

FASULYE

Phaseolus vulgaris L.

Editörler

- Prof. Dr. Tolga **KARAKÖY**
- Prof. Dr. Ömer **SÖZEN**
- Dr. Öğr. Üyesi Yeter **ÇİLESİZ**



Fasulye

Phaseolus vulgaris L.

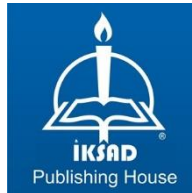
EDİTÖRLER

Prof. Dr. Tolga KARAKÖY
Prof. Dr. Ömer SÖZEN
Dr. Öğr. Üyesi Yeter ÇİLESİZ

YAZARLAR

Prof. Dr. Tolga KARAKÖY
Prof. Dr. Ercan CEYHAN
Prof. Dr. Ömer SÖZEN
Doç. Dr. Asuman KAPLAN EVLİCE
Doç. Dr. Emre EVLİCE
Doç. Dr. Muhammad Azhar NADEEM
Dr. Öğr. Üyesi Fatih ÖLMEZ
Dr. Öğr. Üyesi Yeter ÇİLESİZ
Arş. Gör. Dr. İlker YÜCE
Dr. Seda KÜLEN
Arş. Gör. Meliha Feryal SARIKAYA
Arş. Gör. Muhammed TATAR
Arş. Gör. Zeynep YUMLU
Amjad ALİ

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14250906>



Copyright © 2024 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 – 2024©

ISBN: 978-625-367-956-9

Cover Design: Tolga KARAKÖY

December / 2024

Ankara / Türkiye

Size = 16x24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

BÖLÜM 1

FASULYE GEN MERKEZLERİ

Arş. Gör. Dr. İlker YÜCE

Prof. Dr. Tolga KARAKÖY.....3

BÖLÜM 2

BİTKİ GEN KAYNAKLARININ BİYOTEKNOLOJİDEKİ ÖNEMİ: FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L.) ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Yeter ÇİLESİZ.....25

BÖLÜM 3

KURU FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L.) YETİŞTİRİCİLİĞİ

Arş. Gör. Meliha Feryal SARIKAYA

Doç. Dr. Muhammad Azhar NADEEM.....49

BÖLÜM 4

FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L.) HASTALIKLARI

Arş. Gör. Muhammed TATAR

Amjad ALİ

Dr. Öğr. Üyesi Fatih ÖLMEZ.....85

BÖLÜM 5

KURU FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L.) YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KARŞILAŞILAN ZARARLILAR

Arş. Gör. Zeynep YUMLU

Doç. Dr. Emre EVLİCE.....129

BÖLÜM 6

FASULYENİN KALİTE ÖZELLİKLERİ

Dr. Seda KÜLEN

Doç. Dr. Asuman KAPLAN EVLİCE.....155

BÖLÜM 7

FASULYEDE TOHUMLUK ÜRETİMİ

Prof. Dr. Ömer SÖZEN.....185

BÖLÜM 8

FASULYE ISLAHI

Prof. Dr. Tolga KARAKÖY

Arş. Gör. Dr. İlker YÜCE

Prof. Dr. Ercan CEYHAN.....211

BÖLÜM 9

AGRONOMİ VE KALİTE İLE İLGİLİ GEN VE QTL'LER

Arş. Gör. Dr. İlker YÜCE.....249

ÖNSÖZ

Günümüzde dünya nüfusunun hızla artması, sınırlı doğal kaynaklara erişim, iklim ve çevresel koşullar, eğitimdeki yetersizlikler, sosyo-kültürel ve ekonomik faktörler ile besinlere ulaşmadaki güçlükler, açlık sorununu derinleştiren temel etkenler arasında yer almaktadır. Bu durum, yalnızca yetersiz beslenmeyi değil, aynı zamanda dengesiz beslenme ve obezite gibi küresel sağlık problemlerini de gündeme taşımaktadır. İnsan beslenmesinde hayvansal proteinlerin önemi tartışılmaz olsa da, bu proteinlerin yeterince sağlanamadığı durumlarda bitkisel protein kaynaklarına yönelme gerekliliği doğmaktadır. Hayvansal proteinlerin yüksek maliyetli oluşu, saklama zorlukları ve çabuk bozulma riski, bitkisel proteinlerin daha kolay üretilebilmesi, uygun maliyetli olması ve uzun süre saklanabilirliği gibi avantajlarını ön plana çıkarmaktadır.

Baklagiller familyasının önemli üyelerinden biri olan fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), enerji, protein, vitamin ve mineral içerikleri bakımından zengin bir besin kaynağı olması nedeniyle, açlıkla mücadelede ve yeterli-dengeli beslenme hedeflerinde etkili bir çözüm olarak değerlendirilmektedir. Orta ve Güney Amerika kökenli olan kuru fasulye, 17. yüzyılda ülkemizde yetiştirilmeye başlanmış ve özellikle Karadeniz ile İç Anadolu Bölgelerine iyi adapte olarak geniş bir çeşitlilik göstermiştir. Günümüzde ülkemizin hemen her bölgesinde taze veya kuru tüketim amaçlı yetiştirilen fasulye, halk tarafından sevilerek tüketilen stratejik bir ürün haline gelmiştir. Tanelerinde yaklaşık %25 oranında protein ve %56 oranında karbonhidrat içeriği bulunması, fasulyeyi adeta halkın "hem eti hem ekmeği" şeklinde tanımlayacak kadar değerli bir tarım ürünü yapmaktadır.

Bu kitapta, yemeklik bir baklagil olan fasulye, botanikten taksonomiye, agronomiden ıslah çalışmalarına, moleküler biyolojiden kalite değerlendirmelerine, hastalık ve zararlılardan tohumculuğa kadar pek çok bilimsel yönüyle ele alınmıştır. Kitabın hazırlanmasında değerli katkılarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Seyithan SEYDOŐOĐLU'na ve yayımlanma sürecinde emeiği geçen İKSAD yayınevi çalışanlarına şükranlarımızı sunarız.

Editörler
Prof. Dr. Tolga KARAKÖY
Prof. Dr. Ömer SÖZEN
Dr. Öğr. Üyesi Yeter ÇİLESİZ

BÖLÜM 1

FASULYE GEN MERKEZLERİ

Arş. Gör. Dr. İlker YÜCE¹

Prof. Dr. Tolga KARAKÖY²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14285691>

¹ Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sivas, Türkiye

E-mail: ilkeryuce001@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-9761-3561

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

E-mail: tkarakoy@sivas.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-5428-1907

GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusu için gıda güvenliği büyük bir endişe kaynağı haline gelmiştir. Daha önce çeşitli raporlarda belirtildiği gibi, dünya nüfusunun 2050 yılında iki katına çıkacağı düşünülmektedir (Kuiper ve ark., 2020; Nakashima ve ark., 2022). Tahıl ürünleri tek başına gelecek nüfusun gıda ihtiyacını karşılayamaz. Bu nedenle, araştırmacılar gelecekteki nüfusun talebini karşılamak için baklagil ürünlerini değerlendirmektedir (Çilesiz ve ark., 2023; Karaköy ve ark., 2024). Arkeolojik, botanik ve tarihi kanıtların varlığı, fasulyenin günümüz kuzey Meksika'sından (Chihuahua) Orta Amerika ve And Dağları üzerinden kuzeybatı Arjantin'e (San Luis) kadar uzanan uzun bir yayda ~7.000 yıl önce ortaya çıkmış bir Yeni Dünya ürünü olduğunu göstermektedir (Broughton ve ark., 2003; Bozoğlu ve Sözen, 2007). İlk olarak Arjantin'de (Burkart, 1941; Burkart ve Brucher, 1953) ve Guatemala'da (MacBryde, 1947) tanımlanan yabancı fasulye, kuzey Meksika'dan (yaklaşık 30°N) kuzeybatı Arjantin'e (yaklaşık 35°S) kadar uzanan geniş bir yayda, 500 ila 2000 m arasında değişen yükseklikte, yıllık 500-1800 mm yağış alan yerlerde yetiştirilmektedir. *Phaseolus*'un iki taksonomik alt bölümü, morfolojik ve moleküler farklılaşmaya dayalı olarak *Phaseolus vulgaris* var. *aborigineus* ve *Phaseolus vulgaris* var. *mexicanus* (Delgado-Salinas, 1985) olarak tanımlanmıştır. Arkeolojik kayıtlardaki boşluklar nedeniyle yabancı fasulyenin kültür fasulyesine geçişine dair kesin bir kayıt yoktur, ancak bu olayın 7000 ila 5000 yıl önce gerçekleştiği tahmin edilmektedir (Broughton ve ark., 2003).

Bu önemli baklagilin bireyleri günümüzde morfolojik ve moleküler özellikler temelinde iki gen havuzunda (Güney Amerika'nın And dağlarından (güney Peru, Bolivya ve kuzey Arjantin) köken alan

And ile Orta Amerika ve Meksika'dan en az yedi tür içeren Mezoamerikan) iyi bir şekilde karakterize edilmektedir (Gepts ve ark., 1986; Koenig ve Gepts 1989a, b; Singh ve ark., 1991a, b, c; Becerra Velásquez ve Gepts, 1994; Tohme ve ark., 1996; Beebe ve ark., 2000, 2001; Díaz ve Blair, 2006; Blair ve ark., 2007; Kwak ve Gepts, 2009). Bireyleri farklı gen havuzlarına ayıran önemli parametreler arasında tohum büyüklüğü, fazolin (tohum depolama proteini) desenleri, bitki morfolojisi, izozimler ve RFLP, RAPD, AFLP ve mikrosatellit belirteçleri bulunmaktadır (Evan, 1976; Gepts ve ark., 1986; Koenig ve Gepts, 1989a, b; Singh ve ark., 1991a; Khairallah ve ark., 1992; Becerra Velásquez ve Gepts, 1994; Blair ve ark., 2006a, 2007, 2010, 2012a, b). Morfolojik ve agroekolojik adaptasyon özellikleri, bu gen havuzları arasındaki türleri ayırt etmek için de kullanılmıştır (Singh ve ark., 1991a, b; Gepts, 1988). Singh ve ark. (1991a, b, c) tür yapısı çalışmaları, her türün üyelerinin kendine özgü ve spesifik fizyolojik, agronomik, biyokimyasal ve moleküler özelliklere sahip olduğunu ve spesifik lokuslardaki allelik frekanslarda diğer ırklardan farklılaştığını göstermiştir. Kültüre alma, bitkilerin insanlar tarafından yetiştirilmesi ve kullanılması için artan adaptasyonuna yol açan seçim sürecinin bir sonucudur. Kültüre alma sırasında bitkiler ve hayvanlar doğal seçilimin yanı sıra insan seçilimine de maruz kalırlar. Kültüre alınan formları yabani formlardan ayıran özellikler toplu olarak evcilleştirme sendromu olarak adlandırılır (Hammer 1984). Bu özellikler arasında tohum dağılımının ve dormansinin olmaması, kompakt bitki mimarisi, daha yüksek verim, eşzamanlılık ve erken çiçeklenme, fotoperiyot duyarlılığı, hasat indeksi ve tohum pigmentasyonu yer almaktadır (Gepts ve Debouck, 1991; Koinange ve ark., 1996). Kültüre alınmış fasulye,

Mezoamerika (batı Meksika) ve Güney Amerika'nın güney And Dağları olmak üzere iki kültüre alma merkezinde bağımsız kültüre alma olayları yoluyla yabancı gen havuzlarından köken almıştır (Gepts ve Debouck, 1991; Kwak ve Gepts, 2009; Kwak ve ark., 2009). Mezoamerika'da ve Güney And Dağları'nda bulunan iki ana merkez, iki ana çeşit grubunun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Mezoamerika fasulyeleri ağırlıklı olarak "S" fazolin tipine sahip küçük tohumlu fasulyelerden oluşurken, And fasulyeleri büyük tohumlu "T" fazolin tipi çeşitler içermektedir (Gepts ve ark., 1986; Gepts ve Bliss, 1988; Koenig ve Gepts, 1989a, b; Sonnante ve ark., 1994; Chacón ve ark., 2005). Bununla birlikte, Kolombiya'da bulunan bir başka küçük kültüre alma merkezinin küçük tohumlu "B" fazolin tipi tohum proteini çeşitlerine sahip olduğu gösterilmiştir (Gepts ve Debouck, 1991; Chacon ve ark., 1996; Tohme ve ark., 1996).

Başlıca fasulye gen havuzları bitki morfolojisi, adaptasyon aralığı ve agronomik özelliklere göre türlere ayrılmıştır. Mezoamerika gen havuzu Durango (Meksika'nın kuru dağlık bölgelerinden orta büyüklükte tohuma sahip secde eden çalı tipleri), Jalisco (Meksika'nın merkezindeki nemli dağlık bölgelerden tırmanıcı fasulye) ve Mezoamerika (Orta Amerika ve Meksika'nın alçak bölgelerinden çoğunlukla çalı alışkanlıklarına sahip küçük tohumlu tipleri (Singh ve ark., 1991a), And gen havuzu ise Peru (ağırlıklı olarak dağlık tırmanıcı fasulye), Nueva Granada (çoğunlukla orta rakıma uyum sağlayan çalı fasulyesi) ve Şili (yüksek rakımlara uyum sağlayan secde eden çalı veya zayıf tırmanıcılar) tipleri içerir. Bununla birlikte, Beebe ve ark. (2000) Meso gen havuzunda dördüncü bir tip olarak Guatemala'yı (çoğunlukla Guatemala ve güney Meksika'dan tırmanıcı fasulye) ve ırklar içinde bazı

sistematik varyasyonların varlığını öne sürmüştür. Chacón ve ark. (2005), Durango ve Jalisco türlerinin ortak bir kloroplast DNA modelini paylaştığını, Guatemala ve Mesoamerica türlerinin her birinin evrimsel farklılıklarını vurgulayan farklı bir model sunduğunu tespit etmişlerdir. Díaz ve Blair (2006), Orta Amerika gen havuzunda, Durango ve Jalisco türlerinin Mesoamerica türünden ayrı olarak gruplandırılması ve Guatemala türünden olması muhtemel bazı tırmanan fasulye popülasyonlarında yeni çeşitlilik ile ikili bir yapı belirlemişlerdir. And gen havuzundaki üç türün (Singh ve ark., 1991a, b, c) restriksiyon parça uzunluğu polimorfizmi (RFLP) veya rastgele çoğaltılmış polimorfik DNA (RAPD) belirteçleri ile ayrımı Orta Amerika gen havuzundaki kadar net değildir (Becerra Velásquez ve Gepts, 1994; Beebe ve ark., 2001). Bu türler, tek bir popülasyonun evcilleştirildiğini düşündüren ortak bir kloroplast DNA bileşimi sergilemektedir (Chacón ve ark., 2005). Bununla birlikte, And türleri mikrosatellit allelleri ile açıkça ayırt edilmektedir (Blair ve ark., 2007) ve farklı büyüme alışkanlığı, yaygınlığı ve adaptasyon aralıklarına sahiptir. Kolombiya öncesi dönemden beri kuzey And Dağları'na yayılmış olan Orta Amerika tiplerinden And gen havuzuna önemli ölçüde introgresyon olduğu bildirilmiştir (Islam ve ark., 2004; Blair ve ark., 2007).

Kültüre almadan sonra, fasulye dünyanın diğer bölgelerine tanıtılmış ve ilk olarak Amerika ve Avrupa'da yayılmıştır (Evan, 1976; Sözen ve Karadavut, 2017). Mezoamerika kökenli çeşitler Güney Amerika'nın alçak bölgelerinde ve güneybatı ABD'de baskın hale gelirken, And kökenli çeşitler Afrika, Avrupa ve kuzeydoğu ABD'de baskın hale gelmiştir. Mezoamerika kökenli çeşitler Meksika veya Guatemala'dan Kolombiya ve Venezuela'ya ve nihayetinde Brezilya'ya

(Güney Amerika) uzanan bir rota boyunca yayılmış olabileceği, Afrika kökenli fasulye çeşitlerinin giriş yolu doğrudan And Dağları'ndan ya da dolaylı olarak İber Yarımadası veya sömürge döneminde Batı Avrupa üzerinden olmuş olabileceği düşünülmektedir (Purseglove, 1976). Kolomb öncesi dönemde, Mezoamerika ve Güney Amerika arasında sınırlı bir fasulye germplazmı alışverişi gerçekleşmiştir, ancak 1500'lerden sonra çok daha kapsamlı bir tohum hareketi meydana gelmiştir. Fasulye, Orta Amerika'dan İber Yarımadası'na (İspanya ve Portekiz) 1506 civarında (Ortwin-Sauer, 1966) ve güney And Dağları'ndan 1532'den sonra, yanlarında güzel renkli ve kolay taşınabilir tohumları bir merak olarak getiren denizciler ve tüccarlar tarafından tanıtılmıştır (Debouck ve Smartt, 1995). Bazı çalışmalar, İber Yarımadası'nda, And ve Mezoamerikan genetik havuzlarının, Yunanistan, Kıbrıs ve İtalya gibi Avrupa Akdeniz havzası boyunca diğer ülkelere yayılmış olabilecek çeşitlerinin varlığına dair kanıtlar sunmuştur (Lioi, 1989). *Phaseolus* cinsi için birincil çeşitlilik merkezi, 70-80 yabani türü ve beş kültür türünün atalarını barındıran Mezoamerika'nın Guatemala sınırındaki orta ve güney Meksika'da yer almaktadır (Freytag ve Debouck, 2002). İspanya, Türkiye ve Etiyopya'da ikincil çeşitlenme merkezlerinin varlığı (Harlan, 1971; Santalla ve ark., 2002; Ocampo ve ark., 2005) tartışmalıdır (Kami ve ark. 1995). Çin ve Hindistan fasulyelerinin son analizlerinde Asya'daki ikincil fasulye çeşitliliği merkezlerine eklemeler yapılmıştır (Zhang ve ark., 2008; Sharma ve ark., 2013).

Phaseoleae (*Leguminosae* familyası, *Papilionoideae* alt familyası), kültüre alınmış *Glycine* (soya fasulyesi) ve *Vigna* (börülce) türlerinin diğer iki cinsini içerir. *Phaseolus* en az 50 türe sahip çok çeşitli

bir cinstir (Verdecourt, 1970; Marechal ve ark., 1978; Lackey, 1983; Sözen ve ark., 2022). Bunlardan sadece beş türün (*Phaseolus vulgaris* (yaygın fasulye), *Phaseolus lunatus* (lima fasulyesi), *Phaseolus acutifolius* A. Gray (teparı fasulyesi), *Phaseolus coccineus* L. (tırmanıcı fasulye) ve *Phaseolus dumosus* (polyanthus) L. (uzun fasulye)) tarımı yapılmaktadır. Bu türlerin her biri farklı bir yabancı ataya, farklı bir coğrafi kökene, yaşam öyküsüne ve üreme sistemine sahiptir (Marechal ve ark., 1978; Delgado-Salinas, 1985; Debouck, 1991; Smartt, 1990). Morfolojik, biyokimyasal ve moleküler araçlar kullanılarak kültüre alınmış *Phaseolus* türleri arasındaki filogenetik ilişki (Marechal ve ark., 1978; Debouck, 1991; Sullivan ve Freytag, 1986; Jaaska, 1996; Pueyo ve Delgado-Salinas, 1997; Delgado-Salinas ve ark., 1993; Schmit ve ark., 1993; Liaca ve ark., 1994; Hamann ve ark., 1995; Vekemans ve ark., 1998 ve Delgado-Salinas ve ark., 1999) ve yapılan birleşik analizler sonucunda *Phaseolus*'un monofiletik olduğunu göstermiştir. Fasulye ile ilgili türler arası çeşitlilik birincil, ikincil, üçüncül ve dördüncül gen havuzlarında düzenlenmiştir.

Birincil Gen Havuzu

Birincil gen havuzu hem *Phaseolus vulgaris* çeşitlerini hem de yabancı popülasyonları içermektedir. Yabancı *Phaseolus vulgaris* formları fasulye çeşitlerinin atalarıdır (Berglund-Brucher ve Brucher, 1976; Brucher, 1988) ve kuzey Meksika'dan kuzeybatı Arjantin'e kadar yayılım gösterirler (Toro ve ark., 1990; Singh, 2001). Kültür ve yabancı popülasyonlar içinde iki ana gen havuzu ayırt edilebilir: And ve Mezoamerikan gen havuzu (Gepts ve Bliss, 1985; Koenig ve Gepts, 1989a; Kairallah ve ark., 1990). *Phaseolus vulgaris*'in yalnızca birkaç

kültür ve yabani formu cinsel olarak uyumludur ve bazı And ve Mezoamerikan ebeveynlerinde F1 melez zayıflığı bulunur. Bu melezleme engelleri, bazı Mezoamerikan (D11) ve And (D12) yabani ve kültür popülasyonlarındaki uyuşmazlık genlerinin varlığından kaynaklanmaktadır (van Reheenen ve ark., 1979; Shii ve ark., 1980; Singh ve Gutierrez, 1984; Vieira ve ark., 1989). Bu genler, F1 melezlerinin yaşayamamasına (Shii ve ark., 1980; Gepts ve Bliss, 1985) ve sonraki nesillerde melez zayıflığına ve fenotipik anormalliklere yol açmaktadır (Koinange ve Gepts, 1992; Debouck ve ark., 1993; Freyre ve ark., 1996; Singh ve Molina, 1996). Bu nedenle, farklı gen havuzlarına sahip bazı yabani ve kültür popülasyonlarında gen alışverişi ve introgresyon sınırlıdır (Kornegay ve ark., 1992; Mumba ve Galwey, 1998, 1999).

