genetik varyans komponentlerinin ayrıştırılması, GCA ve SCA analizlerinin dikkatle yorumlanması ve heterosis potansiyelinin doğru değerlendirilmesi, bezelyede başarılı ve sürdürülebilir bir ıslah programının temelini oluşturmaktadır. Bu bulgular, modern bezelye ıslahının ancak genetik mimarının doğru okunması ve her karakter için özgün bir ıslah yol haritası çizilmesiyle mümkün olacağını açık biçimde göstermektedir.

Kaynaklar

- Abbo, S., Gopher, A., & Lev-Yadun, S. (2017). The domestication of crop plants. In B. G. Murray & J. M. Denis (Eds.), *Encyclopedia of applied plant sciences* (2nd ed., pp. 50–54). Academic Press.
- Abdel-Hamid, A. M. E., & Salem, K. F. M. (2021). Breeding strategies of garden pea (*Pisum sativum* L.). In J. M. Al-Khayri, S. M. Jain, & D. V. Johnson (Eds.), *Advances in plant breeding strategies: Vegetable crops* (pp. 331–377). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66961-9_9
- Ali, F., Nadeem, M. A., Barut, M., Habyarimana, E., Chaudhary, H. J., Khalil, I. H., ... & Baloch, F. S. (2020). Genetic diversity, population structure and marker-trait association for 100-seed weight in international safflower panel using silicoDArT marker information. *Plants*, 9(5), 652.
- Amin, A., Mushtaq, F., Singh, P. K., Wani, K. P., Spaldon, S., & Nazir, N. (2010). Genetics and breeding of pea. *International Journal of Current Research*, 10, 28–34.
- Ateş, M. K., & Ceyhan, E. (2016). Yüksek verimli konservelik ve kuru tanelik bezelye hatlarının geliştirilmesi. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 3(2), 157–170.
- Baloch, F. S., Altaf, M. T., Liaqat, W., Bedir, M., Nadeem, M. A., Cömertpay, G., ... & Sun, H. J. (2023). Recent advancements in the breeding of sorghum crop: current status and future strategies for marker-assisted breeding. *Frontiers in Genetics*, 14, 1150616.
- Bateson, W. (1902). Mendel's principles of heredity: Part II with biographical notice of Mendel and translation of the paper on hybridization (pp. 317–361). Cambridge University Press; G. P. Putnam's Sons.
- Ben-Ze'ev, N., & Zohary, D. (1973). Species relationships in the genus *Pisum* L. in Israel. *Israel Journal of Botany*, 22, 73–91.
- Blixt, S. (1970). *Pisum*. In O. H. Frankel & E. Bennet (Eds.), *Genetic resources in plants: Their exploration and conservation* (pp. 321–326). Blackwell Publications.

- Boye, J., Zare, F., & Pletch, A. (2010). Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, 43(2), 414–431. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.003>
- Ceyhan, E. (2004). Bezelye ebeveyn ve melezlerinde bazı tarımsal özelliklerin ve kalıtlarının çoklu dizi analiz metoduyla belirlenmesi (Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Ceyhan, E. (2006). Genetic analysis of cold hardiness in peas (*Pisum sativum* L.). *Journal of Plant Sciences*, 1(2), 138–143. <https://doi.org/10.3923/jps.2006.138.143>
- Ceyhan, E., & Avci, M. A. (2005). 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. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2005.1447.1452>
- Ceyhan, E., & Kahraman, A. (2013). Genetic analysis of yield and some characters in peas. *Legume Research*, 36(4), 273–279.
- Ceyhan, E., & Karadaş, S. (2023). Forage pea pure lines: Winter hardiness, high seed, and biological yield. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 37(3), 487–496. <https://doi.org/10.15316/SJAFS.2023.046>
- Ceyhan, E., & Şimşek, D. (2021). Konservelik bezelyede bazı kalite özelliklerinin kalıtımı. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(1), 188–195. <https://doi.org/10.30910/turkjans.843667>
- Ceyhan, E., Avci, M. A., & Karadaş, S. (2008). Line × 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. <https://doi.org/10.5897/AJB08.399>
- Chimwamurombe, P. M., & Khulbe, R. K. (2011). Domestication. In A. Pratap & J. Kumar (Eds.), *Biology and breeding of food legumes* (pp. 19–34). CABI.
- Çilesiz, Y., (2025a). Utilization of Rapd markers for determining genetic diversity in sugar beet. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(3): 936-946.

- Çilesiz, Y., (2025b). Examination of genetic diversity in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) using SCoT molecular markers. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 9(3): 648-653.
- Çilesiz, Y., (2025c). Genetic diversity assessment of walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from inner Anatolia region Türkiye using ISSR and RAPD markers. *Scientific Reports*, 15(1): 30850.
- Çilesiz, Y. (2025d). Genetic relationship among grape (*Vitis vinifera* L.) genotypes grown in inner Anatolia region Turkey analyzed by ISSR and RAPD markers. *Scientific Reports*, 15(1), 32842.
- Dalgıç, H., & Ceyhan, E. (2018). Development of the pea lines that are big grained and high yielded for canned and dry grains. In *VI. International KOP Regional Development Symposium* (pp. 410–428). Konya.
- Davies, D. R., Berry, G. J., Heath, M. C., & Dawkins, T. C. K. (1985). Pea (*Pisum sativum* L.). In R. J. Summerfield & E. H. Roberts (Eds.), *Grain legume crops* (pp. 147–198). Williams Collins.
- Davies, P. J., & Muehlbauer, F. J. (2020). Peas. In *The physiology of vegetable crops* (2nd ed., pp. 287–316). CABI. <https://doi.org/10.1079/9781786393777.0287>
- DeMason, D. A., Chetty, V., Barkawi, L. S., Liu, X., & Cohen, J. D. (2013). *Unifoliata–Afila* interactions in pea leaf morphogenesis. *American Journal of Botany*, 100(3), 495–503. <https://doi.org/10.3732/ajb.1200611>
- Demirkol, G. (2017). Yerel populasyonlarda genetik çeşitlilik ve ıslah materyali potansiyeli araştırması (Doktora tezi, Ordu Üniversitesi).
- Errico, A., Conicella, C., & Venora, G. (1991). Karyotype studies on *Pisum fulvum* and *Pisum sativum* using a chromosome image analysis system. *Genome*, 34(1), 30–35. <https://doi.org/10.1139/g91-017>
- Ghafoor, A. B., Ahmad, Z. A., & Anwar, R. A. (2005). Genetic diversity in *Pisum sativum* and a strategy for indigenous biodiversity conservation. *Pakistan Journal of Botany*, 37(1), 71–77.
- Harlan, J. R. (1992). *Crops and man*. American Society of Agronomy.

- Harlan, J. R., de Wet, J. M. J., & Stemler, A. B. L. (1976). Plant domestication and indigenous African agriculture. In J. R. Harlan et al. (Eds.), *Origins of African plant domestication* (pp. 3–19). Mouton.
- Hedley, C. L. (2001). Carbohydrates in grain legume seeds. CABI Publishing.
- Holdsworth, W. L., Gazave, E., Cheng, P., Myers, J. R., Gore, M. A., Coyne, C. J., McGee, R. J., & Mazourek, M. (2017). A community resource for exploring and utilizing genetic diversity in the USDA pea single plant plus collection. *Horticulture Research*, 4, 17017. <https://doi.org/10.1038/hortres.2017.17>
- Hoover, R., & Sosulski, F. W. (1991). Composition, structure, functionality, and chemical modification of legume starches: A review. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 69(1), 79–92. <https://doi.org/10.1139/y91-012>
- Jensen, E. S., Peoples, M. B., Boddey, R. M., Gresshoff, P. M., Hauggaard-Nielsen, H., Alves, B. J. R., & Morrison, M. J. (2012). Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 329–364. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0056-7>
- McPhee, K. (2003). Dry pea production and breeding—A mini-review. *Food, Agriculture & Environment*, 1(1), 64–69.
- McPhee, K. E. (2007). Pea. In C. Kole (Ed.), *Genome mapping and molecular breeding in plants* (Vol. 3, pp. 33–47). Springer.
- Messina, V., Skylas, D. J., Roberts, T. H., Valtchev, P., Whiteway, C., Li, Z., Hopf, A., Dehghani, F., Quail, K. J., & Kaiser, B. N. (2025). Pulse proteins: Processing, nutrition, and functionality in foods. *Foods*, 14(7), 1151. <https://doi.org/10.3390/foods14071151>
- Mohamed, A., Aka Kaçar, Y., Toklu, F., Dönmez, D., Erol, M., Şimşek, Ö., ... & Loumerem, M. (2023). Evaluation of the Genetic Relationships of Some Endangered Tunisian Peas Adapted to Arid Regions and Turkish Accessions Revealed by Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) Markers. *Polish Journal of Environmental Studies*, 32(3).
- Mohan, N., Aghora, T. S., Wani, M. A., & Divya, B. (2013). Garden pea improvement in India. *Journal of Horticultural Sciences*, 8(2), 125–164.

- Murtaza, G., Ahmed, N., & Majid, S. A. (2005). Karyotype analysis of *Pisum sativum* L. *International Journal of Agriculture & Biology*, 7(1), 118–120.
- Neumann, P., Nouzová, M., & Macas, J. (2001). Molecular and cytogenetic analysis of repetitive DNA in pea. *Genome*, 44(4), 716–728.
- Neumann, P., Pozárková, D., Vrána, J., Doležel, J., & Macas, J. (2002). Chromosome sorting and PCR-based physical mapping in pea. *Chromosome Research*, 10(1), 63–71. <https://doi.org/10.1023/a:1014274328269>
- Ovalıoglu, G., Çilesiz, Y., 2025. SCoT marker-based evaluation of genetic diversity in selected walnut (*Juglans regia* L.) accessions. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 9(2): 570-576.
- Paul, A. A., & Southgate, D. A. (1988). The composition of foods. HMSO.
- Shubha, K., Kaur, V., & Dhar, S. (2019). Genetic diversity assessment in garden pea germplasm through PCA. *International Journal of Chemical Studies*, 7(1), 482–486.
- Singh, B., Singh, V., Sharma, R., Verma, V., & Kumar, M. (2019). Character association and path analysis in pea. *IJCMAS*, 8(2), 706–713. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.802.082>
- Smýkal, P. (2014). Pea in biology prior and after Mendel's discovery. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 50, 52–64.
- Smýkal, P., Aubert, G., Burstin, J., Coyne, C. J., Ellis, N. T. H., Flavell, A. J., Ford, R., Hýbl, M., Macas, J., Neumann, P., McPhee, K. E., Redden, R. J., Rubiales, D., Weller, J. L., & Warkentin, T. D. (2012). Pea (*Pisum sativum* L.) in the genomic era. *Agronomy*, 2(2), 74–115. <https://doi.org/10.3390/agronomy2020074>
- Sönmez, E., Çilesiz, Y., 2025. Genetic variation analysis of selected grape (*Vitis vinifera* L.) accessions through SCOT markers. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 39(2): 418-426.
- Stone, A. K., Karalash, A., Tyler, R. T., Warkentin, T. D., & Nickerson, M. T. (2015). Functional attributes of pea protein isolates prepared using different extraction methods. *Food Research International*, 67, 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.11.017>