İkincil Gen Havuzu

Fasulyenin ikincil gen havuzu *P. coccineus*, *P. dumosus* (*P. polyanthus* Greenman) ve *P. costaricensis* ile Freytag ve Debouck türlerinden oluşmaktadır. Bu üç tür birbirleriyle ve kültüre alınmış fasulyelerle doğal ve kontrollü koşullar altında özellikle kültür çeşitleri dışı ebeveyn olduğunda kolayca melezlenir (Baggett, 1956; Camarena ve Baudoin, 1987; Singh ve ark., 1997). Kültür çeşitleri polen verici ebeveyn olduğunda, melezleme zordur çünkü döller dışı ebeveyne geri dönme eğilimindedir (Smartt, 1970; Ockendon ve ark., 1982; Hucl ve Scoles, 1985; Debouck, 1999). Bazı melezlemeler kısmen kısır döllerle sonuçlanır (İbrahim ve Coyne, 1975; Manshardt ve Basset, 1984). *Phaseolus coccineus* yaygın fasulye ile melezlendiğinde fertil bireyler

vermez (Smartt, 1979, 1990; Manshardt ve Bassett, 1984; Hoover ve ark., 1985; Debouck ve Smartt, 1995).

Üçüncül Gen Havuzu

Üçüncül gen havuzu *P. acutifolius* ve *P. parvifolius* Greene'i içerir (Debouck 1999). Bu iki türün kültür türüyle melezlenmesi embriyo kurtarma yoluyla mümkündür. Canlı türler arası F1 döllerı kısırdır (Menjia- Jimenez ve ark., 1994; Singh ve ark., 1998). Hibrit doğurganlığı, kromozom ikiye katlama veya tekrarlayan ortak fasulye ebeveynleriyle bir veya daha fazla nesil geri melezleme ile geri kazanılabilir (Prendota ve ark., 1982; Pratt ve ark., 1985; Thomas ve Waines, 1984). İstisnai durumlarda, verimli melezler elde edilir (Honma 1956). *P. vulgaris* ve *P. acutifolius* arasındaki melez uyumluluk seviyesi, bazı popülasyonlarda mevcut olan iki tamamlayıcı dominant genin etkisi nedeniyle genotip tarafından güçlü bir şekilde etkilenir (Parker ve Michaels, 1986). Dişi ebeveyn olarak uyumlu kültür fasulye genotiplerinin seçilmesi türler arası melezlemeyi kolaylaştırır ve melez kalitesini artırır (Federici ve Waines, 1988). Singh (1991), *P. vulgaris* × *P. acutifolius* , *P. vulgaris* × *P. coccineus* ve diğer türler arası melezlemeler arasındaki F1 melez uyumsuzluğunun D1-1 ve D1-2 genlerinin varlığından kaynaklanabileceğini öne sürmüştür.

Dördüncül Gen Havuzu

Fasulye, *Phaseolus lunatus*, *P. carteri* Freytag ve Debouck, *P. filiformis* (Benth) ve *P. angustissimus* (A. Grey)'i içeren dördüncül gen havuzuna sahiptir. *P. filiformis* (Benth), *P. angustissimus* (A. Grey) ve *P. lunatus* arasında fasulye melezlemeleri denenmiştir, ancak bu raporların hiçbiri canlı ve verimli melez döllerin elde edilebileceğini

belgelememiştir. Bu nedenle, gen aktarımı amacıyla, bu türler fasulyenin dördüncül gen havuzuna dâhil edilmiştir. Fasulyenin kültür formları, belirli veya belirsiz büyüme alışkanlıklarına sahip tek yıllık otsu bitkilerdir. Çimlenme sırasında bitki ağırlıklı olarak kazık köklüdür ve adventif kökler taşır. Papilyonlu çiçekler aksiller ve terminal salkımlarda taşınır ve bir ila birçok çiçek taşıyabilir.

Singh (1982) adi fasulyenin büyüme alışkanlıklarını dörde ayırmıştır. Fasulyenin kararlı bitkileri (büyüme alışkanlığı I), terminal çift salkımdan önce ana gövdede 3-7 yaprağa sahip olabilir (Avrupa ve ABD'de erkencilik için seçilen 'çalı' veya 'bodur' çeşitlerde olduğu gibi) veya ana gövdede 7-15 (Orta Amerika) veya 15-25 (And) yaprağı olan birçok düğüme sahip olabilir (Debouck 1991). Fasulyede üç belirsiz büyüme alışkanlığı ayırt edilir (Schoonhoven ve Pastor- Corrales 1987):

Büyüme alışkanlığı II: dik bir gövde ve dallarla genellikle kılavuz olmadan dik büyüme,

Büyüme alışkanlığı III: Zayıf ve secde eden gövde ve çok sayıda dala sahip çalı alışkanlığı; kısa veya uzun bir kılavuza ve değişken tırmanma yeteneğine sahip

Büyüme alışkanlığı IV: Uygun bir tutucu üzerinde desteklenirse tırmanır, zayıf, uzun ve bükülmüş bir gövde ve azaltılmış dallanma ile büyüme

P. vulgaris'te çimlenme epigealdir ve 16 °F toprak sıcaklığında 5-7 gün gerektirir. Çiçeklenme zamanı çeşide, sıcaklığa ve fotoperiyoda göre değişir. Çiçeklenme genellikle ekimden 28-42 gün sonra başlar, ancak yüksek rakımda yetiştirilen tırmanıcı çeşitler arasında önemli ölçüde gecikir. Büyüme alışkanlığı I olan çeşitlerde çiçeklenme çok kısa bir zaman diliminde yoğunlaşır (genellikle 5-6 gün). Bazı çeşitler ilk

çiçeklenmeden sonra ek düğümler üreterek 15-30 gün boyunca çiçeklenmeye yol açar. Üretilen tüm çiçeklerin üçte ikisi absisyona uğrayabilir ve sıcaklık ya da su stresi altında genç meyveler ve/veya gelişmekte olan tohumlar da dökülebilir. Absisyon, üst düğümlerde ve dallarda oluşan salkımlar arasında ve bir salkım içinde en geç oluşan salkımlar arasında en yüksektir (CIAT 1975). Tohum bağlama süreleri, kararlı çeşitlerde ve kararlı olmayan tırmanıcı çeşitlerde 23 ila 50 gün arasında değişebilir. Fizyolojik olgunluk (tohum kuru maddesinde daha fazla artışın gerçekleşmediği aşama), kısa bir büyüme mevsimi altında yetiştirilen erken olgunlaşan çeşitlerin ekiminden sonra 60-65 gün içinde ortaya çıkabilir veya daha serin yayla yüksekliklerinde yetiştirilen tırmanıcı çeşitlerde 200 güne kadar uzayabilir (Graham ve Ranalli 1997).

KAYNAKLAR

- Baggett, J.R. (1956). The inheritance of resistance to strains of bean yellow mosaic virus in the interspecific cross *Phaseolus vulgaris* × *P. coccineus*. *Plant Dis Rep* 40:702–707
- Becerra-Velásquez, V.L., Gepts, P. (1994). RFLP diversity in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Genome* 37:256–263
- Beebe, S., Skroch, P., Tohme, J., Duque, M.C., Pedraza, F., Nienhuis, J. (2000). Structure of genetic diversity among common bean landraces of middle American origin based on correspondence analysis of RAPD. *Crop Sci* 40:264–273
- Beebe, S., Rengifo, J., Gaitán-Solís, E., Duque, M.C., Tohme, J. (2001). Diversity and origin of Andean landraces of common bean. *Crop Sci* 41:854–862
- Bemis, W.P., Kedar, N. (1961). Inheritance of morphological abnormalities in seedlings of two species of *Phaseolus*. *J Hered* 52:171–178
- Berglund-Brucher, O., Brucher, H. (1976). The South American wild bean (*Phaseolus aborigineus* Burk.) an ancestor of common bean. *Econ Bot* 30:257–272
- Blair, M.W., Giraldo, M.C., Buendía, H.F., Tovar, E., Duque, M.C., Beebe, S.E. (2006). Microsatellite marker diversity in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Theor Appl Genet* 113:100–109
- Blair, M.W., Diaz, J.M., Hidalgo, R., Diaz, L.M., Duque, M.C. (2007). Microsatellite characterization of Andean races of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Theor Appl Genet* 116:29–43
- Blair, M.W., González, L.F., Kimani, P.M., Butare, L. (2010). Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. *Theor Appl Genet* 121:237–248
- Blair, M.W., Hurtado, N., Sharma, P.N. (2012a). New genederived simple sequence repeat markers for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Mol Ecol Res* 12:661–668
- Blair, M.W., Soler, A., Cortes, A.J. (2012b). Diversification and population structure in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *PLoS One* 7(11):e49488

- Bozoğlu, H., Sözen, Ö. (2011). A Sample for biodiversity in Turkey: Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces from Artvin. *African Journal of Biotechnology* 10 (63): 13789–13796
- Broughton, W.J., Hernandez, G., Blair, M.W., Beebe, S.E., Gepts, P., Vanderleyden, J. (2003). Beans (*Phaseolus* spp.): model food legumes. *Plant Soil* 252:55–128
- Brucher, H. (1988). The wild ancestor of *Phaseolus vulgaris* in South America. In: Gepts P (ed) Genetic resources of *Phaseolus* beans: their maintenance, domestication, evolution and utilization. Kluwer, Dordrecht, pp 185–214
- Burkart, A. (1941). Sobre la existencia de razas silvestres de *Phaseolus vulgaris*. *Resol. Y Trab. I Ren. Argent. Agron., Buenos Aires*, p 52
- Burkart, A., Brucher, H. (1953). *Phaseolus aborigineus* Burkart, die mutmassliche andine Stammform der Kulturbohne. *Zuchter* 23:65–72
- Camarena, F., Baudoin, J.P. (1987). Obtention des premiers hybrides interspecificques entre *Phaseolus vulgaris* et *Phaseolus polyanthus* avec le cytoplasme de cette derniere forme. *Bull Rech Agron Gembloux* 22:43–55
- Chacon, M.I., Gonzalez, A.V., Gutierrez, J.P., Beebe, S., Debouck, D.G. (1996). Increased evidence for common bean (*Phaseolus vulgaris*) domestication in Colombia. *Ann Rep Bean Improv Coop* 39:201–202
- Chacón, M.I., Pickersgill, S., Debouck, D.G. (2005). Domestication patterns in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and the origin of Mesoamerican and Andean cultivated races. *Theor Appl Genet* 110:432–444
- CIAT (1975). Annual report. http://www.ciat.cgiar.org/beans/drought_tolerance05.htm
- Çilesiz, Y., Nadeem, M. A., Gürsoy, N., Kul, R., Karaköy, T. (2023). Assessing the cooking and quality traits diversity in the seeds of faba bean germplasm. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 47(4), 448-466.
- Debouck, D.G. (1991). Systematics and morphology. In: van Schoonhoven A, Voyasset O (eds) Common beans: research for crop improvement. CAB International/CIAT, Wallingford/Cali, pp 55–117
- Debouck, D.G. (1999). Diversity in *Phaseolus* species in relation to the common bean. In: Singh SR (ed) Common bean improvement in the 21st century. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, pp 25–52

- Debouck, D.G., Smartt, J. (1995). Beans. In: Smartt J, Simmonds NW (eds) Evolution of crop plants, 2nd edn. Longman, Harlow, pp 287–294
- Debouck, D.G., Toro, O., Paredes, O.M., Johnson, W.C., Gepts, P. (1993). Genetic diversity and ecological distribution of *Phaseolus vulgaris* (*Fabaceae*) in northwestern South America. *Econ Bot* 47:408–423
- Delgado-Salinas, A. (1985). Systematics of the genus *Phaseolus* (*Leguminosae*) in North and Central America. Ph.D. dissertation. University of Texas, Austin, p 363
- Delgado-Salinas, A., Bruneau, A., Doyle, J.J. (1993). Chloroplast DNA phylogenetic studies in New World *Phaseolinae* (*Leguminosae* ; *Papilionoideae* ; *Phaseoleae*). *Syst Bot* 18:6–17
- Delgado-Salinas, A., Turley, T., Richman, A., Lavin, M. (1999). Phylogenetic analysis of the cultivated and wild species of *Phaseolus* (*Fabaceae*). *Syst Bot* 24:438–460
- Díaz, L.M., Blair, M.W. (2006). Race structure within the Mesoamerican gene pool of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as determined by microsatellite markers. *Theor Appl Genet* 114:143–154
- Evan, A.M. (1976). Beans. In: Simmonds NW (ed) Evolution of crop plants. Longman, London, pp 168–172
- Federici, C.T., Waines, J.G. (1988). Interspecific hybrid compatibility of selected *Phaseolus vulgaris* L. lines with *Phaseolus acutifolius* A. Gray, *Phaseolus lunatus* L., *Phaseolus fii lififormis* Benth. *Ann Rep Bean Improv Coop* 31:201–202
- Freyre, R., Ríos, R., Guzmán, L., Debouck, D., Gepts, P. (1996). Ecogeographic distribution of *Phaseolus spp.* (*Fabaceae*) in Bolivia. *Econ Bot* 50:195–215
- Freytag, G.F., Debouck, D.G. (2002). Taxonomy, distribution and ecology of genus *Phaseolus* (*Leguminosae* - *Papilionoideae*) in North America, Mexico and Central America. *Sida, Botanical Miscellany* 23. Botanical Research Institute of Texas [BRIT], Forth Worth, p 298
- Gepts, P. (1998). Origin and evolution of common bean: past events and recent trends. *Hortic Sci*, 33(7):1124–1130
- Gepts, P., Bliss, F.A. (1985). F1 hybrid weakness in the common bean: differential geographic origin suggests two gene pools in cultivated bean germplasm. *J Hered* 76:447–450

- Gepts, P., Bliss, F.A. (1988). Dissemination pathways of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) deduced from phaseolin electrophoretic variability, II: Europe and Africa. *Econ Bot* 42(1):86–104
- Gepts, P., Debouck, D. (1991). Origin, domestication and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Van Shoonhoven A, Voysest O (eds) Common beans: research for crop improvement. Commonwealth Agricultural Bureau, Wallingford, pp 7–53
- Gepts, P., Osborn, T.C., Rashka, K., Bliss, F.A. (1986). Electrophoretic analysis of phaseolin protein variability in wild form and landraces of common bean, *Phaseolus vulgaris*: evidence for multiple centers of domestication. *Econ Bot* 40:451–468
- Graham, P.H., Ranalli, P. (1997). Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Field Crop Res* 53:131–146
- Hamann, A., Zink, D., Nagl, W. (1995). Microsatellite fingerprinting in genus *Phaseolus*. *Genome* 38:507–515
- Hammer, K. (1984). Das domestication syndrome. *Kulturpflanze* 32:11–34
- Harlan, J.R. (1971). Agricultural origins. Centers and noncenters. *Science* 174:468–474
- Honma, S. (1956). A bean interspecific hybrid. *J Hered* 47:217–220
- Hoover, E.E., Brenner, M.L., Ascher, P.D. (1985). Comparison of development of two bean crosses. *Hortic Sci* 20:84–86
- Hucl, P., Scoles, G.J. (1985). Interspecific hybridization in common bean. A review. *Hortic Sci* 20:352–357
- Ibrahim, A.M., Coyne, D.P. (1975). Genetics of stigma shape, cotyledon position and flower color in reciprocal crosses between *Phaseolus vulgaris* L. × *Phaseolus coccineus* (Lam.) and implications in breeding. *J Am Soc Hortic Sci* 100:622–626
- Islam, F.M., Beebe, S., Muñoz, M., Tohme, J., Redden, R.J., Basford, K.E. (2004). Using molecular markers to assess the effect of introgression on quantitative attributes of common bean in the Andean gene pool. *Theor Appl Genet* 108:243–252
- Jaaska, V. (1996). Isozyme diversity and phylogenetic affinities among the *Phaseolus* beans (*Fabaceae*). *Plant Syst Evol* 200:233–252

- Kami, J., Becerra, V., Debouck, D.G., Gepts, P. (1995). Identification of presumed ancestral DNA sequences of phaseolin in *Phaseolus vulgaris*. *Proc Natl Acad Sci* 92:1101–1104
- Karaköy, T., Toklu, F., Karagöl, E. T., Uncuer, D., Çilesiz, Y., Ali, A., Nadeem, M.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.
- Khairallah, M., Sears, B., Adams, M. (1992). Mitochondrial restriction fragment length polymorphisms in wild *Phaseolus vulgaris* L.: insights on the domestication of the common bean. *Theor Appl Genet* 84:915–922
- Koenig, R., Gepts, P. (1989a). Allozyme diversity in wild *Phaseolus vulgaris*: further evidence for two major centers of genetic diversity. *Theor Appl Genet* 78:809–817
- Koenig, R., Gepts, P. (1989b). Segregation and linkage of genes for seed proteins, isozymes, and morphological traits in common bean (*Phaseolus vulgaris*). *J Hered* 80:455–459
- Koinange, E.M.K., Gepts, P. (1992). Hybrid weakness in wild *Phaseolus vulgaris* L. *J Hered* 83:135–139
- Koinange, E.M.K., Singh, S.P., Gepts, P. (1996). Genetic control of the domestication syndrome in common bean. *Crop Sci* 36:1037–1045
- Kornegay, J., White, J.W., Ortiz de la Cruz, O. (1992). Growth habit and gene pool effects on inheritance of yield in common bean. *Euphytica* 62:171–180
- Kuiper, M., Shutes, L., Van Meijl, H., Oudendag, D., Tabeau, A. (2020). Labor supply assumptions-A missing link in food security projections. *Global Food Security*, 25, 100328.
- Kwak, M., Gepts, P. (2009). Structure of genetic diversity in the two major gene pools of common bean (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae). *Theor Appl Genet* 118:979–992
- Kwak, M., Kami, J.A., Gepts, P. (2009). The putative Mesoamerican domestication center of *Phaseolus vulgaris* is located in the Lerma-Santiago basin of Mexico. *Crop Sci* 49:554–563

- Lackey, J.A. (1983). A review of genetic concepts in American *Phaseolinae* (*Fabaceae*, *Faboideae*). *Iselya* 2:21–64
- Liaca, V., Delgado, S.A., Gepts, P. (1994). Chloroplast DNA as evolutionary marker in the *Phaseolus vulgaris* complex. *Theor Appl Genet* 88:642–652
- Lioi, L. (1989). Geographical variation of phaseolin patterns in an old world collection of *Phaseolus vulgaris*. *Seed Sci Technol* 17:317–324
- MacBryde, F.W. (1947). Cultural and historical geography of southwest Guatemala, Publication no. 4. Institute of Social Anthropology, Smithsonian Institution, Washington, DC, p 25
- Manshardt, R.M., Bassett, M.J. (1984). Inheritance of stigma position in *Phaseolus vulgaris* × *Phaseolus coccineus* hybrid populations. *J Hered* 75:45–50
- Marechal, R., Mascherpa, J., Stanier, F. (1978). Etude taxonomique d'un groupe complexe d'especes des genres *Phaseolus* et *Vigna* (*Papilionaceae*) sur la base de donnees morphologiques et polliniques, traitees par l' analyse informatique. *Memories des Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Geneve*. Boissiera, Geneva 28:1–273
- Menjia-Jimenez, A., Munoz, C., Jacobsen, H.J., Roca, W.M., Singh, S.P. (1994). Interspecific hybridization between common and tepary beans: increased hybrid embryo growth, fertility and efficiency of hybridization through recurrent and congruity back crossing. *Theor Appl Genet* 88:324–331
- Mumba, L.E., Galwey, N.W. (1998). Compatibility of crosses between gene pools and evolutionary classes in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Genet Resour Crop Evol* 45:69–80
- Mumba, L.E., Galwey, N.W. (1999). Compatibility between wild and cultivated common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes of the Mesoamerican and Andean gene pools: evidence from the inheritance of quantitative characters. *Euphytica* 108:105–119
- Nakashima, K., Yanagihara, S., Muranaka, S., Oya, T. (2022). Development of sustainable technologies to increase agricultural productivity and improve food security in Africa. *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ*, 56(1), 7-18.