- Taşyürek, S., & Ceyhan, E. (2022). Development of pea lines that are big-grained and high yielded for canned. *In ISPEC 10th International Conference on Agriculture, Animal Science & Rural Development* (pp. 979–1004). Sivas.
- Tekin, N. B., & Ceyhan, E. (2020). Effects of cold stress on enzyme activities in peas. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(1), 170–177. <https://doi.org/10.30910/turkjans.680055>
- Ton, A., Mart, D., Karaköy, T., Türkeri, M., Torun, A. A., & Anlarsal, A. E. (2022). Characterization of some local pea (*Pisum sativum* L.) genotypes for agro-morphological traits and mineral concentrations. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46(2), 245–256.
- Vavilov, N. I. (1992). Origin and geography of cultivated plants. Cambridge University Press.
- Vijay Kumar, S., Datta, S., & Basfore, S. (2018). Performance of garden pea under conventional and organic nutrient sources. *IJCMAS*, 7(7), 3231–3241. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.707.377>
- Wang, N., Hatcher, D. W., Toews, R., & Gawalko, E. J. (2009). Influence of cooking and dehulling on nutritional composition of lentils. *LWT*, 42(4), 842–848.
- Weeden, N. F. (2018). Domestication of pea: The case of the Abyssinian pea. *Frontiers in Plant Science*, 9, 515. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00515>
- Weldon, W. F. R. (1902). Mendel's laws of alternative inheritance in peas. *Biometrika*, 1, 228–254.
- Yamashita, K. (1980). Origin and dispersion of wheats. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, 84, 122–132.
- Yarnell, S. H. (1962). Cytogenetics of the vegetable crops. *The Botanical Review*, 28(4), 465–537. <https://doi.org/10.1007/bf02868757>
- Yurkevich, O. Y., Samatadze, T. E., Levinskikh, M. A., Zoshchuk, S. A., Signalova, O. B., Surzhikov, S. A., Sychev, V. N., Amosova, A. V., & Muravenko, O. V. (2018). Molecular cytogenetics of *Pisum sativum* grown under spaceflight-related stress. *BioMed Research International*, 2018, Article 4549294. <https://doi.org/10.1155/2018/4549294>

- Zohary, D., & Hopf, M. (2000). Domestication of plants in the Old World (3rd ed.). Oxford University Press.
- Zong, X. X., Guan, J. P., Wang, S. M., Liu, Q. C., Redden, R. R., & Ford, R. (2008). Genetic diversity and core collection of alien *Pisum sativum* germplasm. *Acta Agronomica Sinica*, 34(9), 1518–1528.

BÖLÜM 7

BEZELYENİN BİYOLOJİK AKTİVİTELERİ

Dr. Öğr. Üyesi Hatice BEKÇİ¹

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18105154>

¹ Kayseri Üniversitesi, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bahçe Tarımı Programı, Kayseri, E-mail: haticebekci@kayseri.edu.tr, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3268-709X>

1. Bezelyenin Biyolojik Aktiviteleri

Baklagillerden *Pisum sativum* L (bezelye) *Fabaceae* (*Leguminosae*) familyasına ait bitkilerin kuru yenilebilir tohumlarından biridir. Bezelye, dünya genelinde yaygın olarak tüketilen ve zengin besinsel içeriği yanında biyoaktif bileşenleri ile de dikkat çeken bir baklagildir. Fenolik bileşikler, flavonoidler, saponinler, izoflavonlar, diyet lifleri ve protein türevlerinden oluşan kimyasal bileşimi sayesinde çeşitli biyolojik aktivitelere sahiptir. Literatürde bezelyenin antioksidan, antikanser, antimikrobiyal, antiinflamatuvar, antidiyabetik ve hipolipidemik etkileri detaylı olarak araştırılmıştır. Bu bölümde, bezelyenin biyolojik aktiviteleri mevcut akademik veriler ışığında incelenmekte ve fonksiyonel gıda ile farmasötik potansiyeli ele alınacaktır (Boye ve ark., 2010, Azarpazhooh ve Boye, 2012, Costa ve ark., 2006, Saad ve ark., 2017).

Bezelye çiğ, pişmiş ya da dondurulmuş formda tüketilebilen bir bitkidir. Çeşitli literatür derlemelerine göre *P. sativum*; sahip olduğu biyoaktif bileşenler ve fitokimyasal özellikler sayesinde çok sayıda biyolojik etki göstermektedir. Bu etkiler arasında antibakteriyel (Nair ve ark., 2013, Habib ve ark., 2016), anti-*Helicobacter pylori* (Ho ve ark. 2006, Niehues ve ark., 2010), antikanser (Stanisavljevic ve ark., 2016), antidiyabetik (Dun ve ark., 2008, Marinangeli ve ark., 2011), antifungal (Sitohy ve ark., 2007), anti-inflamatuvar (Masini ve ark., 2007, Utrilla ve ark., 2015), antilipidemik (Alonso ve ark., 2001, Martins ve ark., 2004) ve antioksidan (Amarowicz ve ark., 2001, Saha ve ark., 2014) aktiviteler yer almaktadır. Ayrıca, *P. sativum*'un insektisit etki gösterebildiği de bildirilmiştir (Taylor ve ark., 2004, Sahito ve ark., 2013, Pretheep ve ark., 2015). Bezelye, sadece makro besin öğeleri açısından değil, aynı zamanda fenolik bileşikler, flavonoidler, izoflavonlar, saponinler ve biyoaktif peptitler açısından da zengin bir kaynaktır (Marinangeli ve ark., 2019).

P. sativum yalnızca temel bir gıda maddesi olmanın ötesinde, potansiyel bir fonksiyonel gıda ve doğal biyoaktif bileşik kaynağı olarak dikkat çekmektedir. Bezelyenin biyolojik aktivitelerinin daha ayrıntılı olarak incelenmesi, hem insan sağlığının desteklenmesi hem de gıda, tarım ve ilaç endüstrilerinde yeni uygulama alanlarının geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Antioksidan Aktivite

Bezelye ekstraktları, fenolik bileşikler (quercetin, kaempferol, ferulik asit) sayesinde serbest radikalleri nötralize etme kapasitesine sahiptir. In vitro analizlerde DPPH, ABTS ve FRAP testlerinde yüksek antioksidan potansiyel gösterilmiştir (Singh ve ark., 2023).

Zhou ve ark., (2021) hayvan modellerinde bezelye fenoliklerinin SOD, CAT ve GPx gibi endojen antioksidan enzim aktivitelerini artırdığı rapor edilmiştir.

Hadrich ve ark., (2014) bezelye kabuklarından elde edilen su, metanol ve etil asetat ekstraktların toplam polifenol ve flavonoid içeriği, DPPH, ABTS ve FRAP testlerine yapmışlar ve etil asetat ekstresinde yüksek antioksidan kapasite gösterdiğini belirtmişler.

Khan ve ark., (2025) bezelye tohumlarının metanolik ekstresinde DPPH, ABTS, FRAP, flavanoid içeriklerine bakmışlar ve orta düzeyde antioksidan belirlemişlerdir.

Asmaa ve ark. (2021) bezelye atık suyuna antikoagülan maddeler ekleyerek 3 farklı sulu ekstresinde DPPH radikaline karşı yaptıkları çalışmada önemli derecede antioksidan aktivite sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Stanisavljevic ve ark.(2016), Hırvatistan'dan farklı renklerdeki bezelye tohumlarından fenolik bileşiklerin miktarını belirlemişlerdir. Tohum rengi ne kadar koyuysa, gallik asit, epigallokateşin, naringenin ve apigenin formunda toplam fenolik içerik miktarının o kadar yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Antimikrobiyal Aktivitesi

Hadrich ve ark., (2014) yaptıkları çalışmada, gram negatif bakteriler üzerinde yaptıkları çalışmada en yüksek MIC değerini etil asetat üzerinde olduğunu belirtmişlerdir.

Saad ve ark. (2017), bezelyeden 7S ve 11S globulinlerini izole edip, farklı konsantrasyonlarda Gram negatif ve pozitif bakteriler üzerinde MIC inhibisyonu ölçmüşlerdir. Her iki bakteri grubunda da yüksek antimikrobiyal etki gözlemlemişlerdir.

Kumar ve ark. (2025) yaptıkları çalışmada pancar ve bezelye özütlerini karıştırıp, farklı fraksiyonlar elde etmişlerdir. Gram negatif üzerine yaptıkları çalışmada köpüksüz fraksiyonun en etkili çıktığını belirtmişlerdir.

Zilani ve ark. (2017), toprak üstü kısmını araştırmışlar ve Toplam polifenol ve toplam flavonoid içeriği, kurutulmuş bitki ekstraktının gramı başına sırasıyla 51,23 mg gallik asit eşdeğeri ve 30,88 mg kuersetin eşdeğeri olarak bulmuşlardır.

Antikanser Aktivitesi

P. sativum, çeşitli ekstreler ve hücre hatları üzerinde çalışmalar yapılmış olup, tüm hücre hatlarında etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Bezelye bileşenleri, özellikle flavonoidler, izoflavonlar ve saponinler, çeşitli kanser hücre hatlarında antiproliferatif etki göstermektedir. Bezelye protein hidrolizatlarının, MCF-7 (meme), HepG2 (karaciğer) ve HT-29 (kolon) hücrelerinde apoptoz indüksiyonu ve hücre döngüsü inhibisyonu yoluyla antiproliferatif etkiler oluşturduğu bildirilmiştir (Rahman ve ark., 2017; Zhang ve ark., 2018).

El-Aassar ve ark. (2014), Mısır'dan elde edilen *P. sativum* özütü lektinlerin karaciğer kanseri hücre hattına karşı antiproliferatif özellik gösterdiğini incelemiştir.

Patel (2014), Suudi Arabistan'dan *P. sativum*' un yapraklarından ve tomurcuklarından lektin izole etmişler ve MCF-7 (meme), HepG-2 (karaciğer), HEP-2 (gırtlak) ve HCT-116 (kolon) gibi birçok kanser hücresi hattına karşı sitotoksikiteyi incelediğinde etkili olduğunu görmüşlerdir.

Stanisavljevic ve ark. (2014), Hırvatistan' dan elde ettikleri bezelye ekstrelerinden LS174 (kolon), MDA-MB-453 (meme), A594 (akciğer) ve K562 (kan) gibi malign hücre hatları üzerinde sitotoksik etkiler gösterdiğini bildirmişlerdir.

Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre *Fabaceae* familyasına ait birçok türün (soya fasülyesi, keçiboynuzu, mercimek vb.) de antikanser aktivite gösterdiğini bildirmişlerdir (Rungruangmaitree R ve Jiraungkoorskul W. (2017).

Asmaa ve ark. (2021), bezelye atık sularından elde edilen sıvıya antikoagülan ekleyerek 3 farklı ekstre elde etmişler ve HepG-2 ile MCF-7 hücrelerine karşı etkisini MTT yöntemi ile belirlemişlerdir. Yüksek antikanser aktivite göstermiş olduğunu rapor etmişlerdir.

Kardiyoprotektif ve Hipolipidemik Etkileri

Bezelye proteinleri, plazma lipid profilini olumlu yönde düzenleyerek LDL ve total kolesterol seviyelerini düşürmekte, HDL düzeylerini ise artırmaktadır (Marinangeli et al., 2019). Ayrıca, bağırsak mikrobiyotasını düzenleyerek lipid metabolizması üzerinde dolaylı faydalar sağlamaktadır.

Antidiyabetik Aktivite

Bezelye ekstraktları ve peptitleri, karbonhidrat sindiriminde görev alan α -amilaz ve α -glukozidaz enzimlerini inhibe ederek postprandiyal glisemiye düşürmektedir (Zhao et al., 2022). Ayrıca, insülin duyarlılığını artırdığı ve pankreas β -hücrelerini oksidatif strese karşı koruduğu bildirilmektedir.

Zilani ve ark. (2017), yaptıkları araştırmada antidiyabetik etkiyi farelerde oral glukoz tolerans testi ile değerlendirilmiştir. Normal kontrole kıyasla 30. dakikada kan şekeri seviyelerinde %30,24'lük bir azalma ($P < 0,05$) göstermiştir.

Liu ve ark. (2021) yaptıkları çalışmada PGP2'nin in vivo kan şekeri düşürücü etkisinin altında yatan mekanizmayı ortaya koymak amacıyla, intraperitoneal streptozotosin (STZ) enjeksiyonu ve yüksek yağlı diyet uygulanarak diyabetik fare modeli oluşturulmuş; bezelye kaynaklı PGP2 bileşiğinin farklı dozlarda uygulandığında kan glukoz düzeyleri üzerindeki düşürücü etkisi değerlendirilmiştir. Diyabete bağlı kilo kaybı ve polifaji semptomlarını anlamlı düzeyde azalttığı, farelerde açlık kan glukoz düzeylerini düşürdüğü ve oral glukoz toleransını belirgin şekilde iyileştirdiği gösterilmiştir.

Antiinflamatuvar Aktivite

RAW 264.7 makrofaj hücrelerinde yapılan çalışmalarda, bezelye protein hidrolizatlarının LPS ile uyarılan TNF- α , IL-6 ve NO üretimini baskıladığı ve NF- κ B yolaklarını inhibe ettiği bulunmuştur (Li et al., 2021). Ayrıca hayvan modellerinde artrit ve kolit benzeri inflamatuvar hastalıklarda antiinflamatuvar etkinin histopatolojik olarak doğrulandığı rapor edilmiştir.

Sonuç

Bu derleme/çalışma kapsamında değerlendirilen bulgular, bezelyenin (*Pisum sativum* L.) yalnızca temel bir besin kaynağı olmanın ötesinde, zengin fitokimyasal içeriği sayesinde çok yönlü biyolojik aktiviteler sergileyen önemli bir fonksiyonel gıda olduğunu ortaya koymaktadır. Bezelye; fenolik bileşikler, flavonoidler, saponinler, fitosteroller, diyet lifleri, proteinler ve biyoaktif peptitler gibi sağlık üzerinde etkili çok sayıda bileşen içermektedir.

Literatür verileri, *P. sativum* ve farklı bezelye fraksiyonlarının antioksidan, antibakteriyel, antifungal ve anti-*Helicobacter pylori* aktiviteler gösterdiğini; bu etkilerin özellikle fenolik bileşikler ve protein kaynaklı peptitlerle ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bu biyolojik aktiviteler, oksidatif stresin azaltılması ve patojen mikroorganizmalara karşı doğal bir savunma mekanizması oluşturulması açısından önem taşımaktadır. Ayrıca bezelyenin anti-inflamatuvar etkileri, kronik inflamasyonla ilişkili hastalıkların önlenmesi ve yönetiminde potansiyel bir rol oynayabileceğini göstermektedir.

Bezelye ve bezelye kaynaklı biyoaktif bileşiklerin antidiyabetik ve antilipidemik etkilerinin; glukoz ve lipid metabolizmasının düzenlenmesi, insülin duyarlılığının artırılması ve metabolik homeostazın korunması ile ilişkili olduğu bildirilmektedir. Bunun yanı sıra, antikanser aktivitelerinin hücre proliferasyonunun baskılanması, apoptozun indüklenmesi ve oksidatif hasarın azaltılması gibi mekanizmalar üzerinden gerçekleştirilebileceği öne sürülmektedir. Bazı çalışmalar, bezelye ekstraktlarının ve yan ürünlerinin prebiyotik özellikler sergileyerek bağırsak mikrobiyotasının düzenlenmesine katkı sağlayabileceğini ve dolaylı olarak bağışıklık sistemini destekleyebileceğini de göstermektedir.

Öte yandan, bezelyenin tarımsal açıdan insektisit aktivite gösterebilmesi, bitkinin yalnızca gıda ve sağlık alanlarında değil, aynı zamanda sürdürülebilir tarım uygulamalarında da değerlendirilebileceğini düşündürmektedir. Tüm bu bulgular birlikte ele alındığında, *Pisum sativum*'un insan sağlığının korunması ve geliştirilmesinde, fonksiyonel gıda formülasyonlarında ve doğal biyoaktif bileşiklerin geliştirilmesinde yüksek potansiyele sahip olduğu söylenebilir. Ancak, bezelyenin biyolojik aktivitelerinin moleküler mekanizmalarının ayrıntılı olarak aydınlatılması ve

klirik çalışmalarla desteklenmesi, bu potansiyelin uygulamaya aktarılabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Kaynakça

- Alonso R, Grant G, Marzo F. Thermal treatment improves nutritional quality of pea seeds (*Pisum sativum* L.) without reducing their hypocholesterolemic properties. *Nutr Res* 2001;21:1067-77.
- Asmaa A. Abd El-Galil, Asmaa Negm El-Dein, Hanem M. Awad, Wafaa A. Helmy, Chemical composition and biological activities of aqueous extracts and their sulfated derivatives of pea peel (*Pisum sativum* L.), *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, Volume 35, 2021, 102077, ISSN 1878-8181, <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102077>.
- Amarowicz R, Karamac M, Weidner S. Antioxidant activity of phenolic fraction of pea (*Pisum sativum*). *Czech J Food Sci* 2001;19:139-42.
- Azarpazhooh, E. and J.I. Boye (2012). Composition of Processed Beans and Pulses. In M. Siddiq and M.A. Uebersax (Eds.), *Dry Beans and Pulses Production, Processing and Nutrition*. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 101-128.
- Boye, J., F. Zare and A. Pletch (2010). Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Res. Int.*, 43 (2): 414-431. DOI: 10.1016/j. foodres., 2009.09.003.
- Costa, G.E.A., K.S. Queiroz-Monici, S.M.P.M. Reis and A.C. Oliveira (2006). Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *J. Food Chem.*, 94: 227–330.
- Dun XP, Li FF, Wang JH, Chen ZW. The effect of pea albumin 1F on glucose metabolism in mice. *Peptides* 2008;29:891-7.
- El-Aassar MR, Hafez EE, El-Deeb NM, Fouda MM. Microencapsulation of lectin anti-cancer agent and controlled release by alginate beads, biosafety approach. *Int J Biol Macromol* 2014;69:88-94.
- Habib H, Fazili K, Zargar M, Ganie B. Protease inhibitor associated antimicrobial activity of pea *Pisum sativum* L. cv. Arkel. *Int J Pure Appl Biosci* 2016;4:172-9.
- Hadrich F, Arbi ME, Boukhris M, Sayadi S, Cherif S. Valorization of the peel of pea: *Pisum sativum* by evaluation of its antioxidant and antimicrobial

- activities. J Oleo Sci. 2014;63(11):1177-83. doi: 10.5650/jos.ess14107. PMID: 25354878.
- Ho C, Lin Y, Labbe R, Shetty K. Inhibition of *Helicobacter pylori* by phenolic extracts of sprouted peas (*Pisum sativum* L.). J Food Biochem 2006;30:21-34.
- Khan A., Md Sumon Prodhan, Md Rifat Hossain and Issa Mohammad Harun Issa. Phytochemical profile and antioxidant activity of *Pisum sativum* seed extract. J Pharmacogn Phytochem 2025;14(4):570-574. DOI: 10.22271/phyto.2025.v14.i4h.15519.
- Kumar S., Ross J. Davidson, Roumiana Stefanova, Joseph P.M. Hui, Junzeng Zhang, Marianne Su-Ling Brooks (2025), Antimicrobial activity of complexes formed from pea (*Pisum sativum* L.) proteins and red beet (*Beta vulgaris* L.) extract – effect of foam fractionation, Applied Food Research, Volume 5, Issue 2, 101347,ISSN 2772-5022, <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101347>.
- Li, J., Wang, C., Zhang, H., ve Chen, Y. (2021). Anti-inflammatory effects of pea protein hydrolysates on LPS-induced macrophages. Food & Function, 12(3), 1452–1463.
- Masini E, Bani D, Marzocca C, Mateescu MA, Mannaioni PF, Federico R, Mondovì B. Pea seedling histaminase as a novel therapeutic approach to anaphylactic and inflammatory disorders. A plant histaminase in allergic asthma and ischemic shock. ScientificWorldJournal. 2007 Jun 12;7:888-902. doi: 10.1100/tsw.2007.139. PMID: 17619775; PMCID: PMC5901317.
- Marinangeli CP, Jones PJ. Whole and fractionated yellow pea flours reduce fasting insulin and insulin resistance in hypercholesterolaemic and overweight human subjects. Br J Nutr 2011;105:110-7.
- Marinangeli, C. P., House, J. D., Hollis, J. L. (2019). Pea protein supplementation improves plasma lipid profiles in experimental models. Journal of Nutritional Biochemistry, 65, 1–9.
- Martins JM, Riottot M, de Abreu MC, Lança MJ, Viegas-Crespo AM, Almeida JA, ve ark. Dietary raw peas (*Pisum sativum* L.) reduce plasma total and LDL cholesterol and hepatic esterified cholesterol in intact and

- ileorectal anastomosed pigs fed cholesterol-rich diets. *J Nutr* 2004;134:3305-12.
- Nair S, Madembil N, Nair P, Raman S, Veerabadrappa S. Comparative analysis of the antibacterial activity of some phytolectins. *Int Curr Pharm J* 2013;2:18-22.
- Niehues M, Euler M, Georgi G, Mank M, Stahl B, Hensel A. Peptides from *Pisum sativum* L. enzymatic protein digest with anti-adhesive activity against *Helicobacter pylori*: Structure-activity and inhibitory activity against BabA, SabA, HpaA and a fibronectin-binding adhesin. *Mol Nutr Food Res* 2010;54:1851-61.
- Rahman, M. M., Alam, M. N., ve Hossain, M. S. (2017). Anticancer potential of *Pisum sativum* extracts in human cancer cell lines. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 17(1), 171.
- Rungruangmaitree R, Jiraungkoorskul W. (2017). Pea, *Pisum sativum*, and its anticancer activity. *Phcog Rev.*11:39-42.
- Saad, A., Elmassry, R., Wahdan, K., Osman, A. (2017). Chemical Characterization, Antibacterial And Antioxidant Activity Of 7s And 11s Globulins Isolated From Pea (*Pisum sativum*). *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 44(6), 2221-2230. doi: 10.21608/zjar.2017.51290.
- Saha H, Prakash A, Venkat Kumar S, Manimegalai S, Devi Rajeswari V. Evaluation of antioxidant activity of *Pisum sativum* (pod and grain) and detection of its bioactive compounds by GC-MS analysis. *Pharm Lett* 2014;6:359-65.
- Singh, R., Sharma, P., ve Gupta, R. (2023). Antioxidant potential of *Pisum sativum* seed extracts: In vitro evaluation. *Journal of Food Science and Technology*, 60(5), 1554–1562.
- Sitohy M, Dohein M, Badr H. Isolation and characterization of a lectin with antifungal activity from Egyptian *Pisum sativum* seeds. *Food Chem* 2007;104:971-9.
- Stanisavljević NS, Ilić MD, Matić IZ, Jovanović ŽS, Čupić T, Dabić DČ, Natić MM, Tešić ŽLj. Identification of Phenolic Compounds from Seed Coats of Differently Colored European Varieties of Pea (*Pisum sativum* L.) and Characterization of Their Antioxidant and In Vitro Anticancer

- Activities. *Nutr Cancer*. 2016 Aug-Sep;68(6):988-1000. doi: 10.1080/01635581.2016.1190019. Epub 2016 Jun 27. PMID: 27348025.
- Utrilla MP, Peinado MJ, Ruiz R, Rodriguez-Nogales A, Algieri F, Rodriguez-Cabezas ME, Clemente A, Galvez J, Rubio LA. Pea (*Pisum sativum* L.) seed albumin extracts show anti-inflammatory effect in the DSS model of mouse colitis. *Mol Nutr Food Res*. 2015 Apr;59(4):807-19. doi: 10.1002/mnfr.201400630. Epub 2015 Mar 2. PMID: 25626675.
- Zilani MN, Sultana T, Asabur Rahman SM, Anisuzzman M, Islam MA, Shilpi JA, Hossain MG. Chemical composition and pharmacological activities of *Pisum sativum*. *BMC Complement Altern Med*. 2017 Mar 27;17(1):171. doi: 10.1186/s12906-017-1699-y. PMID: 28347309; PMCID: PMC5368943.
- Zhang, Y., Wang, X., ve Zhou, J. (2018). Flavonoids from *Pisum sativum* L. induce cell cycle arrest and apoptosis in human colon cancer cells. *Phytomedicine*, 50, 75–84.
- Zhao, L., Xu, W., ve Chen, Q. (2022). Hypoglycemic effects of pea polysaccharides through inhibition of carbohydrate-hydrolyzing enzymes and modulation of gut microbiota. *International Journal of Biological Macromolecules*, 200, 248–257.
- Zhou, L., Wang, Y., ve Wu, D. (2021). Antioxidant properties of pea seed phenolics and their protective effects against oxidative stress. *Food Chemistry*, 345, 128–136.