- Ocampo, C.H., Martin, J.P., Sanchez- Yelamo, M.D., Ortiz, J.M., Toro, O. (2005). Tracing the origin of Spanish common bean cultivars using biochemical and molecular markers. *Genet Resour Crop Evol* 52:33–40
- Ockendon, D.J., Currah, L., Taylor, J.D. (1982). Transfer of resistance to halo blight (*Pseudomonas phaseolicola*) from *Phaseolus vulgaris* to *Phaseolus coccineus*. *Ann Rep Bean Improv Coop* 25:84–85
- Ortwin-Sauer, C. (1966). *The early Spanish man*. University of California Press, Berkeley
- Parker, J.P., Michaels, T.E. (1986). Simple genetic control of hybrid plant development in interspecific crosses between *Phaseolus vulgaris* and *Phaseolus acutifolius* A. Gray. *Plant Breed* 97:315–323
- Pratt, R.C., Bressan, R.A., Hasegawa, P.M. (1985). Genotypic diversity enhance recovery of hybrids and fertile backcrosses of *Phaseolus vulgaris* L. × *P. Acutifolius* A. Gray. *Euphytica* 34:329–344
- Prendota, K., Baudoin, J.P., Marechal, R. (1982). Fertile allopolyploids from cross the *Phaseolus acutifolius* × *Phaseolus vulgaris*. *Bull Rech Agron Gembloux* 17:177–189
- Pueyo, J.J., Delgado-Salinas, A. (1997). Presence of alphaamylase inhibitor in some members of the subtribe *Phaseolinae* (*Phaseoleae* = *Fabaceae*). *Am J Bot* 84:79–84
- Purseglove, J.W. (1976). The origin and migrations of crops in tropical Africa. In: Harlan JR, de Wet JMJ, Stemler ABL (eds) *Origin of African plant domestication*. Mouton, The Hague, pp 293–309
- Santalla, M., Rodino, A.P., de Ron, A.M. (2002). Allozyme evidence supporting Southwestern Europe as a secondary center of genetic diversity for the common bean. *Theor Appl Genet* 104:34–944
- Schmit, V., du Jardin, P., Baudoin, J.P., Debouck, D.G. (1993). Use of chloroplast DNA polymorphism for the phylogenetic study of seven *Phaseolus* taxa including *P. vulgaris* and *P. coccineus*. *Theor Appl Genet* 87:506–516
- Sharma, P.N., Diaz, L.M., Blair, M.W. (2013). Genetic diversity of two Indian common bean germplasm collections based on morphological and microsatellite markers. *Plant Genet Resour* 11:121–130

- Shii, C.T., Mok, M.C., Temple, S.R., Mok, D.W.S. (1980). Expression of developmental abnormalities in hybrid of *Phaseolus vulgaris* L. interaction between temperature and allelic dosage. *J Hered* 71(4):218–222
- Singh, S.P. (1982). A key for identification of different growth habits of frijol *Phaseolus vulgaris* L. *Ann Rep Bean Improv Coop* 25:92–95
- Singh, S.P. (2001). Broadening the genetic base of common bean cultivars. *Crop Sci* 41:1659–1675
- Singh, S.P., Gutierrez, J.A. (1984). Geographical distribution of DL1 and DL2 genes causing hybrid dwarfism in *Phaseolus vulgaris* L. their association with seed size and their significance in breeding. *Euphytica* 33(2):337–345
- Singh, S.P., Molina, A. (1996). Inheritance of crippled trifoliolate leaves occurring in interracial crosses of common bean and its relationship with hybrid dwarfism. *J Hered* 87(6):464–469
- Singh, S.P., Gepts, P., Debouck, D.G. (1991a). Races of common bean (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae). *Econ Bot* 45:379–396
- Singh, S.P., Gutierrez, A., Molina, A., Urrea, C., Gepts, P. (1991b). Genetic diversity in cultivated common bean: II Marker- based analysis of morphological and agronomic traits. *Crop Sci* 31:23–29
- Singh, S.P., Nodari, R., Gepts, P. (1991c) Genetic diversity in cultivated common beans. I. Allozymes. *Crop Sci* 31:19–23
- Singh, S.P., Debouck, D.G., Roca, W.M. (1997). Successful interspecific hybridization between *Phaseolus vulgaris* L. and *Phaseolus costaricensis* Freytag & Debouck. *Ann Rep Bean Improv Coop* 40:40–41
- Singh, S.P., Cardona, C., Morales, F.J., Pastor-Corrales, M.A., Voysest, O. (1998). Gamete selection for upright carioca bean with resistance to five diseases and a leafhopper. *Crop Sci* 38:666–672
- Smartt, J. (1970). Interspecific hybridization between cultivated American species of the genus *Phaseolus*. *Euphytica* 19:480–488
- Smartt, J. (1979). Interspecific hybridization in grain legumes: a review. *Econ Bot* 33:329–337
- Smartt, J. (1990). Grain legumes. Evolution and genetic resources. Cambridge University Press, Cambridge, p 379

- Smartt, J., Haq, N. (1972). Fertility and segregation of amphidiploid *Phaseolus vulgaris* L. × *Phaseolus coccineus* L. and its behaviour in backcrosses. *Euphytica* 21:496–591
- Sonnante, G., Stockton, T., Nodari, R.O., Becerra Velásquez, V.L., Gepts, P. (1994). Evolution of genetic diversity during the domestication of common-bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Theor Appl Genet* 89:629–635
- Sözen, Ö., Karadavut, U. (2017). Determination of yield and yield components of some dry bean (*Phaseolus vulgaris* L) genotypes grown in Central Anatolia ecological conditions. *Scholars Bulletin* 3 (11): 603–609
- 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
- Sullivan, J.G., Freytag, G. (1986). Predicting interspecific compatibilities in beans (*Phaseolus*) by seed protein electrophoresis. *Euphytica* 35:201–209
- Thomas, C.V., Waines, J.G. (1984). Fertile backcross and allotetraploid plants from crosses between tepary beans and common beans (*Phaseolus acutifolius*, *Phaseolus vulgaris*). *J Hered* 75:93–98
- Tohme, J., González, O., Beebe, S., Duque, M.C. (1996). AFLP analysis of gene pools of a wild bean core collection. *Crop Sci* 36:1375–1384
- Toro, O., Tohme, J., Debouck, D.G. (1990). Wild bean (*Phaseolus vulgaris* L): description and distribution. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali
- van Reheenen HA, Muigai SGS, Kitivo DK (1979) Male sterility in beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Euphytica* 28:761–763
- Vekemans, X., Hardy, O., Berken, B., Fofana, B., Baudoin, J.P. (1998). Use of PCR-RFLP on chloroplast DNA to investigate the phylogenetic relationships in the genus *Phaseolus*. *Biotechnol Agro Soc Environ* 2:128–134
- Verdecourt, B. (1970). Studies in the *Leguminosae-Papilionoideae* for the flora of tropical East Africa. IV. *Kew Bull* 24:507–569
- Vieira, A.L., Patto Ramalho, M.A., dos Santos, J.B. (1989). Crossing incompatibility in some bean cultivars utilized in Brazil. *Rev Brasil Genet* 12:169–171
- Zagorcheva, L., Poriázov, I. (1983). Hybrid development and fertility in *Phaseolus vulgaris* × *Phaseolus coccineus*. *Ann Rep Bean Improv Coop* 26:92–93

Zhang, X., Blair, M.W., Wang, S. (2008). Genetic diversity of Chinese common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces assessed with simple sequence repeat markers. *Theor Appl Genet* 117:629–640

BÖLÜM 2

BİTKİ GEN KAYNAKLARININ BİYOTEKNOLOJİDEKİ ÖNEMİ: FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L.) ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Yeter ÇİLESİZ¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14285693>

¹ Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sivas, Türkiye E-mail: ycilesiz@sivas.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4313-352X>

1. BİTKİ GEN KAYNAKLARININ ÖNEMİ

İnsanlığın var olduğu günden itibaren genetik kaynaklar keşfedilmeye başlanmış ve başlangıçta yerel bitkilerden oluşan küçük bahçelerde yetiştiricilik yapılmıştır. Göç, seyahat, coğrafi keşifler vb. gibi farklı nedenlerle bu genetik kaynaklar dünya coğrafyasına yayılmıştır (Bruinsma, 2009). Farklı coğrafyalara ait özellikleri koruyarak nesiller boyu taşınması, yüksek düzeyde varyasyon içeren gen havuzuna sahip olması ve istenilen özelliklere sahip yeni çeşitlerin geliştirilmesine olanak sağlaması bitki genetik kaynaklarını oldukça önemli kılmaktadır. Artan nüfusun ihtiyaç duyduğu sağlıklı gıdayı temin edebilmek için tarımsal üretimin ve ürün veriminin artırılması gerekmektedir. Bu amaç kapsamında yeni çeşitlere ve bu yeni çeşitleri geliştirebilmek için de ıslah çalışmalarında bitkisel gen kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır (Altındal ve Akgün, 2015; Nadeem ve ark., 2021; Çilesiz, 2023). Bitki gen kaynaklarının önemini vurgulayan genetikçi Rus bilim adamı Nikolai I. Vavilov (1926) bitkilerin orijin merkezleri konusunda yürüttüğü çalışmada, bitkilerin geniş varyasyon sergilediği bölgeleri gen merkezi olarak kabul etmiştir. Ayrıca bitkilerin kültüre alınmadan önce belirli bir bölgeden ıslah edildiğini ve o türe ait yabani varyetelerin de o bölgede bulunduğunu ifade etmiştir. Böylece bitki gen kaynaklarının doğal yayılış alanlarıyla olan ilişkisi açık bir şekilde ifade edilmiştir (Karagöz ve ark., 2016). Kültüre alınarak geçmişten günümüze kadar ulaştırılan gen kaynakları, ıslah programlarına dahil edilerek yeni çeşit geliştirme çalışmalarında oldukça kıymetli kaynaklar olarak değerlendirilmektedir (Bürün, 2021; Öztürk ve ark., 2021).

Bitki gen kaynakları üç grupta (yabani – yerel – modern) değerlendirilmektedir:

Yabani formlar: Belirli bölgelerde (doğal koşullarında) yayılış gösteren, kültüre alınmamış, ekonomik değeri düşük fakat ıslah çalışmalarında gen kaynağı olarak kullanılan önemli bitki formlarıdır (Özgen ve ark., 1995). Dünya çapında yayılış gösteren yabani kaynakların farklı coğrafyalara ait özellikleri yansıtması onları oldukça değerli kılmaktadır.

Yerel çeşitler: Çiftçinin üretim yaptığı süreçte kendi beğenisi doğrultusunda seleksiyonla ıslah ettiği, yetiştiği bölgenin çevresel şartlarına adapte olmuş kalitesi yüksek çeşitlerdir. Yerel çeşit kaynakları: yetiştiriciliğini yapan çiftçiler ve bazı gen bankalarıdır. Eski zamanlardan beri kültüre alınarak korunmuş olan bu çeşitler; çevre koşullarına uyum ve evrimsel süreçle ilgili olarak genetik çeşitlilik açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Bu çeşitler genetik farklılık bakımından zengin olduğu için gelişen biyoteknolojik yöntemler kullanılarak üstün nitelikli çeşitlerin geliştirilmesinde kaynak olarak kullanılmaktadır (Altındal ve Akgün, 2015; Sözen ve Bozoğlu, 2016).

Modern Çeşitler: Bu varyeteler oldukça yüksek performansa sahiptirler. Yeni çeşitlerin geliştirilmesinde ve tarımsal uygulamalarda tercih edilmektedirler (Tan ve Taşkın, 2009). İklim değişikliği, patojenler, hastalıklar ve çevresel faktörler bitki gelişimini olumsuz etkilemektedir. Modern çeşitler bu noktada çevre koşullarına adapte olmuş yeni alternatif çeşitlerin geliştirilmesine olanak tanımaktadırlar. Tohum şirketleri çeşit geliştirme konusunda etkin bir rol oynamaktadır.

Çünkü bu firmalar artan rekabet temelinde üreticilerin ihtiyaçları doğrultusunda yeni çeşitler elde etmek için tohum geliştirmeyi hedeflemektedirler (Salgotra ve Chauhan, 2023). Gelişen teknoloji genetik kaynakların tarımsal üretimde kullanılmasına olanak tanımaktadır.

2. BİTKİ GEN KAYNAKLARI BAKIMINDAN TÜRKİYE

Türkiye bitki genetik kaynakları yönünden özel bir konuma sahip olup, üç farklı gen merkezinin (Avrupa-Sibirya, Akdeniz, İran-Turan) kesişme noktasındadır.



Şekil 1. Türkiye'nin sahip olduğu gen merkezleri

Bitki gen kaynakları bakımından Türkiye'de 167 familya, 1320 cins, 9996 tür ve 11707 adet bitki alt türü bulunmaktadır (Karagöz ve ark., 2016). Tarih boyunca insanlar yaklaşık 5000 bitki türü ile ihtiyaçlarını karşılamışlardır. Ancak günümüzde, tarımda belirli türlerin dışındakiler pek tercih edilmediğinden bitki türleri de zamanla yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalmıştır (Haspolat ve ark., 2016; Salgotra ve Chauhan, 2023).

3. BİTKİ GEN BANKALARI

Genetik kaynak niteliğindeki bitki materyalinin yayılış ve çeşitlilik gösterdiği ortamdan toplanarak genetik çeşitliliğin korunması ve devam ettirilmesi amacıyla, muhafaza altına alındığı, özel depolama koşullarına sahip kuruluşlara “Bitki Gen Bankası” denilmektedir. Dünyada bitkisel gen kaynaklarıyla ilgili kuruluşlar: FAO (Gıda Tarım Organizasyonu), UNEP (Birleşmiş Milletler Çevre Programı) ve CGIAR (Uluslararası Tarımsal Araştırmalar İstişare Grubu). Gen bankalarının çalışma prensipleri şu şekildedir:

Kaynak Toplama: Genetik çeşitlilik yönünden olabildiğince fazla materyal toplanarak materyalin ekolojik özellikler yönünden dağılımı belirlenir.

Materyalin Değerlendirilmesi: Yeterli miktarda taze ve temiz materyal sağlamak için üretim yapılarak örnekler üzerinde karakter belirleme çalışmalar yapılır.

Üretim ve Yenileme: Stokta yeteri kadar tohum olmadığında, ve çimlenme oranı belli düzeyin altına (% 50-80) düştüğünde üretim yapılır.

Karakter Belirleme: Materyalin genetik yapısını çözümlemek için bitki ıslahçılarının yararlanabileceği şekilde karakter belirleme çalışmaları yapılır.

Bilgi Depolama (Dökümantasyon): Bitkisel gen kaynaklarının depolandığı gen bankalarında materyal üzerinde yapılan değerlendirme sonuçları depolama merkezinde depolanır. Bu bilgiler çeşitli kullanım

alanlarına gerekli kaynağı sağlayacak şekilde kataloglar haline getirilerek yayınlanır.

Bitki gen bankalarının görevleri şunlardır:

- Gen kaynaklarının yurt içi ve yurt dışında talep eden kuruluşlara dağıtımı
- Uluslararası ilişkilerde ülkesini temsil etmek ve elde edilen bilgileri ilgili kuruluşlara iletmek
- Temel ve aktif koleksiyonları oluşturmak, muhafaza etmek, koleksiyon bahçeleri kurmak, kurulmasına yardımcı olmak, muhafazaya alınan materyalin emniyet açısından tekrarlarını kurmak
- Ülke bitki genetik kaynaklarının toplama, üretim, yenileme ve değerlendirme programlarını organize etmek, uygulamaya koymak ve gerçekleşmesini sağlamak
- Doğada nesli tükenmekte olan bitkilerin kaybının önlenmesi için önerilerde bulunmak
- Ülkedeki bitkisel araştırma programlarına yurt dışındaki gen bankalarından materyal temin ederek introduksiyon çalışmalarına katkıda bulunmak

4. FASULYE GEN KAYNAKLARI KULLANILARAK YAPILAN MORFOLOJİK VE MOLEKÜLER ÇALIŞMALAR

Çirka ve Çiftçi (2016), Doğu Anadolu Bölgesi'nin güneyinde (Hakkâri, Bitlis, Bingöl, Malatya, Muş, Van, Elâzığ, Tunceli) taze tüketime uygun olarak yetiştiriciliği yapılan fasulye gen kaynaklarının toplanması, bakla özelliklerinin belirlenmesi ve ümitvar hatların

seçilmesi amacıyla 2009 ile 2011 yılları arasında yürüttükleri çalışmada tekselele seleksiyon yöntemiyle ümitvar hatlar belirlemiştir. 4F-89 ve Helinda Gold (sırık taze çeşit) ve Yalova-5 ve Yalova-17 (bodur taze çeşit) standart çeşitleri kontrol çeşitler olarak kullanılmıştır. Bakla özellikleri bakımından ümitvar olarak seçilen ve bu hatlar arasında 415 ve üzeri puan alan 18 hat makalede ele alınmıştır. Yürütölen bu çalışma sonucunda baklaları tamamen taze tüketime uygun hatlar seçilmiştir.

Çancı ve ark. (2019), Batı Anadolu Bölgesi'nde 10 farklı ilde üretilen 156 önemli yerel fasulye genotipini 2015 yılında toplamış ve genotipler arasındaki biyolojik çeşitliliği araştırmak ve karakterize etmek için 2016 yılında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde tarla denemesi kurmuştur. İncelenen karakterler açısından en yüksek bitki başına tane verimi MGL-30 (145.6 g), MGL-38 (101.7 g), ANT-43 (87.8 g) ve MGL-26 (81.9 g) genotiplerinden elde edilmiştir. Temel bileşen analizinde, 17 bileşen yerel fasulye genetik kaynaklarındaki varyasyonun %74.9'unu izah etmiştir. Morfolojik özellikler kullanılarak üretilen benzerlik dendogramı genotipleri iki ana gruba (A ve B) ve dört alt gruba (A1, A2, B1 ve B2) ayırmıştır. Morfolojik özellikler açısından en uzak gruplarda yer alan MGL-01, KTH-01, MNS-01 ve ANT-13 ile UŞK-01, ANT-01, MGL-05 ve AYD-02 genotipleri kullanılarak melezleme ıslahı ile yeni çeşitler geliştirilebileceği belirtilmiştir.

Bozoğlu ve Sözen (2007), Artvinin ilçe ve köylerinden yerel fasulye çeşitleri toplayarak, tane renk ve şekillerine göre 400 farklı örnek oluşturmuştur. Tohum verimini etkileyen bazı agronomik özelliklerin tespiti amacıyla yürüttükleri bu çalışmada bitki boyunun 20-310 cm, bitkide bakla sayısının 1-163 adet, bitkide tane veriminin 1-99 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda oluşturulan populasyonun

gerek kuru tane gerekse taze tüketim amaçlı çeşit geliştirme ve ıslah çalışmalarında kullanılabileceği bildirilmiştir.

Bozoğlu ve Sözen (2011), Artvin'de yetiştirilen yerli fasulye çeşitlerinin özelliklerini belirlemek amacıyla 279 farklı lokasyondan örnek toplamıştır. Bu tohumlar şekil ve renklerine göre 400 örnek grubuna ayrılmıştır. On bir adet tek renkli ve 21 adet iki veya çok renkli tohum grubu belirlenmiştir. 100 tohum ağırlığı dikkate alındığında popülasyonun %64,68'inin 25-40 gr arasında; %30,69'unun ise 40 gr'ın üzerinde olduğu bulunmuştur. Çalışma sonucunda incelenen karakterler bakımından varyasyonun fazla olması nedeniyle Artvin ilinde yetiştirilen yerel çeşitlerin ıslah programlarında kullanılabilecek zengin genetik kaynaklar olduğu belirtilmiştir.

Sözen ve ark. (2018a), 2011-2015 yıllarında Samsun (Ambarköprü ve Gelemen) ve Kırşehir (Mucur ve Cogun) lokasyonlarında çevre faktörlerinin kuru fasulye üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yürüttükleri çalışmada 20 kuru fasulye genotipini (7 çeşit ve 13 saf hat) bitki materyali olarak kullanmıştır. Sonuçlar G5, G11 ve G15 genotiplerinin ideal genotiplere yakın olduğunu göstermiştir. Yıllar arasındaki iklim değişikliklerinin verim parametrelerini etkilediği sonucuna varılmıştır.

Sözen ve ark. (2018b), kuru fasulye genotiplerinin verim unsurları bakımından farklı ortamlara verdikleri yanıtları belirlemek amacıyla, 7 kayıtlı hat ve 13 ileri hat olmak üzere toplam 20 kuru fasulye genotipi ile 2011-2015 yılları arasında çalışmayı yürütmüştür. Çalışmada çevre olarak yıllar tanımlanmıştır. Ekimler iklim koşullarına bağlı olarak değişmekle birlikte beş yıllık süre boyunca tüm ekimler Mayıs ayında yapılmıştır. Sonuç olarak, bitki başına tohum verimi 21,7-42,1 g, bitki

başına tohum sayısı 43,7-162,2 adet ve 100 tane ağırlığı 22,9-45,7 g arasında değişim göstermiştir. Genotiplerin stabilite açısından değerlendirilmesinde; Onceler 98, Akdağ ve A.27 genotiplerinin bitki başına tohum verimi bakımından, A.20, A.21, Onceler 98, Göynük 98 ve Zülbiye genotiplerinin bitki başına tohum sayısı bakımından, Yunus 90 genotipinin ise 100 tane ağırlığı bakımından daha stabil olduğu belirlenmiştir.