BÖLÜM 8

BEZELYEDE TOHUMLUK ÜRETİMİ

Prof. Dr. Ömer SÖZEN¹

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18105163>

¹Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi,
Tarla Bitkileri Bölümü, Sivas, Türkiye
E-mail: omers@sivas.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-5528-7887

1. GİRİŞ

Yeterli ve dengeli beslenme, Dünya nüfusunun en önemli problemlerinin başında gelmekte olup 2500-3000 kalori ve 75-80 g protein tüketimi sağlıklı bir bireyin günlük protein ihtiyacı olarak görülmektedir (Sözen, 2022). Bu kapsamda hayvansal ürünler ile yemeklik tane baklagiller Dünya nüfusunun dengeli ve yeterli beslenmesinde ihtiyacı olan besin kaynaklarının ilk sıralarında gelmektedir. Bu kapsamda yemeklik tane baklagiller, öncelikle Afrika ve Asya kıtalarında yer alan pek çok ülkede yaşamlarını sürdüren on milyonlarca insan için ciddi öneme sahiptir. Bunun yanında Amerika başta olmak üzere gelişmiş bazı zengin Avrupa ülkelerinde de baklagiller için önemli bir talep söz konusudur. Bunun başlıca sebepleri arasında baklagillerin yüksek miktarda gerekli aminoasit içeriklerinin yanında kolesterol içermemeleri, yağ oranlarının düşük olması, mikro elementler ve vitaminlerce zengin olmaları gibi üstün özellikleri gelmektedir. Bunun yanında yemeklik tane baklagiller, başta tahıllarla birlikte insan beslenmesinde çok iyi tamamlayıcı diyet ürünleri olarak kabul görmektedir (Sözen ve ark., 2022; Seydoşoğlu ve ark., 2023; Ozdemir ve ark., 2025). Yemeklik tane baklagiller aynı zamanda tanelerinin bünyelerinde bulundurdıkları yüksek içerikli protein miktarı nedeniyle gerek az gelişmiş gerekse yeni gelişmekte olan ülkelerde yaşayan insanların protein kaynaklarını oluştururlar. Yemeklik baklagiller yüksek protein içeriklerinin yanında sahip oldukları vitamin ve özellikle potasyum, fosfor, kalsiyum ve demir gibi mineraller bakımından da oldukça zengindirler ve çok miktarda diyet lifi (bezelye, mercimek ve nohutta % 18; fasulyede % 28) içerirler (Pekşen ve Artık, 2005). Havada serbest halde bulunan azotu toprağa fiks edebilme yeteneğine sahip olan yemeklik tane baklagiller, köklerinde bulunan nodüller sayesinde toprakta organik madde birikiminin artmasının yanında toprak ekosisteminin korunması bakımından büyük önem taşımaktadırlar. Ayrıca yemeklik tane baklagiller münavebe bitkileri olmaları nedeniyle ekim nöbetinde yer almalarından dolayı nadas alanlarının daraltılmasında etkili olabilmektedirler.

Bir baklagil bitkisi olan bezelye (*Pisum sativum* L.), ılıman kuşak bitkisi olup baklanın yetişebileceği her bölgede yeşil, tane sebze olarak veya kuru tanesi için üretilmektedir.

Bezelye neolitik çağdan bu yana insan ve hayvanların beslenmesinde kullanılan baklagil bitkilerinden birisi olup Ortaçağda İngiliz bahçelerinde yetiştirilerek kuru daneleri mercimekle karıştırılıp yemeklerde kullanılmıştır. Aynı kullanım şeklini bugün Avrupa ülkelerinin çoğunda görmek mümkündür. Bezelyenin orijini hakkında çeşitli teoriler vardır. Bugün üzerinde en çok durulan teoriye göre bezelyenin dünyaya değişik orijinlerden yayıldığı tahmin edilmektedir. Birincisi Habeşistan Bölgesi, ikincisi Akdeniz Bölgesi (Türkiye, Yunanistan, Yugoslavya ve Lübnan), üçüncüsü Yakındoğu (İran, Irak ve Kafkasya), dördüncüsü Orta-Asya (Kuzey Batı Hindistan, Pakistan, Rusya ve Afganistan) Bölgeleridir.

Bezelye (*Pisum sativum* L.), tarih öncesi çağlardan beri insanların bildiği ve beslenme amaçlı olarak kullandığı bir baklagil bitkisidir. Yapılan arkeolojik çalışmalarda besin kaynağı olarak bezelyenin kullanımının M.Ö. 7.000-6.000 tarihlerine kadar uzandığı tespit edilmiştir. Irak'ta bulunan bezelye örneklerinin tarihi M.Ö. 6.750'ye kadar giderken, Erbaba höyüğünde bulunan bezelyelerin ise 5.800 yıllık olduğu bulunmuştur (Erskine ve ark., 1994).

Bezelye Leguminosae familyasının papilinoide alt familyasının *Viciae* oymağının *Pisum* cinsinin bir türü olup *Pisum* cinsinde 6 adet alt türü bulunmaktadır. Bunlar Dünya'da ülkemizde dahil Kafkaslar ve İran'ın Kuzey Batı Bölgelerinde yayıldıkları belirtilen *Pisum formosum* Boiss, yayılma alanı ülkemizi de içine alan Suriye üzerinden Arabistan'a kadar uzanan yerlerde dağlık bölgelerde görülen *Pisum fularum* Sibth, Arabistan'ın güneyi Yemen'de ve Habeşistan'da kültürü yapıldığı belirtilen *Pisum abyssinicum* A. Braum, Suriye ve İsrail'den Irak üzerinden İran'ın içlerine kadar uzanan bölgeyi içine alan bölgelerde yetişen *Pisum humile*, Akdeniz ve ülkemizde dahil Hindistan'a kadar olan bölgelerde yetişen *Pisum elatius* ve bezelyenin kültür formlarının bu türe bağlı olduğu ve Akdeniz ülkeleri ile ülkemizi içine alan Orta Asya'ya kadar uzanan bölgede tarımı daha çok yayılan *Pisum sativum* L. sens. Ampl. Gov. olarak sıralanmıştır.

Bezelye; baklagiller familyasının önemli bitkilerinden birisi olup insan beslenmesinde oldukça büyük bir öneme sahiptir. Diğer birçok baklagiller gibi bezelye de protein ve amino asit kapsamı yönünden hayvansal kaynaklarla boy ölçülebilir niteliktedir. Bileşiminde % 25'in üzerinde protein

bulunmasının yanında özellikle A, B ve D vitaminlerince de zengindir (Sözen ve Karaköy, 2023). Çok değişik iklim koşullarına uyabilmesinden ve bileşiminde yüksek protein ile pek çok amino asit içermesinden dolayı günümüzün önemli besin kaynaklarından biri durumuna gelmiştir. Geleneksel olarak taze baklaları veya kuru taneleri için yetiştirilmekte iken, dondurularak son yıllarda yıl boyu tüketimi amacı ile yeşil tane olarak da hasat edilmektedir. Taze tüketim için tohumlarının irileşmiş fakat kartlaşmamış olması gerekmektedir. Bu yüzden taze bezelyede nişasta ve protein oranı daha yüksektir. Taze bezelye tanesinde % 70-80 su, % 20-30 kuru madde bulunur. Kuru maddenin % 6-8' i protein, % 0.3-0.5 yağ, %12-15 karbonhidrat, %1-3' ü selüloz ve % 0.5-2'si mineral maddedir. Kuru tanede ise, % 6-16 su, %18-20 protein, %1-6 yağ, % 20-60 karbonhidrat, % 2-10 selüloz ve % 2-10 mineral maddedir (Sözen ve Karaköy, 2025). Protein ve karbonhidrat içeriği bakımından zengin olmasının yanı sıra tohumun saklanması ve taşınmasının kolaylığından dolayı insanlar tarafından yaklaşık 9000 yıldan beri kullanıla gelmektedir. Serin iklim koşullarında geniş bir yayılma alanı gösteren bezelye en çok Kuzey Avrupa, Rusya'nın bir kısmı, Çin ve Kuzeybatı Amerika'da üretilmekle birlikte, tropik ülkelerin yüksek kesimlerinde de tarımı yapılmaktadır. Yurdumuzda da bezelye tarımı oldukça eski tarihlere kadar uzanmaktadır (Akçin. 1988).

Baklagiller içerisinde en fazla kullanım çeşitliliğine sahip olan bezelye (*Pisum sativum* L.), kuru taneleri direk yemek olarak kullanıldığı gibi, bu tanelerden elde edilen unları çorba yapımında ve çocuk mamalarına katmak suretiyle de kullanılır. Süt olumu döneminde taze tohumları veya baklaları sebze ve yine taze tohumları konserve yapımında ve dondurulmuş ürün olarak sanayide gıda maddesi olarak kullanılmaktadır.

Bezelye nemli ve serin yerlere adapte olmuştur. Baklagiller içerisinde serin iklim bitkisi olarak kabul edilmekte, özellikle deniz havasından hoşlanmaktadır. Fazla soğuklardan ve aşırı sıcak şartlarından zarar görür. Bezelye tohumlarının toprakta normal bir çimlenme gösterebilmesi için ısının 4-18 °C arasında olması gereklidir. Bezelyelerin büyümesi ve gelişmesi için aylık optimum sıcaklık 12.5- 18.0 °C arasında olmalıdır. Bezelyenin toplam sıcaklık isteği ise türlere göre değişmekle birlikte 490-880 °C' dir (Roques ve ark., 1992). Bitkiler meyve bağlama döneminde 26.4 °C'nin üstündeki

sıcaklıklardan zarar görür, dölleme azalır. Yüksek sıcaklık, düşük sıcaklığa göre çiçek açmada daha fazla zarar yapar ve bitki tohum bağlayamaz (Akçin, 1988). Bezelye yıllık yağışı 800-1000 mm olan yörelerde iyi sonuç verir. Yağışın vejetasyon süresine düzenli dağılması yavaş olgunlaşma sağlar ve tanenin yüksek kaliteli olması üzerine etkili olur (Şehirli, 1988). Bezelye hafif kumlu- tınlı topraklardan, ağır killi topraklara kadar çeşitli toprak tiplerinde yetişebilir. Nemli, iyi direne edilmiş, orta ağırlıktaki, yeterli humus ve kireci bulunan, pH: 6.5-7.2 arasında değişen topraklarda daha iyi yetişir (Şehirli, 1988).

Bezelyenin beslenme açısından öneminin yanı sıra tarımsal özellikleri de kullanımı için fırsat vermektedir. Çapa bitkisi oluşu, azot fiksasyon yeteneği ve serin iklim bitkisi olup araziye erken terk ederek bir sonraki bitkinin yetişmesi için daha fazla zaman bırakması gibi nedenler, tarla tarım sistemleri içerisinde münavebede önemli bir yerinin olmasına neden olmaktadır. Baklagilleri diğer bitki gruplarından bariz şekilde ayıran azot fiksasyon kapasitesi bezelyede hektara yılda 52-77 kg azot değerleri arasındadır (Özdemir, 2002).

Dünyada bezelye üretim alanı 7.407.979 hektar alan olup, üretimi ise 13.763.334 ton olarak kaydedilmiştir. Türkiye’de bezelye üretimi 1183 hektar alanda yapılmakta olup, dekara verim 321 kg, üretim ise 3798 ton olarak kaydedilmiştir (FAO, 2023). Dünya genelinde bezelye, fasulyeden sonra en çok üretilen baklagillerden birisidir. Ülkemizde ise bezelye üretimi, nohut, mercimek, fasulye ve bakla gibi diğer baklagil türlerine göre daha düşüktür. Ülkemiz, bezelyenin yetiştiriciliği için uygun bir ekolojiye sahip olmasına rağmen kuru bezelye üretiminin olması gereken seviyede maalesef olmadığı görülmektedir. Ülkemizin farklı ekolojik koşullarına uyum gösterebilen standart bezelye çeşitlerinin fazla olmayışı, üretimin düşük kalmasında önemli bir faktör olarak görülmektedir. Dünya ülkeleri içinde kuru tane bezelye üretiminde Türkiye, gerek ekim alanı gerekse verim özellikleri bakımından son sıralarda yer almaktadır (Karayel ve Bozoğlu, 2008).

Bitkisel üretim faaliyetlerinde kullanılması zaruri olan tohum, tarımda öncü ülkeler için stratejik bir potansiyele sahiptir. Tohum sadece öngörülen tarımsal bir girdi değil aynı zamanda ileri tarımsal teknoloji kullanılarak ortaya konulan ve yüksek kar marjı kazandıran hem ekonomik hem de

stratejik öneme sahip bir üründür. Sertifikalı tohum, sürdürülebilirliğinin ve tane veriminin yükseltilmesinde ve tarımsal girdi maliyetlerinin düşürülmesinde en önemli parametredir. Tane veriminin artırılması için sadece tohumun genetik kapasitesinin gücü değil aynı zamanda yetiştirme tekniği metotları, sulama, mekanizasyon, gübreleme, bitki koruma tekniklerinin uygulanması da önem arz etmektedir. Sertifikalı tohumluğun tane verimine katkısı tahıl ve baklagiller gibi kendi kendine döllenebilme kabiliyeti olan türlerde %20-30 iken mısır ve ayçiçeği gibi yabancı döllenme kabiliyeti olan türlerde ise %100'lerin üzerinde olduğu yapılan tarımsal araştırmalarla ortaya konulmuştur. Genetik kabiliyeti düşük tohum kullanımı sadece tane veriminde değil, üretilecek ürünün kalitesini de negatif yönde etkilemekte olup bunun sonucunda ürünün pazar değeri ile elde edilecek kazancın düşmesine de neden olabilmektedir. Sertifikalı tohumlukların yenilenmesi ekim arazisinin temiz olması ve fiziksel karışımın önlenmesine bağlı olarak değişmekle beraber tahıl ve baklagillerde 3 yılda bir; ayçiçeği ve mısır gibi yabancı döllenmiş endüstri bitkilerinde ise her yıl mutlaka yenilenmesi gerekir. Tarımsal faaliyetlerin temel girdisi olan tohumun genetik kabiliyeti tane verimini ortaya koyan temel göstergelerden bir tanesidir.

2. GENEL ÖZELLİKLER

2.1. Bezelyenin Morfolojisi

Kök

Bezelyenin kökleri ince uzun bir yapıya sahiptir. Ana kökten çıkan yan köklerin sayıları oldukça fazladır. Yan kökler özellikle toprak yüzeyine yakın üst tabakalarda yoğunlaşmışlardır. Toprağın fiziksel yapısı, nem kapsamı ve besin maddesi içeriğine bağlı olarak bezelye kökleri 110-120 cm derinliğe ve 50-75 cm yanlara doğru gelişme gösterirler. Kök derinliği, sırik çeşitlerde bodur çeşitlerden daha fazladır. Köklerin gelişmesi çiçeklenme dönemine kadar devam eder ve bu dönemde en yüksek düzeye ulaşır. Baklaların gelişmeye başlaması ile kök gelişimi yavaşlar.

Köklerde bulunan ve bitkinin atmosferik azottan yararlanabilmesini sağlayan silindirik biçimli nodülleri *Rhizobium leguminosarum* bakterileri oluşturur. Nodüller kök üzerinde rastgele dağılmışlardır. Bezelyenin ortak yaşam ile bir dekarlık alanda biriktirdiği azot miktarı 15 kg/yıl olarak

belirlenmiştir. Kök yumrusu bakterileri, bitkinin çiçeklenme döneminin sonuna kadar olan azot ihtiyacının %90'ını karşılamaktadır. Kök yumrularının sayısı, bitkinin 7 yapraklı olduğu dönemde en üst düzeye ulaşır. Bodur tiplerde, ana kök üzerindeki birim uzunlukta bulunan nodül sayısı, derin köklü sırk çeşitlerdekinden daha fazladır.

Gövde

Bezelyede gövde zikzaklar oluşturacak biçimde sıralanmış boğum (nodi) ve boğum aralarından (internodi) oluşur. Boğum araları bitkinin dip kısmından uç kısmına gidildikçe uzar ve kalınlaşır. Gövde ince, dört köşeli ve içi boştur. Dallanma yoktur veya çok azdır. Gövdenin üzeri çıplak, açık yeşil veya mavimsi yeşil renklidir.

Gövde yüksekliği boğum arası uzunluğuna ve sayısına bağlı olarak değişmekle beraber, çok kısa formlarda 20 cm'den başlayıp, çok uzun formlarda 200 cm'nin üzerine çıkabilir. Bitki boyu 60 cm'yi geçtiğinde gövde bir sırığa ihtiyaç duyar.

Bitki boyu yönünden bezelye çeşitleri beş grupta toplanır;

1. Çok alçak boylular: Boyu 20-30 cm olanlar / Bodur
2. Alçak boylular: Boyu 31-50 cm olanlar / Bodur
3. Orta yüksek boylular: Boyu 51-90 cm olanlar / Yarı bodur
4. Yüksek boylular: Boyu 91-140 cm olanlar / Sırk
5. Çok yüksek boylular: Boyu 140 cm'den fazla olanlar / Sırk

Başka bir sınıflandırmaya göre de bezelyeler aşağıdaki gibi üç gruba ayrılabilir.

1. Bodur bezelyeler: Bitki boyları 75 cm'den kısadır. Yaprakları oldukça küçüktür. Tarla ve turfanda yetiştiriciliğine uygundur.

2. Yarı bodur bezelyeler: Bitki boyları 75-125 cm arasındadır. Sülükleri oldukça iyi gelişmiştir. Sırk tiplerden daha erkencidirler.

3. Sırk bezelyeler: Bitki boyları 125 cm'den daha uzundur. Bitkilerin sırk yada tellere sardırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Yaprak

Bezelyenin çimlenmesi sırasında ilk yapraklarla kotiledonlar arasındaki boğumlarda eksik yapraklar olarak tanımlanan yapraklar vardır. Bunlar değişik büyüklüklerde olup üç parçalıdır. Ortadaki sivri kısım asıl yaprakların yaprak sapına karşılıktır. Yanlardaki iki simetrik parça da kulakçıklar (stipula) karşılığıdır.

Bezelyenin ilk yaprakları iki büyük kulakçık ve kısa bir yaprak eksenini üzerinde karşılıklı iki yaprakçıktan oluşmuştur. İlk yaprak ekseninin ucu kısa yada uzun, körelmiş sülük görünümündedir. Az yada çok aşağıya kıvrıktır.

Bezelyenin asıl yaprakları yaprak eksenini (petiole), kulakçıklar (stipula) ile yaprakçıklardan oluşmuştur. Bileşik yaprağın eksenini üzerinde 2-4 çift yaprakçık karşılıklı olarak yerleşmiştir.

Yaprak sapının ana sapla birleştiği yerde iki tane kulakçık vardır. Bezelyede kulakçıklar oldukça büyüktür. Kulakçıklar sapı yukarıya kadar sarmışlardır. Yaprığın sapla birleştiği yerde bulunurlar.

Bezelye, yemeklik tane baklagiller içerisinde sülükleri ve kulakçıkları en iyi gelişmiş ve bu iki organı en büyük olan cinstir.

Genel bir kural olarak yem bezelyesi (*Pisum aravense* L.)'nde yaprak koltuklarında bulunan yaprakçıkların dip kısımlarında bitki gelişiminin erken dönemlerinden itibaren görülmeye başlanan menekşe-kırmızı renkli bir leke vardır. Yemeklik bezelyelerde (*Pisum sativum* L.) ise bu leke yoktur.

Pisum aravense L.'nin yapraklarının daha koyu yeşil olmasına karşılık, *Pisum sativum* L.'nin yaprakları daha ziyade açık ve orta yeşildir. Yaprak, *Pisum sativum* L.'de dört çift, *Pisum aravense* L.'de ise üç çift yaprakçıktan ibarettir.

Hypogeal fide durumu nedeni ile iki ya da daha fazla yaprak toprak altında kalır. Stipular yaprak adını alan bu yapraklar tam yaprak olmayıp, eksik yapraklardır. Fotosentez yapma yetenekleri yoktur. Ancak koltuklarında bulunan tomurcukları korurlar. Bu tomurcuklar toprak yüzeyine çıkmış olan primer gövdenin kuvvetli don, böcek yada sıcak rüzgarların etkisiyle zarar görmesi halinde yeni bir fide meydana getirebilirler.

Çiçek

Normal formlarda çiçekler gövdenin ikinci yarısındaki yaprak koltuklarından çıkan salkımlar halindedir. Bunun yanında çiçeklerin hemen tümünün bitkinin tepe kısmında toplandığı (fesciate) bezelye formları da vardır. Çok çiçekli çeşitler yanında tek çiçekli salkımı olan bezelye çeşitleri de bulunmaktadır. Salkımdaki çiçek sayısı yalnızca çeşitlerin genetik yapısına bağlı değildir. Çevre koşulları da bu sayıyı sınırlayan etmenler arasındadır.

Baklagiller içerisinde çiçekleri en büyük cinslerdendir.

Bezelye çiçekleri beş parçalıdır.

1. Çanak yaprak

2. Taç yapraklar

3. Erkek organ

4. Dişi organ, yumurtalık (ovarium) 3-10 adet arasında değişen sayılarda tohum taslağına sahiptir.

Bayrak yaprak (Vexillum), beyaz, mavimsi viole, açık yada koyu kırmızı, viole ve pembe renkli olabilir. Kanatçıklar (alea) açık yada koyu mor, karmen kırmızısı veya pembe olabilir. Beyaz renkli çiçeklerde taç yaprakların da tümü beyaz renklidir.

Yemeklik bezelye çeşitlerinde çiçek tomurcuk iken sarı, daha sonra beyaz, yeşilimsi damarlı, bazen de menekşe rengindedir.

Yem bezelyesinde ise çiçekler genellikle kırmızı, menekşe, pembe veya mor olmaktadır. Bezelye çiçekleri, taç yapraklarının oluşturduğu biçimden dolayı böceklerin ziyareti için uygun bir ortam meydana getirirler. Çiçekler saat 9:30-17:00 arasında açılır. En yüksek çiçek açma oranı saat 11:30 dolaylarında gerçekleşir. Çiçekler üç gün süre ile açık kalır. Çiçeklenme 10-21 gün sürer. Bitkide çiçeklenme ana dal ve birinci derecedeki yan dallarda başlar.