Kan ve ark. (2019a), Türkiye'de bölgesel düzeyde (sekiz il) kuru fasulye yerel çeşitleri (YFK) üreten çiftçilerin üretime ilişkin görüşlerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada, YFK üreticileri toplam 140 anket formu doldurmuştur. İşletmelerin üretim tiplerine göre sermaye yapıları Beş Sermaye Modeli yaklaşımı kullanılarak değerlendirilmiş, farklılıklar parametrik ve parametrik olmayan istatistiksel yöntemlerle test edilmiştir. Çalışmada YFK üreticilerinin %37,86'sının ev-bahçe tipi, %62,14'ünün ise 0,1 ha'dan büyük tarla tipi üretim yaptığı görülmüştür. Ev-bahçe tipi üreticiler çoğunlukla kendi ailelerinin ihtiyaçları için üretim yaparken, tarla tipi üreticiler için ticari düşünceler ve kaygılar ön plandadır. Tarla tipi üreticiler beş sermaye açısından daha yüksek değerlere sahipken, ev-bahçe tipi üreticiler daha geleneksel bir üretim şekli içerisinde hareket etmektedir. Her iki tip üreticinin yaklaşık %25'inin çocuklarının DBL üretmeye devam edeceği yönündeki bu gösterge, daha fazla insan emeğine ihtiyaç duyulduğunu, verimlilik ve karlılık endişelerinin bulunduğunu, çoğunlukla yaşlı nüfus tarafından yapılan üretimin DBL-genetik kaynaklarında gelecekte tükenme riskini artırdığını göstermektedir. Çalışma neticesinde “genç nüfus arasında genetik kaynakların önemi ve korunması konusunda farkındalığı artırmak ve politika yapıcılar tarafından genetik kaynakların korunması

için özel politikalar yapmak ve genetik kaynaklara dayalı modeller geliştirmek için daha fazla çaba gösterilmesini gerektiği” bildirilmiştir.

Kan ve ark. (2019b), yaptıkları çalışmada, Orta Kızılırmak Vadisi’nde yerel kuru fasulye popülasyonları (YKFP) üretimi yapan 140 üretici ile yüz yüze görüşerek anket soru formları doldurmuştur. Üreticiler tarla tipi üretim (TTÜ) yapan ve bahçe tipi üretim (BTÜ) yapanlar olarak iki gruba ayrılmıştır. Bu çalışma ile YKFP üreticilerinin bu popülasyonları tercih nedenleri ve üretmiş oldukları YKFP’nin genel karakteristikleri ortaya konulmuştur. Ayrıca üreticilerin bu tür yerel ürünlere ekonomik (kırsal kalkınmanın ekonomik boyutu) ve genetik kaynak (doğal kaynak) açısından bakış açıları araştırılmıştır. Sonuç olarak, araştırma bölgesinde üreticilerin iki yıllık üretim dönemleri değerlendirilmiş ve yerel kuru fasulye ekim alanında daralmanın olduğu (yaklaşık %50) tespit edilmiştir. Yerel popülasyonların ve genetik kaynakların korunmasında küçük çiftçilerin önemli rol oynadığı ve daha hassas oldukları ve bu değerlerin korunmasında ve sürdürülebilir kullanımında ekonomik potansiyeli göz önüne alan çalışmalara ve politikalara ihtiyaç olduğu belirlenmiştir.

Sözen ve ark. (2012), Batı Karadeniz Bölgesindeki farklı özelliklere sahip fasulye popülasyonlarının toplanarak agronomik özelliklerin ortaya konmasını amacıyla 2009 yılında Batı Karadeniz Bölgesi sınırları içinde yer alan 5 il, 16 ilçe ve 42 köyden 57 adet popülasyon toplamıştır. Toplanan popülasyonlar tohum şekli ve renkleri dikkate alınarak 106 adet alt örneğe ayrılmıştır. Bu çalışma sonucunda fasulyenin hemen hemen her köyde ve her çiftçi tarafından küçük alanlarda olsa bile yetiştirildiği tespit edilmiş olup fasulyede ticari çeşit

girişinin olmadığı ve toplanan materyalin yerel olduğu sonucuna varılmıştır.

Sözen ve Bozoğlu (2013b), Artvin İli'nin su altında kalacak alanları başta olmak üzere ilin genelindeki mevcut yerel fasulye populasyonlarının toplanarak çeşitliliğinin belirlenmesi amacıyla yürüttükleri çalışmada 2004 yılında bir ön gezi, 2005 yılında ise tohum toplama gezisi yapmıştır. 7 ilçedeki 74 köy gezilmiş 279 noktadan fasulye tohum örneği ile fasulye tarımının durumunu belirlemek için bilgi toplanmıştır. Toplanan tohumlar, tohum şekli ve rengi/renkleri dikkate alınarak 400 adet alt örneğe ayrılmıştır. Tohum rengi ve şekli bile bölgenin çeşitlilik açısından ne kadar zengin olduğunun ipuçlarını vermiştir. Toplanan bilgilerden fasulyenin hemen her köyde ve her çiftçi tarafından küçük alanlarda yetiştirildiği, ticari çeşit girişinin olmadığı ve çoğu materyalin yerel olduğu sonucu çıkarılmıştır. Özellikle merkez ilçeye bağlı Ortaköy (Berta)'de yetiştirilen kuru fasulyenin ülkenin en önemli lokantalarına satıldığı ve fasulyenin bölgenin en önemli tarla bitkilerinden biri olduğu sonucuna varılmıştır.

Sözen ve Bozoğlu (2013a), Artvin ilinden seçilmiş 74 köyden toplam 279 örnek almıştır. Materyallerin tohum iriliği ve rengine göre 400 genotip gruplandırmıştır. Bu genotipler Samsun'da ekilmiştir. Genotiplerin betimlemesi IBPGR ve EUCPVO tarafından geliştirilen morfolojik betimleme kriterlerine göre yapılmıştır. Bazı önemli agronomik özellikler eklenerek toplam 68 gözlem yapılmıştır. Renkli tohum üreten tüm genotiplerden 54 genotipin bodur, 15s genotipinin yarı bodur ve 78s genotipinin tırmanıcı olduğu belirlenmiştir. Artvin ilinin yerel fasulye çeşitlerinin morfolojik çeşitliliğini belirlemek amacıyla toplanan materyal beyaz ve renkli tohumlular olmak üzere iki gruba

ayrılmıştır. 145 beyaz tohumlu ve 147 renkli tohumlu genotip Kümeleme analizine tabi tutulmuş ve dendogramlar oluşturulmuştur. Kümeleme analizi sonucunda renkli tohuma sahip fasulye genotiplerinin 26 alt grup oluşturduğu belirlenmiştir. Elde edilen tüm veriler bu materyalin zengin bir çeşitliliğe sahip olduğunu ve hem kuru hem de taze tüketim olarak geliştirilen yeni çeşitler hem de farklı yetiştirme amaçları için kullanılabileceğini göstermiştir.

Sözen ve ark. (2014a), Orta Karadeniz Bölgesi'nde 4 il, 15 ilçe ve 41 köyden 54 adet yerel fasulye populasyonu toplamıştır. Toplanan fasulye populasyonları tohum şekli ve renkleri dikkate alınarak 72 adet alt örneğe ayrılmıştır. 72 adet alt örneğin 12-14/05/2010 tarihlerinde Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün deneme arazisinde ekimleri gerçekleştirilmiş olup alt örneklerin morfolojik karakterizasyonları sonucunda 25 adedinin bodur, 41 adedinin yarı sarılıcı, geriye kalan 6 adedinin ise sarılıcı tip formunda oldukları tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen karakterizasyon verileri ile toplanan populasyonların birer seti Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün bünyesinde bulunan Ulusal Gen Bankası'na teslim edilerek mevcut bitkisel çeşitliliğin geleceğe aktarılmasına katkıda bulunulmuştur.

Sözen ve ark. (2014b), yaptıkları çalışmada Orta Karadeniz Bölgesi sınırları içinde yer alan Samsun, Tokat, Amasya ve Çorum illeri ile bu illere bağlı 14 ilçe ve 41 köyden 54 adet yerel fasulye materyalinin toplayarak ve morfolojik varyabiliteyi belirlemeyi hedeflemiştir. Morfolojik varyabilitenin belirlenebilmesi amacıyla Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsünde 2010 yılında, her bir genotipten 68 adet gözlem alınmış olup karakterizasyonları gerçekleştirilen fasulye populasyonları

ABA (Ana Bileşen Analizi) ve Cluster (Kümeleme) analizine tabi tutularak dendrogram oluşturulmuştur. Uygulanan cluster analizinde fasulye genotiplerinin 14 grupta toplandıkları belirlenmiştir. Bu gruplar incelendiğinde 12 adet ile Grup N en fazla genotipe sahip olurken; 2'şer adet ile A, J, K ve M'nin ise en az genotipe sahip gruplar oldukları belirlenmiştir. ABA ve Cluster analizi sonucunda gerek kalitatif gerekse kantitatif özelliklerde görülen varyasyon tanımlamaları gerçekleştirilen genotiplerin çeşit geliştirme ve ıslah çalışmaları içine alınabileceğini ortaya koymuştur.

Sözen ve ark. (2012), 2009 yılında Batı Karadeniz Bölgesi sınırları içinde yer alan 5 il, 16 ilçe ve 42 köyden 57 adet popülasyon toplamıştır. Toplanan popülasyonlar tohum şekli ve renkleri dikkate alınarak 106 adet alt örneğe ayrılmıştır. Bu çalışma sonucunda fasulyenin hemen hemen her köyde ve her çiftçi tarafından küçük alanlarda olsa bile yetiştirildiği tespit edilmiş olup fasulyede ticari çeşit girişinin olmadığı ve toplanan materyalin yerel olduğu sonucuna varılmıştır.

Akdağ ve Düzdemir (2001), Türkiye kuru fasulye gen kaynaklarının bazı morfolojik ve fenolojik özelliklerinin belirlenmeyi amaçladıkları çalışmada, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Gen Bankası Koleksiyonlarından sağlanan 56 adet kuru fasulye genotipini kullanmıştır. Denemede genotiplerin 41 tanesinin sarılcı ve 15 tanesinin bodur formda olduğu, 33 tanesinin tane dökmediği ve 18 tanesinin çok fazla tane döktüğü belirlenmiş ve tane şekli olarak 6 farklı grup olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, tane boylarının 9.20-19.40 mm, tane kalınlıklarının 4.35-8,54 mm, tane genişlikleri 6.27-11.99 mm,

çiçeklenme periyotları 22.75-50.50 gün ve vejetasyon sürelerinin ise 108.50-146.00 gün arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Akbulut ve ark. (2014), Burdur ekolojik koşullarında yetiştirilen, biri standart çeşit olmak üzere toplam 12 fasulye genotipini morfolojik ve fenolojik özellikler bakımından karakterize etmek amacıyla yürüttükleri çalışmada; genotiplerin morfolojik, fenolojik ve kalite özelliklerini UPOV kriterlerini esas alarak belirlemiştir. Elde edilen verilere göre, çeşitler arasında bazı karakterler bakımından önemli düzeyde varyasyon olduğu ve bu yüzden ıslah çalışmaları için kaynak materyal olarak kullanılma potansiyeline sahip oldukları sonucuna varılmıştır.

Yeken ve ark. (2019), Türkiye'nin Batı Anadolu Bölgesi'ndeki farklı fasulye yetiştirme alanlarından toplanan yerel kuru fasulye genotipleri, ile yaptıkları çalışmada IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute) & EU-CPVO (European Union Community Plant Variety Office) ve TTSM (Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi) tarafından belirtilen çeşit tanımlama kriterlerine göre 53 morfolojik özellik yönünden tanımlamıştır. Fasulye genotiplerinin kalitatif ve kantitatif özellikler bakımından belirgin farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Analizler sonucunda tane verimi ile bitki boyu, bitkide bakla sayısı, baklada tane sayısı arasında anlamlı ve önemli düzeyde ilişkiler tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçların ıslah çalışmalarına büyük oranda katkı sağlayacağı belirtilmiştir.

Bilir (2014), yaptıkları çalışmada 102 adet fasulye (93 yerel fasulye genotipi, 7 tescilli fasulye çeşidi ile 2 referans çeşit) genotipi kullanarak 15 SSR belirteciyle genetik çeşitliliklerine bakmış ve genetik orijinlerini belirlemiştir. Genotiplere ait DNA kimlik bilgileri, allel

sayısı, beklenen ve gözlenen heterozigotluk oranı, tespit olasılığı, sessiz allel frekansı belirlenmiştir. Tüm genotipler için sinonim/homonim durum olmadığı, ayırım gücünün en yüksek olduğu lokusların BM175 ve BM160, benzerlik oranının yerel genotiplerde ve tescilli çeşitlerde düşük olduğu belirlenmiştir. Son olarak çalışmada kullanılan materyalin büyük çoğunluğunun And Dağları gen havuzuna ait olduğunu ve ıslah çalışmaları için kaynak teşkil edebileceğini belirtmiştir.

Balkaya ve Yanmaz (2003), 15 fasulye çeşit adayının ve 5 ticari taze fasulye çeşidinin moleküler markör kullanarak tanımlanmaları üzerinde bir araştırma yapmışlardır. Laboratuvar koşullarında SDSPAGE tekniği kullanılarak çeşit ve çeşit adaylarının protein bantları çıkarılmıştır. Araştırma sonucunda çeşit adaylarının birbirlerinden ve mevcut çeşitlerden hem morfolojik özellikler hem de protein bant sayısı ile bant uzunlukları yönünden farklılık gösterdikleri ortaya konulmuştur.

Sarıkamış ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada 30 adet örnek (28 yerel genotip ve 2 adet ticari çeşit) kullanmışlardır. Örnekler üzerinde 12 adet SSR primer ile çalışılmıştır. Çalışma sonunda yapılan cluster analizinde iki dallanma meydana gelmiş ve genotipler arasındaki genetik benzerlik %98-100 arasında bulunmuştur. SSR primerlerinin kodominant marker olması ve yüksek polimorfizm göstermesinden dolayı genetik çeşitliliği belirlemede, genetik haritaların oluşturulmasında ve marker destekli seleksiyon çalışmalarına uygun olduğu bildirilmiştir.

Ulukapı ve Onus (2012), Toplam 39 (33'ü Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü hatları, 2 adedi bölgede yetiştirilen ticari çeşitleri, 2 adedi And dağları gen havuzunda ve 2 adedi Orta Amerika gen havuzuna ait) çeşitlerden oluşan fasulye genotiplerinde 22 adet SSR ve 6 adet

SCAR primerleri kullanılmıştır. Yapılan Cluster analizi sonucunda genotipler arası benzerlik indeksi %52-%98 arasında bulunmuş ve iki ana dallanma meydana gelmiştir. Çalışma sonunda genotipler And dağları gen havuzu ile yakın genetik ilişkiye sahip olduğu belirtilmiştir.

Khaidizar ve ark. (2012), 38 fasulye genotipi ile 12 ticari çeşit arasındaki genetik varyasyonu belirlemek amacıyla 30 SSR primeri kullanmıştır. Genotipler arası benzerlik indeksinin 0.218-0.759 arasında değişim gösterdiği rapor edilmiştir.

Erdoğan (2012), 96 fasulye genotipini materyal olarak kullandığı çalışmada hem morfolojik gözlem yapmış hem de 21 adet ISSR primeri ve 8 adet RAPD primeri kullanarak polimorfik bantlar elde etmiştir. Cluster analizi sonucunda benzerlik indeksi %26-%71 arasında bulunmuştur. Cluster analizi sonucu genotiplerin %52'si And dağları gen havuzuna ait, %48'inin ise Orta Amerika gen havuzuna ait olduğu bildirilmiştir.

Hasancaoğlu (2016)'nin çalışmasında, 38 adet fasulye (33 genotip ve 5 ticari çeşit) örneğini moleküler ve morfolojik olarak karakterize etmeye çalışmıştır. Bu amaçla 18 adet SSR primeri kullanmıştır. SSR-IAC116 primeri 0.90 ile en yüksek PBI değerini vermiştir. Lokus başına en fazla allel veren primer BM210 primeri olmuştur. Genotipler arası benzerlik katsayısı 0.41-0.97 arasında tespit edilmiştir.

Sarı ve ark. (2016), Karadeniz Bölgesi'nden toplanan farklı tohum rengine sahip yeşil fasulyenin bazı morfolojik karakterlerini ve genetik ilişkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri bir çalışmada biri kidney fasulyesi olmak üzere tek ve karışık renkli siyahtan beyaza farklı renkli toplam 39 yeşil fasulye aksasyonu kullanmışlardır. Moleküler analizde SRAP marker sistemi kullanılmış, 21 primer kombinasyonundan 138

band elde edilmiştir. Genotipler arasında toplam polimorfizm oranı %85.5 olarak bulunmuştur. Çalışmada yüksek seviyede morfolojik varyasyon bulunmasına rağmen, moleküler analiz temelinde dar genetik çeşitlilik tespit edildiği bildirilmiştir.

Erdinç ve ark. (2017), Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan 123 fasulye genotipinin antraknoza dayanıklılığını belirlemek amacıyla 7 yabancı antraknoza dayanıklı referans çeşit ile birlikte bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada SCAR ve RAPD markırları kullanmışlar, 21 yerli genotipin dayanıklı, 102 genotipin dayanıksız bulunduğunu belirlemişlerdir.

Türkiye'de fasulye üzerine moleküler ve morfolojik düzeyde pek çok çalışma yapılmıştır. Yapılan literatür çalışmaları değerlendirildiğinde, morfolojik karakterler kullanılarak yapılan çalışmaların çevre koşullarından etkilendiği, bu nedenle genotipler arasında çok sayıda grup oluştuğu görülmektedir. Moleküler düzeyde yapılan çalışmalarda ise moleküler markerlar kullanılarak fasulye genotiplerinin akrabalık düzeyleri ve hangi gen havuzunda olduğunu belirlemeye çalışılmıştır. Ülkemizdeki fasulye gen kaynaklarının yeni çeşit geliştirme çalışmalarında değerlendirilmesi ve alternatif tarım sistemlerinde kullanılması oldukça önem taşımaktadır (Balkaya ve Yanmaz, 2003; Aykaş ve ark., 2016; İlhan, 2017). Sonuç olarak; sahip olduğumuz genetik kaynakların korunması ve devamlılığı açısından klasik metodların yanısıra modernize biyoteknolojik yöntemlerin (moleküler destekli seleksiyon (MAS), gen klonlanması, gen aktarım teknikleri, transgenik hatların eldesi vb.) kullanılması ve ıslah çalışmalarına yön verilmesi oldukça faydalı olacaktır.

Kaynaklar

- Akbulut, B., Karakurt, Y., Tonguç, M. (2014). Fasulye genotiplerinin morfolojik ve fenolojik karakterizasyonu. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 30(4): 227-233.
- Akdağ, C., Düzdemir, O. (2001). Türkiye kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) gen kaynaklarının karakterizasyonu: 1. bazı morfolojik ve fenolojik özellikleri. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 2001(1).
- Altındal, D., Akgün, İ., (2015). Bitki genetik kaynakları ve tahıllardaki durumu. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1): 147-153.
- Aykas, L., Taş, N., Adanacıoğlu, N., Erdinç, O., Umut, Ö. (2016). Ulusal tohum gen bankası. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26(2): 44-50.
- Balkaya, A., Yanmaz, R. (2003). Bazı taze fasulye çeşit adayları ile ticari çeşitlerin morfolojik özellikler ve protein markörler yoluyla tanımlanmaları. *Journal of Agricultural Sciences*, 9(02):182-188.
- Balkaya, A., Yanmaz, R. (2003). Bazı taze fasulye çeşit adayları ile ticari çeşitlerin morfolojik özellikler ve protein markörler yoluyla tanımlanmaları, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 9(2):182-188.
- Bilir, Ö. (2014). Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genetik kaynaklarının mikrosatellit DNA belirteçlerine dayalı genetik analizi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bozoğlu, H., Sözen, Ö. (2007). Some agronomic properties of the local population of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) of Artvin province. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31(5): 327-334.
- Bozoglul, H., Sözen, O. (2011). A sample for biodiversity in Turkey: Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces from Artvin. *African Journal of Biotechnology*, 10(63): 13789-13796.
- Bruinsma, J. (2009). The Resource Outlook to 2050: By How Much Do Land, Water and Crop Yields Need to Increase by 2050? FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050, 24-26 June, pp. 1-30, (<https://www.fao.org/3/ak971e/ak971e.pdf>), (Erişim Tarihi: 28.09.2023).

- Bürün, B. (2021). Bitki biyoçeşitliliğinin korunmasında biyoteknolojinin kullanımı ve Türkiye'deki çalışmalar. *Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 10(1): 1-16.
- Çancı, H., Bozkurt, M., Kanta, F., Yeken, M.Z., Özer, G., Çiftçi, V. (2019). Batı Anadolu fasulye genetik kaynaklarının biyolojik çeşitliliğinin araştırılması ve karakterizasyonu. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*.
- Çilesiz, Y. (2023). Türkiye'nin farklı yörelerinden toplanan fasulye gen kaynaklarında, a vitamini ile ilişkili genotipik çeşitliliğin ve DArTseq markörlerinin belirlenmesi.
- Çirka, M., Çiftçi, V. (2016). Doğu Anadolu'nun güneyinde yetiştirilen taze fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) gen kaynaklarının toplanması ve bakla özelliklerinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2): 135-145.
- Erdinc, C., Turkmen, O., Demir, S., Sensoy, S., 2017. Determination of the anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. and Magn.) Lambs. Scrib.) resistance in some Turkish bean genotypes by artificial inoculation and molecular methods. *JAPS, Journal of Animal and Plant Sciences*, 27(1): 175-185.
- Erdinç, Ç. (2012). Türkiye'deki bazı fasulye genotipleri arasındaki genetik çeşitliliğin ve antraknoz hastalığına (*Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Lambs. Scrib.) dayanıklılığın fenotipik ve moleküler yöntemlerle belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Van, 225s.*
- Hasancaoğlu, E.M. (2016). Ordu ili fasulye genotiplerinin morfolojik ve moleküler karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Haspolat, G., Şenel, Ü., Gökkür, S., Kesici, A. (2016). Türkiye süs bitkileri genetik kaynakları. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26(2): 51-64.
- İlhan, D. (2017). Bitki biyoteknolojisinde genetik kaynakların önemi. *Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2): 134-144.
- Kan, M., Kan, A., Sözen, Ö., Karadavut, U., Yağmur, M. (2019a). Evaluation of the farms producing dry bean landraces by capital approach in the Middle Kızılırmak Valley of Turkey. *Plant Genetic Resources*, 17(5): 391-400.