Bezelye çiçekleri yüksek oranda (%97) kendine döllenir. Yemeklik tane baklagillerde bakladan sonra en fazla yabancı döllenme görülen cins bezelyedir.

Çiçeklerin tozlaşmasından 6-12 saat sonra döllenme olur. Özellikle hava sıcaklığı 22-25 °C olduğunda çok sayıda çiçek tozu çim borusu embriyo kesesine girer. Bezelye çiçeğinde bulunan tüm tohum taslakları genellikle döllenir. Ancak bunların büyük bir kısmı tanenin olgunlaşmasına kadar

gelişme gösteremez. Özellikle yumurtalığın tabanına ve dişiçik borusuna yakın olan taslaklarda tane tutma oranı azdır. Bu nedenle meydana gelen gelişme noksanlığının bezelyede %30-50'ye varabildiği belirlenmiştir.

Meyve

Çiçeklerin döllenmesinden sonra taç yapraklar dökülür. Yalnızca çanak yapraklar kalır. Dişiçik borusu ve tepeciğin gelişmesinin durmasına karşılık, meyve kabukları hızla gelişerek iki parçalı ve simetrik olan meyveyi oluşturur. Baklanın karın kısmında plasenta vardır. Sayıları 5-10 adet arasında değişen tohum taslakları plasenta üzerinde ardışık olarak dizilmişlerdir. Taneler plasentaya göbek bağı (funiculus) ile bağlıdır. Göbek bağı koptuğunda tohum üzerinde hylum adı verilen göbek bağı izi kalır.

Erken gelişme döneminde baklanın uzunluk ve genişliği hızla artar. Bu dönemde bakla duvarları da kalınlaşarak zarf şeklinde şişkin, iki parçalı ve simetrik baklayı oluştururlar. Gelişme sırasında şişme aşamasının sona ermesi ile baklalar maksimum yaş ağırlıklarına, nişasta, protein ve amino asit kapsamları da en yüksek seviyeye ulaşır.

Baklada suda eriyen amino asitler homoserin, asparagin ve x-acetyl homoserinden oluşur. Bu bileşikler, baklada suda eriyebilir madde miktarının 3/4 'ünü oluşturur. Bakla gelişmesinin erken döneminde homoserinler çoğunluktadır. Daha sonra asparagin bunun yerine geçer. Baklalar tanenin olgunlaşması sırasında karbon ve azotlu maddeler toplamının %20-25'ini teşkil eder. Baklalar maksimum ağırlığa ulaşmasından sonra, sürekli kuru madde ve azot kaybına uğrarlar. Bunun sonucunda fotosentez yeteneklerini ve klorofillerini hızla kaybederek kururlar. Meyve içerisindeki tohum sayısı, kültürü yapılan çeşitlerde 4-6 arasında olup, 1-10 arasında değişiklik gösterebilmektedir.

Baklaları parşömenli ve kılçıklı olanlar; halk arasında "Araka" adı ile tanınırlar. Taze tanelerinden yararlanmak amacı ile yetiştirilirler. Baklaları parşömensiz ve kılçıksız olanlar; ülkemizde "Sultani" bezelye olarak bilinirler. Bunların baklaları taze iken toplanarak sebze şeklinde tüketilirler.

Bezelyeler meyve uzunluklarına göre de ikiye ayrılırlar;

1. Kısa ve dar meyveliler: meyve uzunluğu 5cm, genişliği 1 cm olanlar
2. Uzun ve geniş meyveliler: meyve uzunluğu 10cm, genişliği 2 cm olanlar

Tane (Tohum)

Bezelye tohumu küre şeklinde, köşeli, dolgun veya buruşuktur. Tohum hücrelerindeki nişasta birikimi düzenli olursa dolgun yuvarlak, eğer nişasta oluşumundan sonra dekstrin şekere parçalanır ve su çıkarsa, sonuçta buruşuk taneler meydana gelir. Bakla içinde tohumlar sıkışık olursa köşeli taneler oluşur.

Tanenin kırışık veya düz olması, kullanım şeklinin belirlenmesinde önemli bir faktördür. Kırışık taneliler yuvarlak tanelilere oranla %5-6 oranında daha fazla su ve %30 daha fazla nişasta içermektedirler.

Taze iken hasat edilen yemeklik bezelyelerin taneleri yeşil olmasına rağmen, yemlik bezelyelerin tane kabukları renkli ve lekeli. Pişirildikleri zaman tatları acı ve buruk olur. Yemek suyuna arzu edilmeyen koyu bir renk verirler.

Kırışık taneliler, yuvarlak tanelilere nazaran tat ve kokularını daha uzun süre muhafaza ederler. Taze iç konserve olarak kullanılan tanelerin renkleri yeşilin değişik tonlarında veya sarıdır. Bunlar kurutulduklarında esmer gri renkli olurlar. *Pisum sativum* L. 'de tohumlar yuvarlak sarı, açık yeşil, mavi yeşil veya değişik dalgalı renklerde. Melezleme ile sarı ve yeşil tohum rengi arasındaki renk tonlarına sahip genotipler de elde edilmiştir. *Pisum arvense* L. 'nin tohumları az veya çok renkli ve esmer beneklidir.

Bezelye tanesinde kabuğun (testa) en dışında kalın zarlı, parlak, dairesel şekilli, 62-70 mikron kalınlığında palizat hücreleri katı yer alır. Bu hücrelerde renk pigmentleri bulunur. Palizat hücreleri tabakasının altında 10 kat yassı parankima hücrelerinden oluşan tabaka bulunur. Bu tabakadan sonra baklagil tohum kabuklarında görülen, uzunluğuna sıralanmış skleroid hücreleri yer alır. Tohum kabuğu ağırlığı, tohum ağırlığının yaklaşık %6-10 kadardır. Kuru bezelye tanesi, kabuk ağırlığına bağlı olarak belirli bir süre içinde su alarak şişme özelliğine sahiptir. Çimlenme sırasında tanenin aldığı su miktarı, tane

ağırlığının %140'ına kadar çıkabilir. Bezelye tanesi ağırlığının % 85'i kadar su aldığında çim kökleri gelişmeye başlar.

Bezelyede 1000 tane ağırlığı yaklaşık olarak 50-400 g kadardır. Yemeklik bezelyede, tane büyüklüğü çeşitlere, olgunluk devrelerine ve çevre koşullarına göre önemli ölçüde değişiklik gösterir.

Bezelyeler tane büyüklüğüne göre beş grupta toplanırlar

1. Çapı 9.5 mm'den fazla ise: meyveleri sebze olarak tüketilen bezelyeler
2. Çapı 8.5-9.5 mm arasında ise: körpe bezelyeler
3. Çapı 7.5-8.5 mm arasında ise: orta ufak bezelyeler
4. Çapı 7.0-7.5 mm arasında ise: ufak bezelyeler
5. Çapı 6.5-7.5 mm arasında ise: ekstra ufak bezelyeler

Yine tohum formlarına göre de bezelyeler beş gruba ayrılırlar. Bunlar;

1. Düz kabuklu , yuvarlak ile küresel şekilli
2. Düz kabuklu , yuvarlağımsı veya basık şekilli
3. Buruşuk, yuvarlağımsı buruşuk şekilli
4. Buruşuk, mısır tanesi veya omurga kemiği şekilli
5. Buruşuk, silindir veya omurga kemiği şekilli

Hylum ve microphyl kotiledonların birleştiği hat üzerinde, birbirine yakın durumda bulunur. Hylum yumurta şeklindedir. Çoğunlukla açık renkli (beyazımsı), ender olarak koyu renkli olabilir.

2.2. Sitolojisi

Bezelyede kromozom sayısının $2n= 14$ olduğu 19. yüzyıl başlarında belirlenmiştir. Daha sonra bezelye, stolojik çalışmalarda yoğun şekilde kullanılmamıştır. Bezelyede karyotip analizi Marshak tarafından açıklanmıştır. Ancak karyotip analizi çalışmalarında en büyük başarı, oksikinolinin ön işlemlerde kullanılmasıyla sağlanmıştır. Bu yöntemle, *Pisum* karyotipinin kalitatif analizini gerçekleştirmiştir. Caroli, 5-7 dibron-8-hidroksi kinolin yönteminin bezelye kromozomları için oksikinolinden daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Daha sonraki çalışmalarda ön işlem, tespit, boyama ve kromozom ölçümlerine ilişkin

yöntemlerin bezelyeye adapte edilmesi ve uygulanmasına çalışılmıştır.

Bezelye Çeşitleri

Zengin bir çeşitliliğe sahip olan bezelye; kısa ve uzun boylu tırmanıcı, sarı ve yeşil tohum ve kotiledon renkli, beyaz, mor ve mavi çiçek renkli formlara sahip olmasının yanı sıra tohumlarında boyut ve doku bakımından farklılıkları bulunmaktadır. Büyük tohumlu, beyaz çiçekli ve kısa dallı bahçe bezelyesi ile küçük tohumlu, renkli çiçekli ve uzun dallı tarla bezelyesi olmak üzere iki çeşidi bulunmaktadır.

Dünyanın ılıman bölgelerinde yetiştirilen bahçe bezelyesi, taze hasat ile konserve veya dondurulmuş gıda olarak kullanılmakta olup üretimi için sınırlayıcı etmenlerin sıcaklık, toprağın yapısı ve ürünleri işleyebilecek fabrikaların varlığı olarak sıralandığı bilinmektedir.

Bunun yanında taze bezelye genellikle elle olgunlaşmasını tamamlamayan bakla ve tohum olarak toplanır ve bahçe bezelyesi olarak da bilinir. Buna karşın tarla bezelyeleri büyük ölçekte yetiştirilen ve kuru hasat edilen bezelyelerden oluşmakta olup direkt hayvan yemi olarak ya da işlenmiş yem bileşeni olarak da kullanılmaktadır. 5-6 aylık vejetasyon süresine sahip bezelyeler çoğunlukla ilkbaharda ekilmekte olup genellikle sonbahar yağışlarından önce hasat edilebilmektedir. Zira bu sürede hasat edildiği için nemden kaynaklanan hastalıklardan kaçınılabilmektedir. Tarla bezelyelerin hasadı, bezelye hasadına göre ayarlanmış biçerdöverlerle yapılabilmekte olup hasat esnasında tanelerin %25'den düşük su içeriğine sahip olması istenmektedir.

Hasat sonrası depolanacak ürünlerde sıkıntı yaşanmaması için tanede su içeriğinin 43 °C sıcaklıkta hafa üflenecek şekilde %14'e kadar düşürülmesi gerekmektedir (Mustafa ve ark., 2022).

3. TOHURLUK ÜRETİMİ

3.1. Üretim Alanının Seçilmesi

Bir baklagil bitkisi olan bezelyenin tohumluk üretiminde, üretilecek tarımsal arazilerin mümkün olduğu kadar genotip ya da çeşidin yetiştirilen lokasyonda uyum kabiliyetinin yüksek olduğu, iklim ve toprak şartlarının üst seviyede olduğu ve tohumluk olarak yetiştiriciliği yapılacak genotipi ya da çeşidin ekonomik seviyede üretilebilecek lokasyonlar olması gerektiği önem arz etmektedir. Özellikle sertifikalı tohumculuk üretiminde sertifika

kademelerinden birisi olarak kabul edilen orijinal kademedeki tohumluk üretiminde yukarıda sayılan kriterler/ölçütler çok önemlidir. Tohumluk üretim sürecinde seçilecek üretim lokasyonlarının kolay erişilebilir olması dikkat edilmesi gereken kriterlerin/ölçütlerin başında gelmekte olup bu tür lokasyonlar daha çabuk hareket edebilme olanağı verebilmektedir. Tohumluk üretim lokasyonlarının ortaya konulmasında en temel kriterlerden birisi de temiz tarlaların seçilmesidir.