- Kan, M., Sözen, Ö., Kan, A., Karadavut, U., Yağmur, M. (2019b). Orta Kızılırmak Vadisi'nde üretici şartlarında yerel kuru fasulye popülasyonlarının doğal kaynak ekonomisi açısından genel değerlendirilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(3): 389-398.
- Karagöz, A., Özbek, K., Sarı, N., 2016. Türkiye'nin bitkisel biyolojik çeşitliliğinin korunması ve sürdürülebilir kullanımına ilişkin sorunlar ve çözüm önerileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(1): 88-99.
- Khaidizar, M.I., Haliloglu, K., Elkoca, E., Aydın, M., Kantar, F., 2012. Genetic diversity of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces grown in northeast Anatolia of Turkey assessed with simple sequence repeat markers. *Turkish Journal Of Field Crops*, 17: 145–150.
- Nadeem, M.A., Yeken, M.Z., Shahid, M.Q., Habyarimana, E., Yılmaz, H., Alsaleh, A., ... & Baloch, F.S. (2021). Common bean as a potential crop for future food security: an overview of past, current and future contributions in genomics, transcriptomics, transgenics and proteomics. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 35(1): 759-787.
- Özgen, M., Adak, S., Karagöz, A., Ulukan, H. (1995). Bitkisel gen kaynaklarının korunma ve kullanımı. Türkiye Ziraat Mühendisliği 4. Teknik Kongresi, 9-13 Ocak 1995, Ankara, Ziraat Bankası Kültür Yayınları.
- Öztürk, S.D.K., Yıldırım, B.Ş., Yıldız, H., Tek, A.L. (2021). Geçmişten günümüze genetik ve kromozom mühendisliği çalışmalarının sürdürülebilir tarım ve bitki ıslahına katkısı. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(1): 246-258.
- Salgotra, R.K., Chauhan, B.S. (2023). Genetic diversity, conservation, and utilization of plant genetic resources. *Genes*, 14(1): 174.
- Sarıkamış, G., Yaşar, F., Bakır, M., Kazan, K., Ergül, A. (2009). Genetic characterization of green bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes from eastern Turkey. *Genetics and Molecular Research*, 8(3): 880-887.
- Sarı, N., Solmaz, I., Simsek, O., Aka Kacar, Y. (2016). Morphological and genetic characterization of indeterminate green bean genotypes having different seed coat color collected from Turkey. In XXIX International Horticultural Congress

- on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014): 1127 (pp. 471-478)
- Sözen, Ö., Özçelik, H., Bozoğlu, H. (2012). Batı Karadeniz bölgesinden toplanan fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) popülasyonlarındaki biyoçeşitliliğin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, (1): 59-63.
- Sözen, Ö., Bozoğlu, H. (2013). Morphological variability of colored dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm from Artvin Province. *Greener Journal of Agricultural Science*, 3 (10): 697-701.
- Sözen, Ö., Bozoğlu, H. (2013). Artvin ilinde fasulye biyoçeşitliliği. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 22(1): 1-5.
- Sözen, Ö., Özçelik, H., Bozoğlu, H. (2014a). Domestic bean *Phaseolus vulgaris* L. populations collected from middle blacksea region are a research on biodiversity. *ADYUTAYAM Dergisi*, 2(1): 1-14.
- Sözen, Ö., Özçelik, H., Bozoğlu, H. (2014b). Orta Karadeniz bölgesinden toplanan yerel kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinde morfolojik varyabilitenin istatistiksel analizi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(1): 34-41.
- Sözen, Ö., Bozoğlu, H. (2016). The determination of some agronomic properties of lines selected among domestic dry bean populations collected from Kelkit Valley and Artvin province. *American Journal of Experimental Agriculture*, 12 (5): 1-11.
- Sözen, O., Karadavut, U., Ozcelik, H., Bozoglu, H., Akcura, M. (2018a). Genotype x environment interaction of some dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Legume Research-An International Journal*, 41(2): 189-195.
- Sözen, Ö., Karadavut, U., Akçura, M. (2018b). A study on the determination of the performance of some yield components in dry bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) in different environments. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27 (12): 8677-8686.
- Tan, A., Taşkın, T. (2009). Ege bölgesinde sebze olarak kullanılan yabani bitki türleri ve kullanım amaçları. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, Yayın No: 136, İzmir.

- Ulukapı, K., Onus, N.A. (2012). Selekte edilmiş bazı yerel taze fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin moleküler karakterizasyonu. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 18: 277-286.
- Vavilov, N.I. (1926). *Studies on the Origin of Cultivated Plants...* Institut de Botanique Appliquée et d'Amélioration des Plantes.
- Yeken, M.Z., Çiftçi, V., Çancı, H., Özer, G., Kantar, F. (2019). Türkiye'nin Batı Anadolu Bölgesi'nden toplanan yerel fasulye genotiplerinin morfolojik karakterizasyonu. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(1): 124-139.

BÖLÜM 3

KURU FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L.) YETİŞTİRİCİLİĞİ

Arş. Gör. Meliha Feryal SARIKAYA¹

Doç. Dr. Muhammad Azhar NADEEM²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14285699>

¹Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sivas, Türkiye, E-mail: fsarikaya@sivas.edu.tr, Orcid ID: 000-0001-7277-1128

²Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sivas, Türkiye, E-mail: manadeem@sivas.edu.tr@sivas.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-0637-9619

1. GİRİŞ

Dünya'da yaklaşık 400.000 bitki türü bulunmaktadır. Bitki türlerinin yaklaşık %5'i, protein açısından zengin olan ve baklagiller olarak bilinen Fabaceae (Leguminosae) familyasının üyeleridir. Fabaceae familyası, 770 cins ve dünya çapında yaygın olarak dağılan yaklaşık 20.000 tür içermektedir (Azani ve ark., 2017). Fabaceae familyası, proteinler ve bunların biyokimyasal türevleri gibi azotlu bileşiklerin temel biyolojik kaynağını sağlayan, atmosferik nitrojeni sabitleyebilen çeşitli toprak bakterileri ile simbiyotik ilişkileri mümkün kılan kök sistemlerine sahiptir. Baklagil türleri çok çeşitlidir ve ağaçlar, çalılar, asmalar ve yıllık bitkiler olmak üzere hemen hemen tüm karasal ekosistemlere uyum sağlayabilmektedir (Yahara ve ark., 2013).

2. TARIMSAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK AÇISINDAN BAKLAGİLLERİN FAYDALARI

2.1. Biyolojik Azot Fiksasyonu Yoluyla Azot Temini

Geçtiğimiz yıllarda inorganik azotlu gübrelerin optimum düzeyin üzerinde kullanılması yeraltı sularının nitratlar ile kirlenmesine sebep olmuştur. (Lv ve ark., 2019). Bu kirleticilerin, topraktan sızması ile yeraltı sularının kirlenmesi önemli çevre sorunlarından biri haline gelmiştir (Vinod ve ark., 2015; Zheng ve ark., 2019). Dolayısıyla yeraltı sularının nitratlarla kirlenmesini azaltmak için tarım alanlarında inorganik gübrelerin aşırı uygulamasının azaltılması ve/veya kompost gibi organik nitrojen kaynaklarının uygulanması oldukça önemli bir konu haline gelmiştir. Baklagillerin yeşil gübre olarak kullanılması veya ürün rotasyonu sistemlerine dahil edilmesi, daha yüksek mahsul verimine ve toprak kalitesinin iyileşmesine katkıda bulunarak, inorganik

azotlu gübrelere alternatif oluşturmaktadır (Castro ve ark., 2017; Ntatsi ve ark., 2018). Baklagillerin (örneğin bakla, mercimek, bezelye, nohut, vb.) biyolojik azot fiksasyonu 21 ile 311 kg ha⁻¹ arasında değişmektedir (Tablo 1). Baklagillerin N₂ sabitleme kapasitesi temel olarak bitki türü, genotip, simbiyotik bakteri (örneğin, *Rhizobium* spp.) türleri ve çevresel koşullar gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Büchi ve ark., 2015; Hossain ve ark., 2016; Akter ve ark., 2018; Ntatsi ve ark., 2018; Benjelloun ve ark., 2019; Ntatsi ve ark., 2019). Baklagillerin toprağın azot bakımından zenginleşmesine katkıda bulunmasından kaynaklı (De Notaris ve ark., 2018; Hansen ve ark., 2019) uygun ürün rotasyonu içerisinde kullanımının optimize edilmesi önemli bir konudur (Hansen ve ark., 2019; Rakotovololona ve ark., 2019).

Tablo 1. Yaygın olarak yetiştirilen baklagillerin biyolojik azot fiksasyon (BAF) kapasitesi (kg ha⁻¹)

Ortak ad	Bilimsel ad	BAF kg ha ⁻¹	Referanslar
Bakla	<i>Vicia faba</i> L.	118.6–311	Ntatsi ve ark., 2018; Pampana ve ark., 2018
Bezelye	<i>Pisum sativum</i> L.	36.6–125.3	Hossain ve ark., 2016; Ntatsi ve ark., 2019
Nohut	<i>Cicer arietinum</i> L.	21.0–103.6	Hossain ve ark., 2016
Mercimek	<i>Lens culinaris</i> Med.	23.0–86.8	Büchi ve ark., 2015; Hossain ve ark., 2016
Fasulye	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	16.3–71.9	Akter ve ark., 2018
Soya	<i>Glycine max</i>	90–95	Snapp ve ark., 2017
Börülce	<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.	36–75	da Silva Júnior ve ark., 2018

2.2. Baklagillerin Atmosfer ve Toprak Kalitesi Üzerindeki Etkileri

Baklagillerin topluma sağladığı birçok önemli fayda arasında, iklim değişikliğinin hafifletilmesine sağladığı katkılar da bulunmaktadır. Baklagiller ile azotlu gübrelerin kullanıldığı tarımsal sistemler karşılaştırıldığında karbondioksit (CO₂) ve nitroz oksit (N₂O) gibi sera

gazı emisyonlarının azaldığı (Angus ve ark., 2015) ve topraklardaki karbonun tutulmasında önemli bir rol oynayarak sistemdeki genel fosil enerji girdilerinin azaldığı bildirilmektedir (Angus ve ark., 1999).

2.3. Baklagillerin Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi

Baklagiller yüksek kaliteli protein içeriğine (%20-%25) sahip (Tilman ve ark., 2011) ve genellikle yetiştirilmeleri için daha az girdi ve kaynak gerektiren bitkilerdir (Sözen ve ark., 2018). Bu nedenle hayvansal proteinden daha az maliyetler ile üretilmektedir. Baklagillerin bazıları, herhangi bir sulama kaynağı olmadan yağmurla beslenen koşullarda yetiştirilmekte olup toprağa ve çiftçilere daha iyi getiri sağlamaktadır (Ram ve Meena, 2014). Diğer taraftan baklagiller toprağa azot ekleyerek ve topraktaki bağlı fosforu çözerek, topraktaki mikrobiyal popülasyonu çeşitlendirmekte dolayısıyla toprak verimliliğini ve sağlığını iyileştirmeye yardımcı olmaktadır. Bunlar, toprak karbon sekestrasyonunun artırılmasında ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasında önemli rol oynamaktadır (Roy ve ark., 2022).

Baklagillerin tarımsal rotasyonlara dahil edilmesi, tarım sistemlerinde gübre ve enerji kullanımının azaltılmasına ve dolayısıyla sera gazı emisyonlarının düşürülmesine yardımcı olmaktadır. N₂O, toplam atmosfer sera gazının yaklaşık %5-6'sını temsil etmektedir (Crutzen ve ark., 2016). Hem hayvansal hem de bitkisel üretim faaliyetleri, N₂O emisyonlarının yaklaşık %60 ile ana kaynağını temsil etmektedir (Change, 1995). Bu emisyonların çoğu azotlu gübrelerin uygulanmasından kaynaklanmaktadır (Reay ve ark., 2012). Her 100 kg N gübresi, yaklaşık 1 kg N₂O olarak yayılmaktadır (Jensen ve ark., 2012). Baklagil bitkilerini içeren rotasyonlarda azotlu gübre tasarrufları

(Reckling ve ark., 2014), yılda yaklaşık 277 kg ha⁻¹ CO₂ (1 kg N = 3,15 kg CO₂) civarında olmaktadır (Jensen ve ark., 2012).

2.4. Baklagillerin Toprak Özelliklerine Etkisi

Toprak organik maddesi büyük ölçüde toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin korunmasına ve iyileştirilmesine etki etmektedir. Baklagil ekimi, toprak mikrobiyal biyokütlesi, besin döngüsü, mineralizasyon olmak üzere çeşitli biyokimyasal süreçleri önemli ölçüde iyileştirmekte ve üretim sisteminin üretkenliğini ve sürdürülebilirliğini korumaya yardımcı olmaktadır (Deakin ve Broughton, 2009). Bu bitkiler, toprak mikrobiyal aktivitelerinin iyileştirilmesi ve toprak organik maddesinin birikmesiyle gelişmiş toprak oluşumu, toprak profili, toprak gözenekliliği, yapı ve agregasyon yoluyla toprağın fiziksel koşullarını iyileştirir (Lithourgidis ve ark., 2011). Ayrıca baklagil türleri önemli miktarda organik madde üretiminin yanı sıra sonraki ürünler için toprakta azot, fosfor ve potasyum gibi temel bitki besin elementlerinin uygun formda bulunmasını sağlamaktadır.

2.5. Tahıl Baklagillerinin Ekim Sistemlerindeki Rolü

Baklagiller, çevresel ve sosyoekonomik faydalar açısından rekabetçi ürünler olmakla birlikte modern ekim sistemlerine dahil edilme potansiyeline sahiptir. Modern ekim sistemleri, ürün çeşitliliğinin azalması ve aşırı dış girdi kullanımı (yani gübreler ve tarım kimyasalları) ile bağdaştırılmaktadır (FAO, 2011; Plaza-Bonilla ve ark., 2017). Baklagiller kendinden sonraki ürünün verimini desteklemekle kalmaz, aynı zamanda yabancı ot, zararlı ve hastalık etkilerini azaltır. Diğer taraftan toprak su mevcudiyetini ve organik maddeyi artırarak, toprak yapısını iyileştirir ve mikrobiyal aktiviteyi uyararak toprak sağlığını

iyileştirir. Dolayısıyla tüm tarımsal ekosistemi de destekler (Raseduzzaman ve Jensen, 2017). Baklagiller, inorganik azot gereksinimini azaltarak, çeşitli organik asitler ve şelatlayıcı maddeler salgılayarak fosfor çözünürlüğünü artırır. Bu durum mikrobiyal popülasyonu ve enzimatik aktiviteyi artırarak toprak verimliliğinin korunmasını sağlamaktadır (Wang ve ark., 2021).

2.6. Toprağın Erozyon ve Bozulmadan Korunması

İnsan faaliyetleri toprağın fiziksel, biyolojik ve kimyasal özellikleri üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. İnsan kaynaklı toprak bozulması, milyarlarca insanın gıda güvenliğini, üretimini, geçimini ve diğer ekosistem hizmetlerinin ve ürünlerinin bulunabilirliğini etkileme potansiyeliyle en ciddi ekolojik ve sosyoekonomik zorluklardan biri olarak ortaya çıkmaktadır. Dünya çapında ekili alanların yaklaşık %40'ı, yılda ortalama 5-7 milyon hektarlık bir oranda sürekli olarak bozulma süreçlerine maruz kalmaktadır (Mabit ve ark., 2014). Ayrıca, toprak erozyonu ile bağlantılı önemli ekonomik kayıplar vardır, çünkü besin açısından zengin üst topraklar erozyona en duyarlı olanlardır. Bu da tarımsal topraklardan önemli miktarda kayıplara neden olmaktadır (Kopittke ve ark., 2019). Bu gibi koşullarda, kurak, düşük besinli, tuzlu, alkali veya asidik topraklarda iyi gelişebilen yıllık ve çok yıllık baklagiller, mevcut ıslah araçları arasında en iyi seçeneklerdir (Franco ve Faria, 1997). Çeşitlilikleri ve daha fazla uyum sağlayabilmeleri nedeniyle, baklagiller dünyadaki hemen hemen her iklimde veya yerde yetiştirilebilmektedir.

3. BAKLAGİLLERİN BESLENMEDEKİ ÖNEMİ

3.1. İnsan Beslenmesindeki Önemi

Sağlıksız beslenme, küresel ölümlerin üçte ikisinden fazlasına neden olan kronik hastalıklar için birincil risk faktörüdür (Dünya Sağlık Örgütü [WHO], 2017, 2018, 2020). Uygun beslenme, bu risk faktörlerini (örneğin hiperglisemi, hiperlipidemi ve aşırı kilo/obezite) azaltabilir. Ancak, kötü beslenmeye yönelik genel eğilim, kronik hastalık oranlarını artırmaya devam ederek çok sayıda olumsuz sosyal ve ekonomik etkiye neden olmaktadır.

Kronik hastalık yükünü azaltmak için uygun maliyetli ve sürdürülebilir bir yaklaşım, kritik öneme sahiptir. Aşırı kalori tüketmeden beslenme önerilerini karşılamak, besin açısından yoğun gıdalara öncelik verilmesini gerektirmektedir. Baklagiller (yani kuru fasulye, nohut, kuru bezelye ve mercimek gibi yağsız baklagillerin kuru, yenilebilir tohumları) tam da böyle bir gıdanın başlıca örneğidir. Bitki bazlı protein ve potasyum gibi mikro besinler açısından zengindirler, doğal olarak yağ oranları düşüktür ve lif içeriği bakımından zengindir (Didinger ve Thompson, 2022). Dahası, ekonomiktir ve yaygın olarak bulunurlar, sürdürülebilir gıda sistemlerine kritik katkılarda bulunurlar, dünyanın dört bir yanında yetiştirilirler ve binlerce yıldır çeşitli mutfaklarda kullanılmaktadır. Bu durum, tüketicilerin bakliyatları sağlıklı bir gıda olarak genel olarak benimsemesiyle birleşince, bakliyatların günlük beslenme düzenlerine dahil edilmesinin halk sağlığını iyileştirmek için çok önemli ve ulaşılabilir bir yaşam tarzı uygulaması sağlamaktadır (Foyer ve ark., 2016).

3.2. Hayvan Beslenmesindeki Önemi

Tahıl baklagilleri, gelişmekte olan ülkelerde biyoyakıt endüstrisinde hayvan yemi ve substrat olarak önemli ölçüde kullanılmaktadır (Voisin ve ark., 2014). Hayvan yemlerinde önemli bir protein kaynağıdır, özellikle geviş getiren (ruminant) ve geviş getirmeyen üretim sistemlerinde amino asitleri dengelemek için kullanılırlar. Yaygın tahıl baklagillerinin içeriğindeki ham protein oranı ortalama %20-30 civarındadır. Karbonhidrat, antinutritif bileşikler ve kükürt içeren amino asitler açısından ise daha düşük değerlere sahiptir. Kaliteli yeşil ot, küçük tohumlu baklagillerden elde edilen konsantreler ve kuru ot veya taneleri, geviş getirmeyen hayvanlar için yem katkı maddesi olarak kullanılabilir (Kwiatkowska ve ark., 2017). Örneğin yağı çıkarıldıktan sonra soya fasulyesi tohumlarından elde edilen soya fasulyesi unu, yaklaşık %47-49 protein içermekte ve tavuk yetiştiriciliğinde en iyi amino asit kaynaklarından birini oluşturmaktadır. Bakla, %24'lük yüksek protein içeriğine sahiptir ve hayvan yeminde protein takviyesi olarak kullanılmaktadır.

4. FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L.)

Dünyada ılıman iklim kuşağında yetiştirilen kuru fasulye geniş bir adaptasyon alanına sahip olmakla birlikte Amerika ve Avrupa'da deniz seviyesine yakın alanlarda, Güney Amerika'da ise 3.000 metreden daha yüksek alanlarda üretimi yapılabilmektedir (Sözen ve ark., 2021). Bir bölgede yetiştirilen kuru fasulyede verim ve kaliteyi; fiziksel, (sıcaklık, yağış, gün uzunluğu, topografya, toprak tipi vs.), biyolojik (hastalık ve zararlılar) ve sosyo-ekonomik faktörler etkilemektedir (Pekşen, 2005). Dünyanın birçok yerinde çeşitli kuru fasulye çeşitleri yetiştirilmektedir.

Tablo 2, kuru fasulyelerin yetiştirildiği ve tüketildiği dünyanın farklı bölgelerini ve ülkelerini listelemektedir (Siddiq ve ark., 2011).