3.2. Ön Bitki

Farklı türdeki bitkilerin aynı tarla üzerinde art arda belirli sıralar dahilinde yetiştirilmesi ekim nöbeti, münavebe ya da ekim rotasyonu olarak adlandırılmaktadır. Birçok türe ait kültür bitkileri birçok yıl boyunca devamlı bir şekilde aynı arazide devamlı yetiştirildiklerinde elde edilebilecek tane veriminde her geçen yıl azalma riski ön görülebilecek olup böyle bitkiler (keten, şeker pancarı, pamuk, buğday, yulaf, patates, kolza, ayçiçeği, haşhaş vb.) kendine katlanmaz bitkiler olarak adlandırılmasına rağmen bazı türlere ait bitkilerin ise aynı arazide art arda yetiştirildiğinde görülebilecek tane verimi azalmaları dar sınırlarda kalabilir ki bu türlere ait bitkiler ise kendine katlanır (mısır, bakla, soya fasulyesi, tütün, mercimek, nohut, kenevir, çeltik ve kuru fasulye) bitkiler olarak adlandırılır. Kendine katlanamaz özelliği gösteren türlere ait bitkilerin aynı tarım arazisinde tekrar yetiştiriciliğinin yapılabilmesi için gerekli olan zaman ekim molası; münavebe ya da ekim nöbetinde peşi sıra gelen türlere ait bitkilerde önce ekilen bitki ön bitki olarak adlandırılmaktadır. Her bir türe ait kültür bitkisinin hem ekim zamanı hem de yetiştirme teknikleri ile bağlantılı olarak mutlak ön bitki kavramı yer almakta olup bezelye tohumluk üretiminde ön bitki zorunluluğu olarak tohumluk üretimi yapılacak araziye en az iki yıl süresince aynı türe ait farklı bir bezelye genotipinin ya da çeşidin kesinlikle ekiminin yapılmamış olması şartı aranmaktadır.

3.3. İzolasyon

Sertifikalı tohum üretimi sürecinde tohumu üretilen kültür bitkilerinin yetiştirilme aşamalarında doğaldır ki yabancı döllenme özelliği gösteren bitkiler arasında doğal bir şekilde görülen tozlanmayı ve hasat esnasında

mekanik şekilde oluşabilecek karışıklık ile hastalıkların ortaya çıkmasını önlemek bakımından izolasyon süreci önem arz etmektedir. Bu kapsamda sertifikalı tohumluk üretiminde önem arz eden izolasyon mesafesi türlere ait bitkilerin dölleme kabiliyetine göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu kapsamda bir baklagil bitkisi olan bezelye, dölleme mekanizması olarak kendine dölleyen kabiliyet gösterdiğinden sertifikalı üretimi yapılacak bezelye çeşitleri arasında sadece küçük mesafeler bırakmak yeterli olabilmektedir. 17.01.2008 tarih ve 26759 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Yemeklik Tane Baklagil Tohum Sertifikasyonu ve Pazarlaması Yönetmeliği’nin Kontrol Standartları başlığının Ç alt başlığında yer alan bitki türlerine göre belirlenen izolasyon mesafesi açısından bezelyede izolasyon mesafesi gerek elit gerek orijinal gerekse sertifikalı kademedeki tohumluk üretimi yapıldığı takdirde 2 m olarak karara bağlanmıştır.

3.4. Toprak İşleme

Bezelye tohumluk üretiminde uygun zaman ve agronomik teknikler ile gerçekleştirilecek toprak işleme, elde edilecek tane verimi adına en önemli aşamalardan bir tanesidir. Kazık kök özelliği gösteren bezelye bu sayede derinlere kadar kökleri ile inebilmekte olup bu önemli özelliği sayesinde toprak seçiciliği çok göstermemektedir. Ancak her çeşit toprak içeriğinde yetiştiriciliğinin yapılması mümkün ise de şayet tohumluk bezelye üretimi gerçekleştiriliyorsa toprak yapısının kumlu-tınlı, drenaj problemi olmayan, organik madde seviyesi yüksek, besin maddelerince yeterince zengin ve pH’ı nötre yakın (pH 6.5-7.5) özellikleri göstermesi gerekmektedir. Özellikle tuzlu ve alkali topraklarda tohumluk bezelye üretimi azalacağından bu tip topraklar tohumluk bezelye üretiminde kullanılmamalıdır. Tohumluk bezelye üretiminde yer alacak tarım arazileri öncelikle sonbaharda 15-20 cm derinlikte sürülerek kış yağışlarına bırakılmalıdır. Kışı bu şekilde yağışlarla geçiren topraklar tohumluk bezelye ekiminden önce birkaç kez kazayağı/diskaro gibi kültivatör tarım aletleri ile sürülerek sıkı bir şekilde işlenmesi gerçekleştirilmelidir. Sık olarak yapılacak işlemin 10-15 cm civarında olması yeterlidir. Ardından ekimden hemen önce tırmık ya da rotovator ile tohumluk üretimi yapılacak arazinin düzlenmesi gerekmekte olup tüm bu işlemler sonucunda tarla ekim için hazır hale gelmektedir. Özellikle toprak işlemede

güzün çok derinden yapılan toprak işlemler ile çok fazla sayıda yapılacak işlemler topraktaki var olan su mevcudiyetini dolayısıyla nemi kaybedeceğinden bu uygulamalardan kaçınılması gerekmektedir.

3.5. Gübreleme

Bir baklagil türü olan bezelye, köklerinde ortak yaşam sürdüren *Rhizobium* bakterilerinin ortak yaşamı sonucu havada serbest halde bulunan azotu toprağa fikse ederek köklerinde bulunan nodüllerde depolamakta ve yetiştiriciliği yapılan bitkiye organik madde katkısı yapmaktadır. Bezelyenin köklerinde bulunan nodüller *rhizobium* bakterileriyle eşleşerek azot bağlayıcaya kadar geçen zamanda azotu sağlamak ve yüksek tane verimi elde edebilmek için 3-5 kg saf azot ve 6-8 kg saf fosfor verilmesi tavsiye edilmektedir. Bezelye tohumculuğunda gübreleme uygulamasında bir kimyasal gübre olan DAP gübresinin (%18 azot ve %46 fosfor) kullanılması azot ve fosforun karşılanması açısından oldukça önem arz etmektedir. Tanenin etrafındaki zengin mineral madde seviyesi bezelye tanesinin minimum bir sürede çimlenmesi ve oluşan fidenin çıkışını negatif etkilediğinden verilecek gübrenin tohumla birlikte toprağa verilmesi tavsiye edilmemektedir. Dolayısıyla toprağa kazandırılacak gübreler, tohumluk bezelye ekiminin hemen öncesi toprak işleme aşamasından önce bezelye tohumluk üretiminin yapılacağı tarım arazisine fırfır ya da serpmeye yöntemi ile toprağa kazandırılarak tırmık aleti ile toprağa karıştırılması zaruridir.

3.6. Ekim Zamanı

Bezelye, kışı ılık geçen Doğu Akdeniz ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde kışlık olarak ekilmesine rağmen kışı sert geçen İç Anadolu ve Geçit Bölgeleri'nde Mart-Nisan ayları içerisinde (15 Mart-30 Nisan) ekimlerinin yapılması uygundur. Kışlık çeşitlerin kıştan ve soğuktan etkilenmesi söz konusu değildir. Bezelye tohumluk üretiminde ekim zamanının gecikmesi verim kaybına yol açabilmektedir.

3.7. Ekim Sıklığı ve Ekim Derinliği

Bezelye tohumculuğunda tarım teknolojinin gelişmesiyle beraber sıraya ekim yöntemi en geçerli yöntemlerin başında gelmektedir. Sıraya ekim

yöntemi, çıkışın homojen sağlanması yanında gerek sıra arası gerekse sıra üzeri mesafeler ile ekim normunun uygulanmasında ekimi kolaylaştırmaktadır. Bunun yanında yetiştirme tekniği olarak adlandırılan kültürel uygulamaları kolaylaştıracak bir şekilde bezelye tohumculuğunda yüksek bir verim alabilmenin yolu açılır. Mekanize ekimlerde dekara tohum miktarı erkenci çeşitlerde 45 kg, ana sezon çeşitlerde 30 kg olmalıdır. Elle ekimde tohumlar iyi çimleniyorsa tohum oranı dekarda 10-12 kg'a kadar düşürülebilir. Sıra arası x sıra üzeri mesafe erkenci çeşitlerde 30 x 7.5 cm, ana sezon çeşitlerinde ise 30 x 10 cm olmalıdır. Tohumluk bezelye üretiminde bezelye ekiminin daha önce yapılmadığı alanlarda, nodül oluşumunu ve hızlı büyümeyi sağlamak için tohumların bakteri (*Rhizobium leguminosarum*) kültürü ile muamele edilmesi bitki verim ve kalitesini olumlu yönde etkilediği için önerilmektedir. Tohumculuk üretiminde ekimden sonra toprak homojen çıkışın sağlanması bakımından bastırılarak tohumun toprakla teması sağlanır. Uygun ekim mibzerleri ile yapılan bezelye tohumculuğunda tohumun iyi çimlenebilmesi için 3-5 cm derine düşmesi sağlanmalıdır.

3.8. Yabancı Ot Kontrolü

Yabancı otların kültür bitkileri ile birlikte mineral madde, nem ve ışık ile rekabete girerek kontrol edilmedikleri takdirde verim düşüşüne neden oldukları bilinmektedir. Bazı bitkilerin verim düşüklüğünde yabancı otlar en önemli faktör olmakla birlikte bezelye bitkisinde verimi düşüren en önemli faktör konumunda değildir. Çimlenmeden sonra bitkiler yavaş geliştiği için yabancı otların kontrolü önemlidir. Yabancı otların kontrolünde traktör ile çapalanmasında yapraklara zarar vererek mantar hastalıkların artması ve köklere zarar vererek kuru-kurak dönemlerde su kaybına neden olması nedeniyle dikkat edilmesi gereklidir. Elle yapılan çapalamanın da derin yapılmaması ve bitkilere mekanik zararın verilmemesi gereklidir. Ayrıca yabancı otların kontrolünde kullanılabilecek selektif herbisitler bulunmaktadır. Bezelye bitkisinde sorun teşkil eden yabancı otlar arasında tarla köpek papatyası, kısır yabani yulaf, taşkesen otu, çobançantası, kısa başaklı kuşyemi, yabani hardal, adi yavşan otu, sirken, kırmızı köklü tilkikuyruğu, çobançantası, benekli darıcan, çobandeğneği, yabani turp, kuşotu ve yabani hardal gelmektedir.

3.9. Hasat

Bezelye tohumculuğunda hasat zamanı, biçerdöverle yapılacak hasat kademesinde tane verimini etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Tohumluk bezelye üretiminde hasat, bezelye yapraklarının kahverengiye döndüğünde yani bitkiler hasat olgunluğuna ulaştığı zaman yapılmalıdır. Her ne kadar bezelyede tane dökme problemi çok görülmemekle birlikte hasat nem oranının %12-14 olduğu dönemlerde hasat işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu nem oranlarının altında ya da üstündeki değerlerde tane mekanik olarak zarar görmektedir. Kısa boylu kalan bitkiler ile gelişmesini tam olarak tamamlayamayan bitkiler makineli hasada uygun olmadıkları için bu gibi durumlarda adı geçen bitkiler elle yolunarak baklagil patozu ile hasatları tamamlanabilmektedir. Her ne kadar tane dökme problemi olmadığı için hasadın geç yapılması sorun yaratmamakla birlikte çok sıcak ve kurak dönemlerde baklalarda çatlama görülebilmektedir. Hasat edilen bezelye ürününün tohumluk aşamalarından sonra işlem görene kadar normal koşullarda beklemesi adına depolanabilmesi için tane nem oranının %12-14 arasında alması gerekmekte olup üzerindeki değerler depolama aşamasında sorun yaratırken altındaki değerlerde ise depolama süresi uzayabilmektedir.