Türkiye, coğrafi yapısı ve ekolojik koşulları sebebiyle bitki gen kaynakları açısından önemli bir yere sahiptir. Dünyada 2 gen merkezinde (Yakın Doğu ve Akdeniz) bulunan nadir ülkelerden biridir (Şehirli ve Özgen, 1987). Türkiye'de 163 bitki familyası, 1255 bitki cinsi ve 9000 bitki türü bulunmaktadır. (Özgen, 2000). Ülkemizde, dünya ticaretinde önemli olan birçok tarım ürünü yetiştirilmektedir; bunların arasında birçok baklagil bitkisi de vardır. Bunlardan, yaygın fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) (Şekil 1) yakın zamanlarda (17.yy) Türkiye'ye getirilmiş ve geniş kullanım alanına sahip bir ürün haline gelmiştir (Bozoğlu ve Sözen 2011). Fasulye ile yapılan yemekler, ulusal Türk yemekleri olarak kabul edilir (Bozoğlu ve Sözen, 2007).

Tablo 2. Dünyanın farklı bölgelerinde kuru fasulye üreten ülkeler

Bölge	Ülkeler
Doğu Asya	Çin, Kamboçya, Endonezya, Japonya, Kore Cumhuriyeti, Myanmar, Filipinler
Güney Asya	Bangladeş, Hindistan, Nepal, Pakistan, Sri Lanka
Batı Asya/ Orta Doğu	İran, İsrail, Ürdün, Lübnan, Suudi Arabistan, Türkiye, Yemen
Kuzey Amerika	ABD, Meksika, Kanada
Orta Amerika ve Karayipler	Kosta Rika, Küba, Dominik Cumhuriyeti, El Salvador, Guatemala, Haiti, Honduras, Nikaragua, Panama
Güney Amerika	Arjantin, Bolivya, Şili, Kolombiya, Ekvador, Paraguay, Peru, Uruguay, Venezuela
Avrupa	Arnavutluk, Avusturya, Benelüks, Bulgaristan, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İtalya, Polonya, Portekiz, Romanya, İspanya, İsveç, Birleşik Krallık, eski SSCB (Rusya)
Doğu Afrika	Burundi, Etiyopya, Kenya, Ruanda, Somali, Sudan, Tanzanya, Uganda, Zaire
Batı Afrika	Cezayir, Mısır, Fas, Tunus

Güney Afrika

Angola, Lesotho, Madagaskar, Malavi, Güney
Afrika Cumhuriyeti, Svaziland, Zimbabve



Şekil 1. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)

Diğer birçok üründe olduğu gibi, Türkiye'de de son yıllarda fasulyenin ürün iyileştirme çalışmaları ve yeni geliştirilen çeşitleri artmıştır (Kan ve ark., 2019). Tüketici çeşitliliğine yönelik artan talepler, daha dengeli ve sağlıklı beslenme alışkanlıklarına olan ilgi, ülkenin ekolojik çeşitliliğinin boyutu ve tarımsal gelişmeye paralel kuru fasulyesinin yetiştiriciliğindeki tarımsal uygulamaların oldukça önemli olduğunu göstermektedir.

TSE ülkemizde yetiştirilen fasulyeleri kuru tane olarak botanik yapılarına göre (Geçit ve ark., 2018) çeşitlere ayırmıştır (Tablo 3) (Şekil 2).

Tablo 3. Botanik yapılarına göre ayrılan kuru fasulye çeşitleri

Çeşit İsimleri	Tane Rengi	Tane Şekli	Tane Boyutu
Tombul	Beyaz	Oval	Küçük
Çalı	Beyaz	Böbrek şeklinde	Büyük
Horoz	Beyaz	Uzun ve silindirik	Büyük
Dermason	Beyaz	Yassı olup bir uçları düz, diğer uçları yuvarlaktır.	Büyük
Selanik	Beyaz	Yandan basık ve uçları yuvarlak	Büyük
Battal	Beyaz	Böbrek şeklinde ve ovalimsi yassı	Büyük (Selanik çeşidinden daha büyüktür).
Şeker	Beyaz	Yuvarlak	Büyük
Barbunya	Düz bej zemin üzerinde kırmızı çizgili veya alacalı	Yuvarlağa yakın	Büyük
Bomba	Beyaz	Ovalimsi şişkin	Büyük (Battal çeşidinden daha büyüktür).



Şeker Fasulye



Barbunya



Horoz Fasulye



Dermason Fasulye



Bomba Fasulye

Şekil 2. Bazı fasulye çeşitlerine ait görseller

5. FASULYE YETİŞTİRİCİLİĞİ

5.1. İklim istekleri

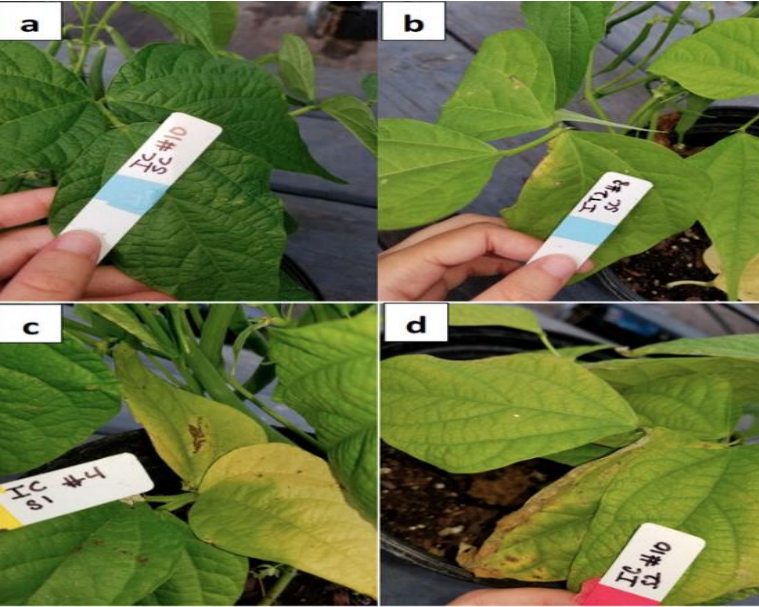
Kuru fasulye, genellikle ekimden sonra 65 ila 105 gün arasında olgunlaşa kısa sezonlu bir üründür (Coyne, 2000). Sıcak mevsim mahsulü olmasına rağmen, çok çeşitli iklimlerde yetiştiriciliği yapılmaktadır. Fasulye tüm kıtalarda, 52° K ile 32° G enlemleri arasında ve deniz seviyesinden 3000 m yüksek rakıma kadar yaygın olarak yetiştirilmektedir (Thung ve Rao, 1999). Verimler genellikle ılıman bölgelerde tropikal bölgelere göre daha yüksektir.

İlman bölgelerde daha çok sıcak mevsimde yetiştiriciliği yapılmaktadır (Fageria ve ark., 2010). Üretimin büyük bir bölümü sıcaklığın yaklaşık 21°C olduğu bölgelerde gerçekleştirilmektedir (Goldsworthy ve Fisher, 1984). Fasulye tohumları 15°C'den daha soğuk topraklarda zayıf bir şekilde çimlenmektedir (Kooistra, 1971). Toprak sıcaklığı 10 ila 11°C olduğunda fideler yaklaşık 17 gün sonra, 13-14°C'de 6 ila 8 gün sonra ve 15-16°C'de ise 5 gün sonra ortaya çıkmaktadır (Scarbrick ve ark., 1976). Genel olarak, çiçeklenme dönemindeki yüksek sıcaklıklar (>30°C) tomurcukların ve çiçeklerin düşmesine neden olmakta ve bu da verimi azaltmaktadır. Gece boyunca seyreden yüksek sıcaklık, gündüz sıcaklığına göre daha zararlıdır (Gross ve Kigel, 1994). Fasulye bitkisi dona karşı toleranssızdır ve 0°C veya daha düşük sıcaklıklara maruz kalma fasulye bitki dokularına zarar vermektedir Summerfield ve Bunting, 1980).

5.2. Toprak İstekleri

Fasulye hafif kumlu topraklardan ağır killi topraklara kadar değişik toprak tiplerinde yetişmektedir. Kolay ufalanan, derin, iyi drene edilmiş

topraklar yetiştiriciliği için daha idealdir. Kötü direne topraklarda çimlenme zayıf olmaktadır. En uygun toprak pH'ı 6,0-6,8 arasındadır. Bu değerin 5,2 nin altına düşmesi durumunda manganez zehirlenmesi görülebilmektedir. Değer 6,8-7,0' nin üzerine çıktığında ise manganez eksikliği görülebilmektedir. Fasulyenin çinko isteği oldukça yüksektir. Diğer taraftan fasulye özellikle yüksek tuz ve alkali konsantrasyonuna karşı duyarlıdır. Tuzluluk değeri 2 dS/m olan alanlarda verim kaybı görülmektedir. Tuzluluk değeri 3,5 dS/m' den fazla olan topraklarda ise önemli düzeyde verim kayıpları meydana gelmektedir (Garcia ve ark., 2019). Toprak tuzluluğunda bitkinin yapraklarının kenarlarında yaprak yanıklıkları meydana gelebilmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Fasulye yapraklarındaki değişen tuzluluk etkilerine ait görsel; (a) kontrol, koyu yeşil renk, (b) strese maruz kalmayan ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$), yaprak kenarlarında hafif kloroz etkisi, (c) tuz stresine maruz kalan ($1,0 \text{ dS m}^{-1}$) orta düzeyde kloroz, (d) çok strese maruz kalan ($2,0 \text{ dS m}^{-1}$) yaprak kenarlarının yanması (Garcia ve ark., 2019).

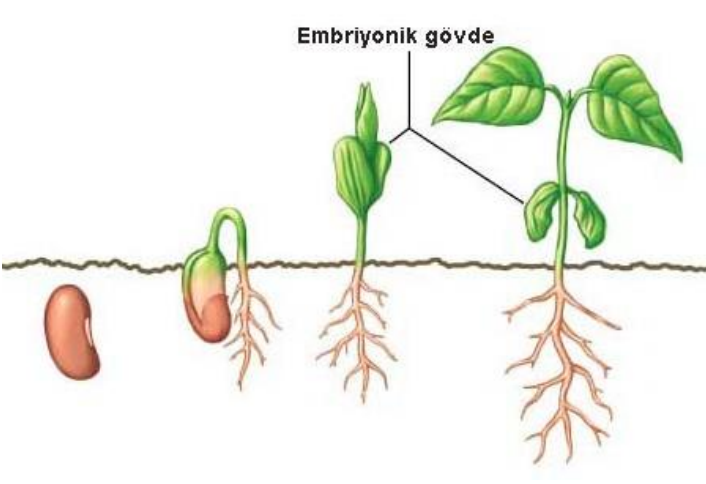
6. KÜLTÜRÜ

6.1. Toprak Hazırlığı

Kuru fasulye yetiştiriciliğinde uygun toprak işleme, yüksek verim ve kalite için çok önemlidir. Sonbahar toprak işleme, tahıllardan sonra gerçekleştirilecek ekimlerde, arazideki sapların sökülmesi amacıyla 10-15 cm derinlikte yapılmalıdır. Yabancı otların yoğun olduğu alanlarda derinlik en az 15 cm olmalıdır. Fasulye, diğer yemeklik baklagillere (börülce hariç) nazaran daha geç ekildiğinden, ilkbahar toprak işleminde toprak nemine ve yabancı otlarla mücadelede özen gösterilmelidir. İyi hazırlanmış keseksiz tohum yatağı, optimal çimlenme için elzemdir. Fasulye ekimi yapılacak alanlarda toprak, tav haline gelmez işleme tabi tutulmalıdır. Toprak işleme, Ekim'den önce iki kez yapıldığında üretim için daha faydalı olmaktadır. Nemli topraklar veya ağır killi topraklar erken ilkbaharda derin toprak işlemeyi gerektirir (Geçit ve ark., 2018).

6.2. Ekim Zamanı ve Yöntemleri

Fasulye ekimi bölgedeki son ilkbahar donlarından 3-4 gün önce başlamalı ve 15-20 gün içinde tamamlanmalıdır. Bu koşullar altında çıkış epigeal olarak 7-10 gün sonra gerçekleşir (Şekil 4). Fasulye ekiminde en basit yöntemlerden en modern tekniklere kadar çeşitli ekim yöntemleri kullanılmaktadır (Tablo 4).



Şekil 4. Epigeal çimlenme

Tablo 4. Kuru fasulye yetiştiriciliğinde kullanılan ekim yöntemleri

Ekim türü	Fasulye çeşidi	Sıra arası ve sıra üzeri mesafe	Ekim derinliği
Serpme ekim	Bodur ve yarı sırik	-	5-8 cm
Sıraya ekim	Bodur ve yarı sırik	40-45 x 20-25 cm	5-8 cm
Ocak usulü ekim	Bodur ve yarı sırik	70-80 cm x 25-30 cm	5-8 cm

Fasulye yetiştiriciliğinde en uygun ekim yöntemi, bu amaçla tasarlanmış 40-100 cm aralıkla iki veya daha fazla sıra ekim gerçekleştirebilen makinelerle uygulanır. Bu mibzerler, fasulye, şeker pancarı, mısır ve pamuk ekimi yapabilmektedir. Ekim derinliği, ağır topraklarda 2,5-5,0 cm, hafif topraklarda ise 5,0-10,0 cm'dir (Geçit ve ark., 2018).

6.3. Tohumluk

Tohumluk temiz olmalı, zayıf, bozuk ve kırık tanelerden arınmış; çimlenme güçleri %80-95 arasında ve sertifikalı olmalıdır. Tohumluk

miktarı, çeşidin bodur, yarı bodur, ekim yöntemine ve tohum büyüklüğüne bağlı olarak değişiklik gösterir. Ocak usulü ekimlerde 6-19 kg da⁻¹ arasında değişim gösterir. Sıraya ekimlerde küçük taneli çeşitler 6-7 kg da⁻¹ orta büyüklüklükteki çeşitlerde 7-10 kg da⁻¹ tohum kullanılır. İklim ve toprak çeşitlere bağlı olarak bodur formlarda normal sıklıkta 6-17 kg da⁻¹ tohumluk kullanılmaktadır (Geçit ve ark., 2018).

6.4. Gübreleme

Karlı bir fasulye üretimi için, toprak verimliliği oldukça önemlidir. Büyüme mevsimi boyunca, bitki besin elementi stresinin önlenmesi, optimum üretimi sağlayarak olumsuz çevre koşullarının etkisini azaltır. En uygun gübre türü ve seviyesini belirlemek için ekimden önce toprak analizi yapılması gerekmektedir.

6.4.1. Makro Besin Elementleri

Azot: Azot, bitki büyümesi için gerekli olan başlıca bitki besin elementlerinden biridir. Amino asitler, proteinler (enzimler), nükleik asitler ve klorofil dahil olmak üzere canlı hücrelerde bulunan çok sayıda önemli bileşiğin bileşenidir. Tarımsal ekosistemler de dahil olmak üzere çoğu ekosistemin verimliliği, azotun bulunabilirliğine bağlıdır. Tüm temel bitki besinleri arasında N, bitki büyümesi için niceliksel olarak en önemli olanıdır. Çoğu mahsulün büyük miktarlarda N'ye ihtiyacı vardır ve bu nedenle gübre şeklinde N uygulaması daha yüksek mahsul verimi elde etmek için esastır. Azot beslenmesi yaprak büyümesini ve yaprak alanı süresini ve dolayısıyla karbonhidrat kaynağı boyutunu, birim yaprak alanı başına fotosentez oranını ve dolayısıyla kaynak aktivitesini ve vejetatif ve üreme depolama organlarının sayısını ve boyutunu ve nihayetinde fotosentez ürünlerinin işleme kapasitesini etkilemektedir.

(Engels ve ark., 1995). N eksikliği olan bitkilerin fotosentez oranları daha düşük olmakta ve sonuç olarak daha az kuru madde biriktirerek daha düşük verime sahip olmaktadır. Azot, kuru madde verimini, tane verimini ve verim bileşenlerini önemli ölçüde etkilemektedir (Fageria ve ark., 2010).

Fasulyenin biyolojik azot fiksasyon kapasitesinin artırılması, düşük N verimliliğinde verimi artırmanın alternatif bir yolu olarak önerilmektedir (Buttery ve ark., 1992). Kuru fasulye, 3 ila 125 kg N ha⁻¹ aralığında değişen fiksasyon oranlarıyla nodülasyon ve N₂ fiksasyonu açısından zayıf olarak kabul edilmektedir (Graham ve Ranalli, 1997). Ancak, uygulanan N'nin yalnızca %30 ila %70'i bitki tarafından geri kazanıldığı için, orta düzeyde sahip olunan fiksasyon seviyeleri önemlidir (Bliss, 1993). 100 kg N ha⁻¹ uygulaması, N'nin %50'sinin bitki tarafından geri kazanıldığı varsayıldığında, bitki tarafından sabitlenen 50 kg N ha⁻¹ a eşittir. Optimum çevre koşulları altında, verimli *Rhizobia* ile nodüllemiş fasulye bitkileri 2 t ha⁻¹ a kadar verim vermiştir (Bliss, 1993). Ancak fasulye, özellikle düşük fosfor seviyeleri gibi çevresel stresler altında üretildiğinde, bakla ve soya fasulyesine kıyasla nispeten etkisiz bir azot sabitleyicidir (Pereira ve Bliss, 1987; Piha ve Munns, 1987). Fasulyenin N'yi sabitleme yeteneğinin sınırlı olması kısmen etkisiz simbiyoz, stres koşulları, yüksek veya düşük sıcaklıklar, doymuş topraklar ve ilişkili nodüllerin dökülmesiyle ilgili olabilmektedir. Dökülen nodüller, fasulye büyümesi sırasında ayrışıp N içerikleri serbest kalmadığı sürece bitkiye sabit N sağlayamamaktadır (Singh, 2000).

Fosfor: Kuru fasulyenin ekildiği asitli ve alkali topraklarda fosfor eksikliği, verimi sınırlayan en önemli faktörlerden biridir (Fageria, 1989;

Fageria ve De Souza, 1991; Fageri ve De Carvalho, 1996). Genel olarak fasulyeye, 4-6 kg da⁻¹ P₂O₅ gübre verilmektedir (Geçit ve ark., 2018).

Potasyum: Kumlu veya fazla aşınmış topraklarda potasyum (K) düşük düzeyde bulunabilir. Fasulye verimini artırmak için yeterli miktarda K gübresi kullanımı önemlidir. Toprak testi kalibrasyon verileri, fasulye mahsulü için potasyum gübresi önerileri yapmak için kullanılmaktadır. Genel olarak fasulyeye 4-8 kg da⁻¹ K verilmesi uygundur (Fageria ve ark., 2002).

Kalsiyum, Magnezyum ve Kükürt: Asitli topraklarda, Ca ve Mg eksiklikleri fasulye üretiminde en önemli sorunlar arasında yer almaktadır (Fageria ve De Souza, 1991; Fageria ve ark., 1995). Kükürt eksikliğinin başlıca nedenleri şunlardır:

- toprağın düşük organik madde içeriği,
- organik maddenin düşük mineralizasyon oranı,
- sürekli ekim ve kükürtsüz gübrelerin uygulanması nedeniyle toprak rezervlerinin tükenmesi,
- toprak erozyonunun hızlanması,
- daha yüksek üretim teknolojilerinin kullanımı nedeniyle yüksek ürün verimleri
- toprak-bitki sisteminin N:S ve N:P oranlarında dengesizliklere neden olan N ve P gübrelerinin kullanımının artması.

Yıllık mahsuller için 2-3 kg da⁻¹ oranlarında kükürt içeren gübreler önerilmektedir. Kükürt beslenmesi, amino asitlerin, proteinlerin ve bazı ikincil metabolitlerin sentezindeki temel rolü nedeniyle ürünün kalitesi üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Çinko önerileri: Toprakta pH' nın

artması ile çinkonun bulunabilirliği azalır. Dolayısıyla çinko eksikliğinin görüldüğü topraklar pH seviyesi 7' den daha yüksek olan topraklarda rapor edilmektedir (Fageria, 2002).

6.4.2. Mikro Besin Elementleri

Tarla ürünlerindeki mikro besin eksiklikleri, yoğun ekim sistemleri, erozyonla üst toprak katmanlarının kaybı, asitli toprakların kireçlenmesi ve mahsul üretimi için marjinal arazilerin kullanımı nedeniyle son yıllarda belirgin şekilde artmıştır.

Çinko: Asitli topraklarda yetiştiriciliği yapılan kuru fasulyede çinko eksikliğinin daha fazla görüldüğü belirtilmiştir (Fageria ve ark., 2002). Ayrıca, ılıman bölgelerde özellikle pH değeri 7'den yüksek kireçli topraklarda da yaygındır. Çinko eksikliği, kireç, fosfor, demir ve bakırın büyük miktarlarda uygulanmasıyla tetiklenebilmektedir (Schwartz ve Corrales, 1989). Toprak ve bitki analizleri, bitkisel üretim için Zn eksikliğini veya yeterliliğini değerlendirmek için en uygun yöntemdir. Yapılan bazı çalışmada çinko eksikliğini kontrol etmek için 0,5-1 kg da⁻¹ Zn'nin çinko sülfat şeklinde topraktan veya %0,3-0,5 oranında çinko sülfat veya çinko şelatlarının yapraktan uygulamasının uygun olduğunu belirtmiştir (Fageria, 2000).

Bakır: Bakır, bitkilerde klorofil oluşturma, çeşitli enzimlerin öncüsü olma hem de karbonhidrat metabolizmasına katılma ve simbiyotik N₂ fiksasyonunda gerekli olma gibi birçok biyokimyasal işlevde önemli rol oynamaktadır (Fageri ve Gheyi, 1999). Özellikle kloroplast gelişimi ve fotosentez için gereklidir. Hücre duvarlarının bozulmuş lignifikasyonu, yüksek bitkilerde bakır eksikliğinin neden

olduğu en tipik anatomik değişimdir. Bu, geen yaprakların karakteristik bozulmasına, gövdelerin eğilmesine ve bükülmesine ve yatma duyarlılığının artmasına neden olmaktadır (Marschner, 1974).

Mikro besin gübrelerinin duşuk etkinliğinin nedenleri arasında, toprağa uygulanan duşuk dozların eşit dağılmaması ve bitki köklerine ulaşamaması yer almaktadır (Fageria, 2010; Martens ve Lindsay, 1990).

Toprak ve bitki dokusu testleri, bitkilerindeki besin eksikliğini gidermede önemli bir yöntemdir. Ortalama olarak da başına 0,5-1 kg bakırın bakır sülfat olarak toprağa uygulanması uygundur (Fageria, 2001). 0,1 ila 0,25 bakırın bakır sülfat veya bakır şelatları olarak yapraktan uygulanması da etkili olmaktadır (Galvez ve ark., 1989).

Manganez: Manganez bitkilerde birçok biyokimyasal fonksiyonda önemli rol oynar. Klorofil oluşumunda ve solunum enziminde önemli görevleri bulunmaktadır. Ayrıca, bazı önemli metabolik reaksiyonu harekete geçirerek, çimlenmeyi ve olgunlaşmayı hızlandırmaktadır. Ek olarak P ve Ca'nın kullanılabilirliğini artırmaktadır (Fageria ve Gheyi, 1999). Manganez eksikliği, aşırı aşınmış asitli topraklarda yetiştirilen ürünlerde daha fazla görülmektedir (Fageria, 2001). Bu eksiklik, aşırı aşınmış asitli toprakların kirelenmesiyle ilişkilendirilmektedir. Mangan eksikliği, dekarde 0,5-1 kg Mn olacak şekilde mangan sülfat uygulaması veya dekar başına 50 litre suya 0,1-0,2 kg mangan sülfat yaprak uygulaması ile giderilebilir (Fageria, 2001).

Bor: Bor eksikliği organik madde oranı duşuk, alüminyum ve demir hidroksit oranı yüksek ve hafif dokulu topraklarda daha fazla yaygındır. Toprak ozeltisindeki bor genellikle H_3BO_3 formunda

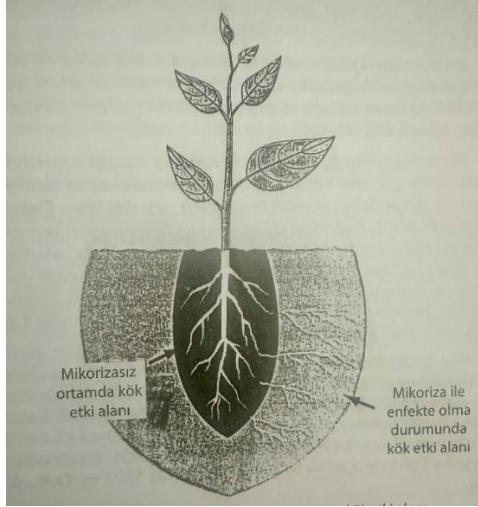
bulunmaktadır. Yeterli B seviyesi, daha yüksek ürün verimi ve ürün kalitesi için önemlidir. Bazı çalışmalar, borun azot fiksasyonu için gerekli olduğunu bildirilmiştir (Mateo ve ark., 1986; Warington, 1923). Ancak bor ihtiyacı bitki gruplarına göre oldukça değişkendir. Bir tür için optimum olan miktar diğer türler için toksik etkide veya yetersiz düzeyde olabilir. Bor eksikliği, meristem veya aktif olarak büyüyen dokuların gelişimini etkiler, böylece eksiklik belirtileri, sürgün ve kökün büyüyen noktalarının ölümü, çiçek tomurcuğunun gelişmemesi ve en sonunda bu dokuların kararması ve niyayetinde bitkinin ölümüdür.

Molibden: Molibden, serbest yaşayan N fiksatörleri (*Azotobacter* ve *Clostridium*) ve simbiyotik *Rhizobium* için azot fiksasyon sürecinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Mo'nun bitkiye ulaşılabilirliğini etkileyen en önemli toprak faktörü toprak pH'ıdır. Toprak pH'ındaki artışla birlikte molibden çözünürlüğünü artmaktadır.

Bitkilerin Mo gereksinimi diğer tüm mineral elementlerden daha düşüktür. Kritik eksiklik seviyeleri 0,1 ila 1 mg kg⁻¹ bitki kuru ağırlığı arasında değişmektedir. Molibden gereksinimi baklagiller için çok daha fazladır çünkü nodülde azot fiksasyonu için kullanılır ve bitki büyümesi için gereken seviyeler kök nodülünü azot fiksasyonu için yeterli molibdenle beslemek için gereken seviyelerden çok daha düşüktür. Mo ve Cu ve sülfat arasında antagonistik bir ilişki bulunurken, fosfor Mo emilimini desteklemektedir (Shuman, 1994). Bu elementin çoğu mahsul bitkisinde N metabolizmasıyla yakından ilişkili olduğunu söyleyerek genelleme yapılabilir (Blevins, 1994). Molibden bitkide hareketsizdir ve bu nedenle Mo eksikliği ilk olarak genç yapraklarda görülür. Molibden eksikliği belirtileri demir eksikliği belirtilerine çok benzer.

6.4.3. Mikoriza ile aşılama

Mikorizalar, bitkilerin bitki besin elementlerinden daha fazla faydalanmasını sağlamaktadır. Mikorizalar ortak yaşam sürdürdükleri bitkilerden ihtiyaçları olan organik maddeyi alırken, bitki köklerinin su ve besin elementi alımını olumlu yönde etkilemektedir. Kök etki alanını artırarak (Şekil 5) başta fosfor olmak üzere çinko ve bakır gibi çeşitli elementlerin alımını artırmaktadırlar (Kacar ve Katkat, 2018).



Şekil 5. Mikorizalarla enfekte olan bitkilerin kök etki alanı
(Kacar ve Katkat, 2018)

Mikorizaların, düşük verimli topraklarda kuru fasulye de dahil olmak üzere çok sayıda mahsul bitkisinin ürün verimliliğini artırdığı bildirilmektedir. Bu yanıt genellikle P, Zn ve Cu gibi hareketsiz besinlerin daha iyi alınmasına atfedilir. Bu besin maddelerinin yeterli seviyelerine sahip topraklarda, mikorizalar bitki büyümesine önemli ölçüde katkıda bulunamayabilir. Ancak, bazı çalışmalar mikorizalar tarafından kolonizasyonun aynı zamanda mahsul bitkilerinin kuraklığa

dayanıklılığını da artırabileceğini göstermektedir. Besin alımındaki ve kuraklığa dayanıklılıktaki artış, köklenme uzunluğundaki ve derinliğindeki artış ve dış hiflerin gelişimiyle ilişkilendirilmektedir (Fageria, 2002).

6.5. Sulama

Fasulyenin haftalık su tüketimi, toprağın su tutma kapasitesi, yüzey akışı, evaporasyon hızı ve bitki çeşidine bağlı olarak 32-64 mm/ha/hafta arasında değişmektedir. Kuru fasulye yetiştiriciliğinde ideal bir verim ve kalite için 300-500 mm arasında su gerekmektedir. Bu suyun:

- 125-175 mm' si ekim ile ilk çiçeklenme döneminde,
- 25-75 mm' si çiçeklenme döneminde,
- Yaklaşık 150 mm'si de çiçeklenme ile ilk baklaların olgunlaşmasına kadar geçen dönemde verilmesi gerekmektedir.

Fasulye toprak-su dengesinde çok duyarlıdır. Çiçeklenme döneminde su azlığı verimi %20' ye kadar azaltır. Bu nedenle çiçeklenme süresince toprakta faydalı su miktarının %50' nin üzerinde bulunması önemlidir. Toprakta su eksikliğinin ilk belirtisi, açık-yeşil renkli olan yaprakların koyu mavi-yeşil renge dönüşmesidir. Renk değişimi görüldüğünde sulama yapmak zorunludur (Geçit ve ark., 2018).

6.6. Bakım

Ekimi izleyen 10-15 gün içinde tohumlar toprak yüzüne çimlenerek çıkar. Bu dönemde fazla yağış nedeniyle varsa oluşan kaymak tabakası kırılır. Bitkiler 4 yapraklı dönemde (10-15 cm) iken ilk çapa yapılmalıdır.

6.7. Hasat ve Harman

Fasulye hasadında en önemli konu, ürün kaybını en düşük düzeyde tutarak en yüksek ve kaliteli ürünü elde etmektir. Fasulye taneleri çeşit ve hava koşullarına bağlı olarak 90-120 gün sonra olgunlaşır. Hasat erken yapılmıca, tanelerin buruşuk ve büzük olması nedeniyle verim azalır. Geciktirilmesi ise baklaların çatlayarak tane dökülmesine neden olur. Kuru tane üretimi için, baklaların büyük çoğunluğunun tamamen olgunlaşıp sarardığı ve tanedeki nem oranı %40 olduğunda hasat yapılmalıdır. Bu nem düzeyinde birçok çeşitte baklanın %80'i sararıp olgunlaşır (Şekil 6). Nem kapsamı %40'dan az ise bakla çatlaması ve tanelerde mekanik zarar artar. Hasadı gelmiş bitkiler biçilerek veya yolunarak hasat edilirler. Biçilen bitkiler birkaç gün kurutulduktan sonra harman edilir. Fasulye harmanı baklalar kolaylıkla açılacak kadar nem içerdiğinde yapılmalıdır. Böylece harman esnasında meydana gelecek hasarlar minimum düzeye indirilmiş olur (Geçit ve ark., 2018).



Şekil 6. Hasat olgunluğuna gelmiş kuru fasulye

KAYNAKLAR

- Akter, Z., Pageni, B. B., Lupwayi, N. Z., & Balasubramanian, P. M. (2018). Biological nitrogen fixation by irrigated dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*, 98(5), 1159-1167
- Angus, J. F., Herwaarden, A., Howe, G. N., & Van, H. A. (1991). Productivity and break crop effects of winter-growing oilseeds. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 31(5), 669-677
- Angus, J. F., Kirkegaard, J. A., Hunt, J. R., Ryan, M. H., Ohlander, L., & Peoples, M. B. (2015). Break crops and rotations for wheat. *Crop and Pasture Science*, 66(6), 523-552
- Azani, N., Babineau, M., Bailey, C. D., Banks, H., Barbosa, A. R., Pinto, R. B., ... & Zimmerman, E. (2017). A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny: The Legume Phylogeny Working Group (LPWG). *Taxon*, 66(1), 44-77
- Benjelloun, I., Thami Alami, I., Douira, A., & Udupa, S. M. (2019). Phenotypic and genotypic diversity among symbiotic and non-symbiotic bacteria present in chickpea nodules in Morocco. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1885
- Blevins, D. G. (1994). Uptake, translocation, and function of essential mineral elements in crop plants. *Physiology and Determination of Crop Yield*, 259-275
- Bliss, F. A. (1993). Utilizing the potential for increased nitrogen fixation in common bean. Enhancement of Biological Nitrogen Fixation of Common Bean in Latin America: Results from an FAO/IAEA Co-ordinated Research Programme, 1986-1991, 157-160
- Bozoglu, H., & Sozen, O. (2011). A sample for biodiversity in Turkey: Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces from Artvin. *African Journal of Biotechnology*, 10(63), 13789-13796
- Bozoğlu, H., & Sözen, Ö. (2007). Some agronomic properties of the local population of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) of Artvin province. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31(5), 327-334
- Bozoğlu, H., & Sözen, Ö. (2011). A Sample for Biodiversity In Turkey: Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Landraces From Artvin. *African Journal of Biotechnology*, 10 (63): 13789-13796

- Buttery, B. R., Park, S. J., & Hume, D. J. (1992). Potential for increasing nitrogen fixation in grain legumes. *Canadian Journal of Plant Science*, 72(2), 323-349
- Büchi, L., Gebhard, C. A., Liebisch, F., Sinaj, S., Ramseier, H., & Charles, R. (2015). Accumulation of biologically fixed nitrogen by legumes cultivated as cover crops in Switzerland. *Plant and Soil*, 393, 163-175
- Castro, R. E., Sierra, A., Mojica, J. E., Carulla, J. E., & Lascano, C. E. (2017). Effect of species and management of legumes used as green manures in the quality and yield of a forage crop used in livestock systems in the dry tropics
- Change, C. (1995). Intergovernmental panel on climate change (IPCC). CC BY, 4.
- chickens fed with lucerne protein-xanthophyll concentrate: growth performance, slaughter yield and bone quality. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 26, 131–140
- Coyne, D. (2000). Common Bean Improvement in the Twenty-First Century. *Crop Science*, 40(6), 1820-1820
- Crutzen, P. J., Mosier, A. R., Smith, K. A., & Winiwarter, W. (2016). N₂O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. Paul J. Crutzen: A pioneer on atmospheric chemistry and climate change in the anthropocene, 227-238
- da Silva Júnior, E. B., Favero, V. O., Xavier, G. R., Boddey, R. M., & Zilli, J. E. (2018). Rhizobium inoculation of cowpea in Brazilian cerrado increases yields and nitrogen fixation. *Agronomy Journal*, 110(2), 722-727
- De Notaris, C., Rasmussen, J., Sørensen, P., & Olesen, J. E. (2018). Nitrogen leaching: A crop rotation perspective on the effect of N surplus, field management and use of catch crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 255, 1-11
- Deakin, W. J., & Broughton, W. J. (2009). Symbiotic use of pathogenic strategies: rhizobial protein secretion systems. *Nature Reviews Microbiology*, 7(4), 312-320.
- Didinger, C., & Thompson, H. J. (2022). The role of pulses in improving human health: A review. *Legume Science*, 4(4), e147
- Engels, C., Marschner, H., & Bacon, P. E. (1995). Nitrogen fertilization in the environment

- Fageria, N. K. (1989). Effects of phosphorus on growth, yield and nutrient accumulation in the common bean
- Fageria, N. K. (2000). Adequate and toxic levels of zinc for rice, common bean, corn, soybean and wheat production in cerrado soil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4, 390-395
- Fageria, N. K. (2001). Adequate and toxic levels of copper and manganese in upland rice, common bean, corn, soybean, and wheat grown on an oxisol. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32(9-10), 1659-1676
- Fageria, N. K. (2001). Adequate and toxic levels of copper and manganese in upland rice, common bean, corn, soybean, and wheat grown on an oxisol. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32(9-10), 1659-1676
- Fageria, N. K. (2002). Nutrient management for sustainable dry bean production in the tropics. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33(9-10), 1537-1575
- Fageria, N. K., & De Carvalho, A. M. (1996). Response of common bean to phosphorus on acid soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 27(5-8), 1447-1458
- Fageria, N. K., & De Souza, C. M. R. (1991). Upland rice, common bean, and cowpea response to magnesium application on an Oxisol. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 22(17-18), 1805-1816
- Fageria, N. K., & De Souza, C. M. R. (1991). Upland rice, common bean, and cowpea response to magnesium application on an Oxisol. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 22(17-18), 1805-1816
- Fageria, N. K., & Gheyi, H. R. (1999). Efficient crop production. Universidade Federal
- Fageria, N. K., & Gheyi, H. R. (1999). Efficient crop production. Universidade Federal
- Fageria, N. K., Baligar, V. C., & Jones, C. A. (2010). Growth and mineral nutrition of field crops. CRC press
- Fageria, N. K., Baligar, V. C., & Jones, C. A. (2010). Growth and mineral nutrition of field crops. CRC press
- Fageria, N. K., Baligar, V. C., & Jones, C. A. (2010). Growth and mineral nutrition of field crops. CRC press

- Fageria, N. K., Zimmermann, F. J. P., & Baligar, V. C. (1995). Lime and phosphorus interactions on growth and nutrient uptake by upland rice, wheat, common bean, and corn in an oxisol. *Journal of Plant Nutrition*, 18(11), 2519-2532
- FAO, 2001. The Economics of Conservation Agriculture. Food and Agriculture
- Foyer, C. H., Lam, H. M., Nguyen, H. T., Siddique, K. H., Varshney, R. K., Colmer, T. D., ... & Consideine, M. J. (2016). Neglecting legumes has compromised human health and sustainable food production. *Nature Plants*, 2(8), 1-10
- Franco, A.A., De Faria, S.M., 1997. The contribution of N₂-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. *Soil Biol Biochem*. 29 (5-6), 897–903
- Gálvez, G. E., Mora, B., & Pastor-Corrales, M. A. (1989). Web blight. Bean production problems in the tropics. CIAT, Cali, 195-259
- Garcia, C. L., Dattamudi, S., Chanda, S., & Jayachandran, K. (2019). Effect of salinity stress and microbial inoculations on glomalin production and plant growth parameters of snap bean (*Phaseolus vulgaris*). *Agronomy*, 9 (9), 545
- Geçit, H.H., Çiftçi, C.Y., Emekliler, H.Y., Ünver İkincişkarakaya S., Adak., Kolsarıcı., Ö., ...& Kendir, H. (2018). Tarla Bitkileri (3.Baskı), Ankara Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın no: 1643, Ders Kitabı: 594. ISBN: 978-605-136-365-3, Ankara
- Goldsworthy, P. R., & Fisher, N. M. (1984). The physiology of tropical field crops. John Wiley & Sons
- Graham, P. H., & Ranalli, P. (1997). Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Field Crops Research*, 53(1-3), 131-146
- Gross, Y., & Kigel, J. (1994). Differential sensitivity to high temperature of stages in the reproductive development of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Field Crops Research*, 36(3), 201-212
- Hansen, S., Berland Frøseth, R., Stenberg, M., Stalenga, J., Olesen, J. E., Krauss, M., ... & Watson, C. A. (2019). Reviews and syntheses: Review of causes and sources of N₂O emissions and NO₃ leaching from organic arable crop rotations. *Biogeosciences*, 16(14), 2795-2819
- Hossain, Z., Wang, X., Hamel, C., Knight, J. D., Morrison, M. J., & Gan, Y. (2016). Biological nitrogen fixation by pulse crops on semiarid Canadian prairies. *Canadian Journal of Plant Science*, 97(1), 119-131

- Jensen, E. S., Peoples, M. B., Boddey, R. M., Gresshoff, P. M., Hauggaard-Nielsen, H., JR Alves, B., & Morrison, M. J. (2012). Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. *A Review. Agronomy for Sustainable Development*, 32, 329-364
- Jensen, E. S., Peoples, M. B., Boddey, R. M., Gresshoff, P. M., Hauggaard-Nielsen, H., JR Alves, B., & Morrison, M. J. (2012). Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 329-364
- Kacar, B., Katkat, V. (2018). Gübreler ve Gübreleme Tekniği (6.Baskı), Nobel Yayınları, Yayın no: 21, ISBN: 978-605-5426-20-0, Ankara
- Kan, M., Sözen, Ö., Kan, A., Karadavut, U., & Yağmur, M. (2019). Orta Kızılırmak Vadisi'nde Üretici Şartlarında Yerel Kuru Fasulye Popülasyonlarının Doğal Kaynak Ekonomisi Açısından Genel Değerlendirilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22 (3): 389-398
- Kooistra, E. (1971). Germination of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at Low Temperatures. *Euphytica*, 20, 209-213
- Kopittke, P. M., Menzies, N. W., Wang, P., McKenna, B. A., & Lombi, E. (2019). Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment International*, 132, 105078
- Kwiatkowska, K., Kwiecień, M., Winiarska-Mieczan, A., 2017. Fastgrowing
- Lithourgidis, A. S., Dordas, C. A., Damalas, C. A., & Vlachostergios, D. O. (2011). Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science*, 5(4), 396-410
- Lv, H., Lin, S., Wang, Y., Lian, X., Zhao, Y., Li, Y., ... & Butterbach-Bahl, K. (2019). Drip fertigation significantly reduces nitrogen leaching in solar greenhouse vegetable production system. *Environmental Pollution*, 245, 694-701
- Mabit, L., Zapata, F., Dercon, G., Benmansour, M., Bernard, C., & Walling, D. E. (2014). Assessment of soil erosion and sedimentation: the role of fallout radionuclides
- Marschner, H. (1974). Mechanisms of regulation of mineral nutrition in higher plants.