4. SERTİFİKASYON

4.1. Tarla Kontrolü

Bezelye tohumculuğunda yürütülen tarla kontrollerinde elde edilecek tohumluğun hangi sınıf ya da kademeye girdiği işaretlenmekte olup bezelye tohumluğunun hiçbir sınıfa girmediği ya da sınıf kaybettiği zamanlarda bu durumun hangi sebeplerden kaynaklandığı tarla kontrolör tarafından elinde bulunan tarla kontrol raporuna kaydedilerek sınıf kaybettiği daire içine alınmaktadır. Ancak yukarıda bahsedilen tohumluğun istenilen sınıfa girmesini engelleyen sebeplerin bezelye tohumluğunu yetiştiren üretici tarafından giderilebilme imkanı varsa yetiştiriciye ekte yer alan tarla kontrol ihbarnamesi verilir. Verilen ihbarnamede istenilen zamanda kontrolör tarafından tekrar tarla kontrolü yapılabilmektedir. Bu kapsamda parsellerde gerçekleştirilen kontroller neticesinde bezelye tohumları tarla kontrol standartlarına uygun olmak zorundadır.

Bezelye tohumculuğunda yürütülen tarla kontrol dönemleri biri %50 bakla bağlama dönemi diğeri hasat döneminden yaklaşık 2 hafta önce olmak üzere 2 defa gerçekleştirilmektedir. Farklı bitki türleri için tarla kontrolünde temel alınan birim alan büyüklüğü ile sayısı farklılık göstermekle birlikte bu alan tohumluk bezelye üretiminde 10 m²'dir (1 m x 10 m).

Bezelye tohumluğunun tarla kontrolü, tarla kontrolör tarafından gerçekleştirilirken bezelye tarlasının kenarından olmamak şartıyla belirlenen değerlerin birisi ile bezelye için;

- a) Diğer tür ve çeşitler (tip dışı dahil)
- b) Tip dışı bitkiler
- c) Diğer ürünler
- d) Zararlı yabancı ot tohumları
- e) Antraknoz hastalığına yakalanmış bitkileri sayar.

Birim saha üzerinden gerçekleştirilecek kontrollerde tohumculuk faaliyetinin yapıldığı tarla büyüklüğüne göre tekerrür sayısı ile göz önüne alınacak faktörler aşağıda verilmiştir (Anonim, 2009).

0 – 10 dekara kadar	5
11 – 100 dekara kadar	10
101 dekardan fazla	15 birim

Tohumluk bezelye üretiminde tarla standardı aşağıdaki Çizelge 1'deki gibi olmalıdır (Şehirali ve Yorgancılar, 2011).

Çizelge 1. Bezelye üretiminde tarla standartları

Faktörler (En Çok %)	Orijina I	Sertifikalı I	Sertifikalı II-III
Diğer tür ve çeşitler (tip dışı bitkiler dahil)	0	0.5	1
Antraknoz (<i>Ascochyta pinodes</i>)	0	0.5	1
Kök Çürüklüğü (<i>Fusarium spp.</i>)	0	0.5	1
Virüs Hastalıkları	0	0	1

4.2. Laboratuvar Kontrolü

Tohumluk Sertifikasyonu Uygulama Esasları Hakkındaki Talimata göre tarla bitkileri türleri için öngörülen standart ve büyük oranda ISTA metotlarına göre laboratuvar analizleri Tohum Tescil ve Sertifikasyon Müdürlüğü ve beş bölgesel sertifikasyon laboratuvarı tarafından analizler gerçekleştirilmektedir.

Bezelye tohumculuğunda laboratuvar analiz standartları Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Bezelye tohumculuğunda laboratuvar standartları

Faktörler (En Çok %)	Orijina I	Sertifikalı I	Sertifikalı II- III
Saf tohum (en az %)	98	97	97
Cansız yabancı madde (en çok %)	2	3	3
Diğer mahsul tohumlar*	2	6	40
Diğer tür ve çeşitler*	4	20	100
Ot tohumları*	8	16	50
Zararlı ot tohumları*	0	0	0
Çavdar mahmuzu (en çok %)	0.1	0.1	0.2
Tohumla geçen hastalıklar	2	4	10
Çimlenme (en az %)	85	85	85

*en çok adet/kg

4.3. Ambalajlama ve Etiketleme

4.3.1. Ambalajlama

1. Tohumluk olarak yetiştirilen bezelyelerin konulacağı ambalajlar üzerinde aşağıda yer alan bilgilerin bulunması gereklidir.

- Üretici veya tedarikçinin adı ve adresi
- Tür adı
- Çeşit adı
- Tohumluğun sınıf ve kademesi
- Ambalajın net veya brüt ağırlığı

- Tohumluğun ilaçlı olup olmadığı, ilaçlı ise ilacın adı yazılmalıdır.
- 2. Tohumluklar çuval, torba, paket veya kutu ambalajlar içinde satılmalıdır.
- 3. Tohumluk ambalaj bilgilerinin silinmeyecek ve kazınmayacak şekilde olmasına dikkat edilmelidir.
- 4. Karışımlarda karışımı oluşturan öğelerin tür ve çeşit isimleriyle birlikte ağırlık veya yüzde oranları belirtilmelidir.

4.3.2. Etiketleme

1. Bezelye tohumluk etiketlerinde bulunması gereken asgari bilgiler aşağıda sıralanmıştır;

- Etiket düzenleyen sertifikasyon kuruluşunun adı ve logosu
- Tohumluk partisinin numarası
- Numunenin alındığı veya mühürlemenin yapıldığı tarih
- Tür adı
- Çeşit adı
- Tohumluk sınıf ve döl kademesi
- Tohumluk ambalajının beyan edilen net veya brüt ağırlığı veya tohum sayısı
- Tohumluk ilaçlanmışsa ilacın adı
- Üretici firmanın adı ve adresi bulunmalıdır.

2. Bezelye tohumculuğunda sertifika alınacak tohumluk sınıflarına göre etiketler aşağıdaki renklere uygun olarak düzenlenir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Sertifika alınacak tohumluk sınıfları ve etiket renkleri

Tohumluk Sınıfları	Etiket Renkleri
Orijinal	Beyaz
Sertifikalı I	Mavi
Sertifikalı II, III	Kırmızı
Ham Tohumluk	Gri
Karışım	Yeşil

3. Tohumluk etiketlerinin asgari boyutlarının 67x110 mm boyutlarında olmasına dikkat edilmelidir.

4. Etiketler dikme ve yapıştırma olarak hazırlanır.

Bezelye tohumluklarının partilerine ait asgari numune miktarı ve azami ambalaj ve parti büyüklükleri Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4. Bezelye tohumluklarında parti ve ambalaj değerleri

Tür	Azami parti Büyüklüğü (*) (ton)	Azami Ambalaj Ağırlığı (**) (kg)	Asgari Numune Miktarı (g)
Bezelye	20	50	1.000

* Azami parti büyüklüğü %5’ten fazla aşılmayacaktır.

* Adet olarak ambalajlanan tohumluklarda ağırlık bu miktarların üzerinde olmaz

4.3.3. Tohumluk Partilerinin Numaralandırılması

Bezelye tohumluk partileri, TR.00.KKKK.NNNN biçiminde numaralandırılır.

Numaralandırılmada;

- **TR:** Ülke kodunu
- **OO:** Tohumluğun üretildiği ilin plaka numarasını
- **KKKK:** TTSM tarafından verilen tohumluğu yetiştiren üreticinin kod numarasını
- **NNNN:** Tohumluğun parti sıra numarasını ifade eder.

Kaynaklar

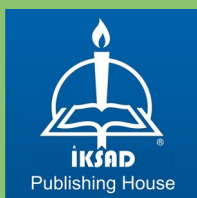
- Akçin, A. (1988). Yemeklik Dane Baklagiller. Selçuk Üniversitesi Yayınları: 43, Zir. Fak. Yay, 8.
- Erskine, W., Smartt, J., Muehlbauer, F. J. (1994). Mimicry of lentil and the domestication of common vetch and grass pea, *Economic Botany*, 48: 326-332 p.
- FAO, (2023). <http://faostat3.fao.org/home/index.htm>.
- Karayel R., Bozoğlu H. (2008). Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan yerel bezelye popülasyonunun bazı agronomik özellikleri. *Ondokuzmayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23 (1): 32-38 s.
- Mustafa, Z., Erdoğan, P., Sarıkaya, M.F. (2022). Yemeklik Tane Baklagil Yetiştiriciliği ve Islahı, Bölüm Adı: (Bezelye Yetiştiriciliği, Iksad Publishing House, Editör: Tolga Karaköy, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 16, ISBN:978-625-8213-46-1, Türkçe (Bilimsel Kitap).
- Özdemir, S. (2002). Yemeklik Baklagiller. Hasad Yayıncılık, İstanbul, 142 s.
- Ozdemir, S., Seydosoglu, S., Kokten, K., Cil, A., & Tura, N. (2025). Fatty Acids Contents & Nutritional Compositions of Grains of Different Barley Genotypes. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, 102(1).
- Pekşen, E., Artık, C. (2005). Antibesinsel maddeler ve yemeklik tane baklagillerin besleyici değerleri. *Ondokuzmayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (2): 110-120 s.
- Roques, F.P., Duchene, E., Scaife, A. (1992). Variation of the length of the vegetative period in *Pisum sativum* L. consequences on the choices of sowing date. *Proceedings Second Congress of the European Society for Agronomy*, Warwick University 23-28 August 1992. 126-127.
- Şehirali, S. (1988). Yemeklik Dane Baklagiller. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 435 s.
- Seydosoglu, S., Kokten, K., Cil, A., & Turan, N. (2023). Genetic variability for seed nutritional composition in pearl millet genotypes analyzed by biplot method. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*, 35(1), 220-227.
- Sözen, Ö. (2022). Küçük Ekolojik Değişimlerin Büyük Tarımsal Sorunlara Etkisi, Bölüm Adı: (Orta Kızılırmak Vadisinden Toplanan Yerel Kuru

Fasulye popülasyonlarında Verim Parametreleri Arasındaki İlişkilerin Korelasyon ve Path Analiz ile Belirlenmesi, Iksad Publishing House, Editör: Nizamettin Turan, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 30, ISBN:978-625-8246-34-6, Türkçe (Bilimsel Kitap).

Sözen, Ö., Karaköy, T. (2023). Sivas Ekolojik Koşullarında Bazı Nohut Çeşitlerinin Tarımsal Özelliklerinin Ortaya Konulması. Balkan 7th International Conference on Applied Sciences, 227-239 s, (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 8631034).

Sözen, Ö., Karaköy, T. (2025). Bazı Mercimek Çeşitlerinin Agro-Morfolojik Özelliklerinin Ortaya Konulması. 17th International Conference on Engineering & Natural Sciences, 813-828 s, May 03-07, 2025 / Prague, Czechia, (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum).

Sözen, Ö., Karaköy, T., Öcal, M. (2022). Aksaray Ekolojik Koşullarında Bazı Kuru Fasulye Genotiplerinin Morfo-Agronomik Özelliklerinin Belirlenmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 9 (4): 1014-1022 s.



ISBN: 978-625-378-505-5