- Martens, D. C., & Lindsay, W. L. (1990). Testing Soils for Copper, Iron, Manganese, and Zinc. In *Soil Testing and Plant Analysis*. Madison, WI: Soil Science Society of America
- Mateo, P., Bonilla, I., Fernandez-Valiente, E., & Sanchez-Maeso, E. (1986). Essentiality of boron for dinitrogen fixation in *Anabaena* sp. PCC 7119. *Plant Physiology*, 81(2), 430-433
- Ntatsi, G., Karkanis, A., Yfantopoulos, D., Olle, M., Travlos, I., Thanopoulos, R., ... & Savvas, D. (2018). Impact of variety and farming practices on growth, yield, weed flora and symbiotic nitrogen fixation in faba bean cultivated for fresh seed production. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 68(7), 619-630
- Ntatsi, G., Karkanis, A., Yfantopoulos, D., Olle, M., Travlos, I., Thanopoulos, R., ... & Savvas, D. (2018). Impact of variety and farming practices on growth, yield, weed flora and symbiotic nitrogen fixation in faba bean cultivated for fresh seed production. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 68(7), 619-630
- Ntatsi, G., Karkanis, A., Yfantopoulos, D., Pappa, V., Konosonoka, I. H., Travlos, I., ... & Savvas, D. (2019). Evaluation of the field performance, nitrogen fixation efficiency and competitive ability of pea landraces grown under organic and conventional farming systems. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 65(3), 294-307
- Özgen, M., Adak, M.S., Söylemezoğlu, G., Ulukan, H. (2000). New Approaches to Use and Conservation of Plant Genetic Resources. Fifty Technical Conference Agricultural Engineering Turkey, January 2000: Ankara (In Turkish). pp. 259-284
- Pampana, S., Masoni, A., Mariotti, M., Ercoli, L., & Arduini, I. (2018). Nitrogen fixation of grain legumes differs in response to nitrogen fertilisation. *Experimental Agriculture*, 54(1), 66-82
- Pekşen, E., 2005. Samsun koşullarında bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin tane verimi ve verimle ilgili özellikler bakımından karşılaştırılması. *Ondokuzmayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 20 (3): 88-95

- Pereira, P. A. A., & Bliss, F. A. (1987). Nitrogen fixation and plant growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at different levels of phosphorus availability. *Plant and Soil*, 104, 79-84
- Piha, M. I., & Munns, D. N. (1987). Nitrogen Fixation Capacity of Field-Grown Bean Compared to Other Grain Legumes. *Agronomy Journal*, 79(4), 690-696
- Plaza-Bonilla, D., Nolot, J. M., Raffaillac, D., & Justes, E. (2017). Innovative cropping systems to reduce N inputs and maintain wheat yields by inserting grain legumes and cover crops in southwestern France. *European Journal of Agronomy*, 82, 331-341
- Rakotovololona, L., Beaudoin, N., Ronceux, A., Venet, E., & Mary, B. (2019). Driving factors of nitrate leaching in arable organic cropping systems in Northern France. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 272, 38-51
- Ram, K., & Meena, R. S. (2014). Evaluation of pearl millet and mungbean intercropping systems in Arid Region of Rajasthan (India). *Bangladesh Journal of Botany*, 43(3), 367-370
- Raseduzzaman, M. D., & Jensen, E. S. (2017). Does intercropping enhance yield stability in arable crop production? A meta-analysis. *European Journal of Agronomy*, 91, 25-33
- Reay, D. S., Davidson, E. A., Smith, K. A., Smith, P., Melillo, J. M., Dentener, F., & Crutzen, P. J. (2012). Global agriculture and nitrous oxide emissions. *Nature Climate Change*, 2(6), 410-416
- Reckling, M., Schläfke, N., Hecker, J. M., Bachinger, J., Zander, P., Bergkvist, G., ... & Watson, C. (2014). Legume Futures Report 4.2 Generation and evaluation of legume-supported crop rotations in five case study regions across Europe
- Roy, O., Meena, R. S., Kumar, S., Jhariya, M. K., & Pradhan, G. (2022). Assessment of land use systems for CO₂ sequestration, carbon credit potential, and income security in Vindhyan region, India. *Land Degradation & Development*, 33(4), 670-682
- Scarbrick, D. H., Carr, M. K. V., & Wilkes, J. M. (1976). The effect of sowing date and season on the development and yield of Navy beans (*Phaseolus vulgaris*) in south-east England. *The Journal of Agricultural Science*, 86(1), 65-76

- Schwartz, H. F., & Corrales, M. A. P. (Eds.). (1989). Bean production problems in the tropics. CIAT
- Shuman, L.M. Mineral Nutrition. In Plant–Environment Interactions; Wilkinson, R.E., Ed.; Marcel Dekker, Inc: New York, 1994; 149–182
- Siddiq, M., Butt, M. S., & Sultan, M. T. (2011). Dry beans: Production, processing, and nutrition. Handbook of vegetables and vegetable processing, 545-564
- Singh, S. P. (2000). Bean research, production, and utilization. In Proc Idaho Bean Workshop, University of Idaho, Moscow, ID
- Snapp, S., Wilke, B., Gentry, L. E., & Zoellner, D. (2017). Compost legacy down-regulates biological nitrogen fixation in a long-term field experiment. *Agronomy Journal*, 109(6), 2662-2669
- Sozen, O., Karadavut, U., Ozcelik, H., Bozoglu, H., & Akcura, M. (2018). Genotype x environment interaction of some dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Legume Research-An International Journal*, 41(2), 189-195
- Sözen, Ö., Yağmur, M., & Türkmen, B. (2021). İleri Düzey Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Agro-Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2), 327-337
- Summerfield, R. J., & Bunting, A. H. (Eds.). (1980). Advances in legume science (pp. 667-pp)
- Şehirli, S., Özgen, M. (1987). Plant Genetic Resources. Agricultural Faculty of Ankara Univ. no:1020, Teaching book no: 294. Ankara. (In Turkish)
- Thung, M., & Rao, I. M. (1999). Integrated management of abiotic stresses. En: Singh, S.(ed.). Common bean improvement in the twenty-first century
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., Befort, B.L., 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 108, 20260–20264
- Vinod, P. N., Chandramouli, P. N., & Koch, M. (2015). Estimation of nitrate leaching in groundwater in an agriculturally used area in the state Karnataka, India, using existing model and GIS. *Aquatic Procedia*, 4, 1047-1053
- Voisin, A. S., Guéguen, J., Huyghe, C., Jeuffroy, M. H., Magrini, M. B., Meynard, J. M., ... & Pelzer, E. (2014). Legumes for feed, food, biomaterials and bioenergy in Europe: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34, 361-380

- Wang, X., Yang, Y., Pei, K., Zhou, J., Peixoto, L., Gunina, A., ... & Kuzyakov, Y. (2021). Nitrogen rhizodeposition by legumes and its fate in agroecosystems: A field study and literature review. *Land Degradation & Development*, 32(1), 410-419
- Warrington, K. (1923). The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. *Annals of Botany*, 37(148), 629-672
- World Health Organization (WHO). (2017). Cardiovascular diseases (CVDs).
- World Health Organization (WHO). (2018). Noncommunicable diseases
- World Health Organization (WHO). (2020). Diabetes
- Yahara, T., Javadi, F., Onoda, Y., de Queiroz, L. P., Faith, D. P., Prado, D. E., ... & Nkonki, T. (2013). Global legume diversity assessment: concepts, key indicators, and strategies. *Taxon*, 62(2), 249-266
- Zheng, J., Qu, Y., Kilasara, M. M., Mmari, W. N., & Funakawa, S. (2019). Nitrate leaching from the critical root zone of maize in two tropical highlands of Tanzania: Effects of fertilizer-nitrogen rate and straw incorporation. *Soil and Tillage Research*, 194, 104295

BÖLÜM 4

FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L.) HASTALIKLARI

Arş. Gör. Muhammed TATAR¹

Amjad ALİ²

Dr. Öğr. Üyesi Fatih ÖLMEZ³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14285704>

¹Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sivas, Türkiye, E-mail: mtatar@sivas.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-8312-8434

²Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Sivas, Türkiye, E-mail: amjadbzu11@gmail.com, Orcid ID: 0000-0003-0816-1872

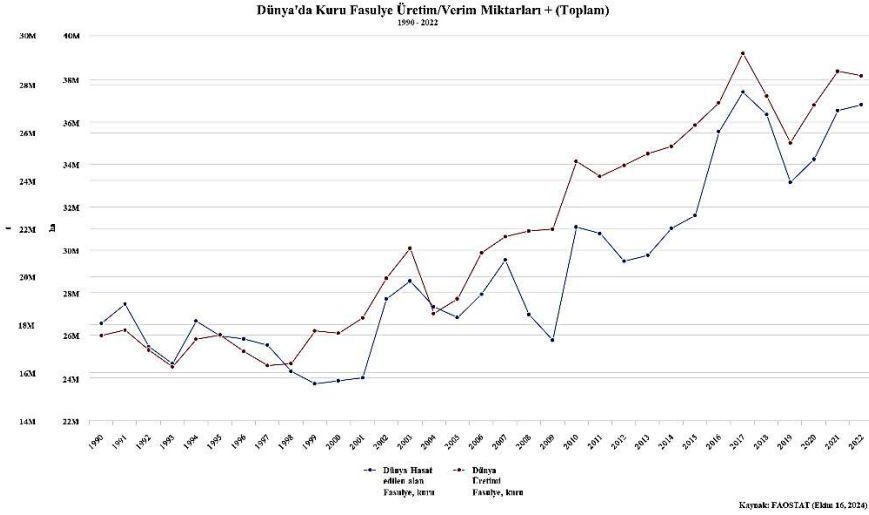
³Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Sivas, Türkiye, E-mail: fatih.olmez@sivas.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-7016-2708

FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L.) HASTALIKLARI

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) (Common bean), yaklaşık 600 cins ve 13.000 türden oluşan Leguminosae (Fabaceae) (baklagil) familyasının bir türüdür. *Phaseolus* cinsi, birçoğu gıda veya bahçe süsü olarak yetiştirilen 150-200 bitki türü içermektedir (Nwokolo ve Smartt, 1996). Fabaceae familyasının *Phaseolus* cinsine ait Orta Amerika orjinli tek yıllık bir bitki olan *P. vulgaris* L. üretimi, 52°N ila 32°S enlemleri arasında (Schoonhoven ve Voysest, 1991) ve ABD kıtası ile Avrupa'da deniz seviyesinin yakınından Güney Amerikanın 3000 m'nin üzerindeki yüksekliklere kadar uzanmaktadır. Güney Amerika ve Orta Meksika'da 8000 yıl önce evcilleştirilmiştir (Koinange ve Gepts, 1992). Adi fasulye ilk olarak yaklaşık 500 yıl önce Amerika'dan diğer kıtalara getirilmiştir (Angioi ve ark., 2010). Günümüzde *P. vulgaris* L., Güney Amerika (Andean) ve Orta Amerika (Mesoamerica) bölgeleri olarak iki gen merkezine sahip olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Yeken ve ark., 2019).

2022 yılında kuru fasulye üretiminde 6,6 milyon ton ile Hindistan ilk sırada yer alırken onu sırasıyla Brezilya (2,8 mil. ton), Myanmar (2,6 mil. ton), Tanzanya Cumhuriyeti (1,35 mil. ton), Uganda (1,3 mil. ton) ve Çin (1,28 mil. ton) takip etmektedir. 2022 yılında toplam kuru fasulye dünya üretimi ve hasat edilen alan sırasıyla 28,3 milyon metrik ton ve 36,5 milyon hektar olmuştur (Şekil 1). Kuru fasulye üretimi 1990'dan bu yana yaklaşık %64 artarken, aynı dönemde hasat edilen alan %38.4 artmıştır (FAO, 2022). Bölgesel olarak, Asya küresel üretimin yaklaşık %44.1'ü ile kuru fasulye üretiminde lider konumdadır, bunu Kuzey, Orta ve Güney Amerika kıtaları (%32.3) ve Afrika (%20.9) olmak üzere takip etmektedir. Avrupa ve Okyanusya toplam üretimin yaklaşık %2.7'sine

katkıda bulunmaktadır. Bu veriler, son otuz yıldaki üretim artışlarının yalnızca ekili alandaki artışlardan kaynaklanmadığını, bunun yerine kuru fasulye ıslahındaki (genetik) ve geliştirilmiş tarımsal uygulamalardaki (ürün ve tohum yönetimi, toprak verimliliği, hasat verimliliği) iyileştirmeler yoluyla elde edildiğini göstermektedir (Uebersax ve ark., 2023).



Şekil 1. 1990-2022 yılları arası kuru fasulyenin ekili alanları ve dünya üretimi (FAOSTAT, 2022)

Özellikle kırsal ve kentsel Doğu Afrika ve Latin Amerika toplulukları ile Afrika ülkelerinde temel gıdalardan biri olarak hizmet eder ve 300 milyondan fazla kişiye hayati önem taşıyan diyet proteini sağlamaktadır (Nadeem ve ark., 2021; Nchanji ve ark., 2021; Huertas ve ark., 2022). Hem Doğu Afrika hem de Latin Amerika'da önemli bir besin proteini kaynağıdır, ancak nüfus artışının üretimin önüne geçmesi nedeniyle kişi başına tüketim azalmaktadır.

P. vulgaris L., doğrudan insan tüketimi için kullanılan en önemli baklagildir. Beslenme uzmanları, fasulyeleri yüksek protein içeriği ve karbonhidrat, diyet lifi ve minerallerin (özellikle demir ve çinko) birleşimi nedeniyle olağanüstü bir gıda kaynağı olarak nitelendirmektedir. Kuru fasulyelerin besin bileşimi ve insan sağlığına faydaları iyi bilinse, ekim sistemi üzerindeki olumlu etkileri genellikle göz ardı edilmektedir de (Sözen ve Karadavut, 2020; Didinger ve ark., 2022). Karmaşık ekim sistemleri bağlamında kuru fasulyelerin tarımsal sürdürülebilirliğe önemli ölçüde katkıda bulunan çok sayıda yönü vardır (Karadavut ve Sözen, 2024).

P. vulgaris L., biyolojik azot fiksasyonundan sorumlu rizobiyalara ev sahipliği yapabilen kısa sezonlu bir baklagil bitkisidir (Reinprecht ve ark., 2020) ve genel olarak alternatif ürünlerle karşılaştırıldığında daha küçük bir karbon ayak izine sahiptir (Gan ve ark., 2011). Kuru fasulyenin sera gazlarının azaltılması için sahip olduğu en büyük avantajlardan biri, azotlu gübrelerin uygulanmasıyla ilişkili enerji yoğun süreçlere ihtiyaç duymamasıdır. Ayrıca, sıradan fasulye hasat sonrası depolama sırasında stabil olan besin açısından yoğun bir gıdadır. Doğrudan tüketilen bir gıda ürünü olan fasulye, tüketiciye ulaşmadan önce minimum işleme tabi tutulur. Fasulye, gıda güvenliğinde ve yetersiz beslenmeyle mücadelede önemli bir rol oynar (Siddiq ve ark., 2022). Dünya çapında 300 milyondan fazla insanın her yıl günlük diyetlerinde fasulye kullandığı dikkat çekicidir.

Önemine bakılmaksızın, fasulye mahsulleri çeşitli hastalıklara karşı hassastır ve bu da verim ve kalitede önemli kayıplara neden olur. Fasulye üretimini etkileyen yıkıcı hastalıklar arasında antraknoz, pas ve adi yaprak yanıklığı görülmektedir (Fininsa ve Yuen, 2001; Aytenfsu ve

rak., 2019). Adi yaprak yanıklığı, tohumdan taşınan önemli bir hastalık olarak belgelenmiştir ve küresel olarak duyarlı çeşitlerde %30 ila %70 arasında değişen verim kayıplarına neden olmaktadır (Karavina ve ark., 2011). Açısal yaprak lekesi, ABD ve Avrupa'da nadiren hasara neden olsa da, Afrika'da %50 ila %60 arasında önemli verim kayıplarına yol açmaktadır (Landeras ve ark., 2017).

Fasulye hastalıklarının belirtileri farklı patojenler (fungus, bakteri ve virüs en yaygın) arasında değişiklik gösterir ve bu da belirli nedenlerini belirlemede önemli bir zorluk oluşturur. Ayrıca, çeşitli patojenler tarafından oluşturulan benzer belirtiler, çiftçilerin ve araştırmacıların altta yatan hastalığı tam olarak tanımlamasını zorlaştırır. Dahası, sıcaklık, nem ve toprak koşulları gibi çevresel faktörler hastalık teşhisini zorlaştırır ve bazen patojenlerin neden olduğu belirtileri taklit eder. Sıcaklık, nem ve toprak koşulları gibi çevresel faktörlerin etkisi, besin eksikliği gibi abiyotik faktörlerin neden olduğu belirtilerin benzerliği ve bakteri ve fungusların oluşturduğu semptomları ayırt etme zorluğu, gelişmiş teşhis gözetim araçlarına ve uzmanlığa sınırlı erişimle birlikte, bu hastalıkların doğru şekilde teşhis edilmesindeki karmaşıklığı daha da artırmaktadır (Kennely ve ark., 2012). Zamanında ve kesin hastalık teşhisi yapılmadığında, bu karmaşıklıklar hastalığı daha da kötüleştirir ve çiftçilerin ürün sağlıklarıyla mücadele etmesine yol açar (Gomez ve ark., 2024).

Bu nedenle, hastalığın yayılmasını azaltmak, tarımsal verimliliği korumak ve çiftçilerin geçim kaynakları üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek, gıda güvenliğini sağlamak için erken ve kesin hastalık teşhisi çok önemlidir (Talaviya ve ark., 2020; Javaid ve ark., 2022, 2023; Adli ve ark., 2023). Yaygın hastalık yönetim stratejileri kimyasallar,

sertifikalı dikim materyali ve dirençli kaynakların kullanımınıdır. Kimyasal kontrol başarılı olsa bile fasulyeler, kimyasalların hızla artan maliyetini karşılayamayan küçük ve marjinal çiftçiler tarafından yetiştirilmektedir. Bu nedenle, genetik direnç fasulye hastalıklarının yönetiminde en güvenilir kontrol yaklaşımı ve en ucuz alternatif olma eğilimindedir (Murillo ve ark., 2006). Bu bölümde fasulye bitkisinde ekonomik anlamda zarara neden olan hastalıklar için genel bilgiler sunulmak amaçlanmıştır.

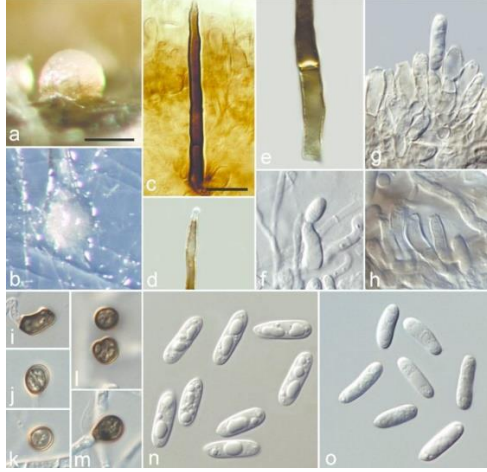
1. FASULYE FUNGAL HASTALIKLARI

1.1. Fasulye Antraknozu Hastalığı (*Colletotrichum lindemuthianum*)

Biyolojisi, simptom, zarar ve dayanıklılık genleri:

Fasulye, *Colletotrichum lindemuthianum* (Saccardo and Magnus) Scribner fungusunun neden olduğu antraknoz hastalığından en ciddi şekilde etkilenmektedir (Kelly ve Vallejo, 2004). Hastalık, ekim sezonu boyunca serin ve nemli koşulların hâkim olduğu subtropikal ve ılıman ülkelerde tamamen ürün kaybına neden olmaktadır (Sharma ve ark., 2008). *C. lindemuthianum*'un eşeysel organı, epidermis altında gelişip üst kısmını delerek meydana gelen tabak şeklindeki aservulustur. Aservulus içerisinde jelatinimsi maddeyle kaplanmış şeffaf ve küçük konidiospor taşıyıcıları yer almakta olup, bunların üstünde boyutları 4.4-5.3 x 13-22 µm arasında değişen şeffaf, oval ve tek hücreli konidiosporlar bulunmaktadır. Seksüel döngüsünde perites yapısında askus ve askospor meydana getirir. *C. lindemuthianum* ascomycetes funguslarının bir üyesidir ve hemibiotrofik bir yaşam tarzı izler. Fungus, enfeksiyonun ilk aşamalarında biyotrof olarak yaşar ve appressorium,

veziküller ve primer hifler gibi özel enfeksiyon yapıları aracılığıyla canlı bitki dokularından besin elde eder. Enfeksiyondan 72 saat sonra nekrotrofik faza girer ve hayati besinleri almak için konak dokuyu delen sekonder hifler büyümeye başlar (Şekil 2) (Mahiya-Farooq Padder ve ark., 2019).



Şekil 2. *Colletotrichum lindemuthianum* morfoloik yapısı. a-b. Akervuluslar; c. Setalar; d. Seta ucu; e. Setanın bazal kısmı; f-h. Konidiyoforlar; i-m. Appressoria; n-o. konidia; Ölçek çubukları: a-b 5 100 mm; c-o 5 10 mm (Liu ve ark., 2013)

C. lindemuthianum kışı, tarladaki arta kalan hastalıklı bitki kalıntıları üzerinde veya tohum içerisinde geçirir. Tarlada bulaşık enfekteli tohumların çimlenmesi, kotiledonlarda ilk belirtileri göstermektedir. Hastalıklı fidelerde bulunan konidiosporlar, sekonder enfeksiyonlar için inokulum kaynağı olarak, çeşitli yollarla sağlıklı bitkilere ulaştıklarında, su varlığında çimlenerek bitki dokusuna nüfuz ederler. Fungus uygun ortam veya iklim koşullarında dal, yaprak veya meyvelerde inkübasyon süresini tamamladıktan sonra dört ila beş gün içinde leke simptomsu oluşturur. Enfeksiyon süresi için ideal koşullar, %92'nin üzerinde orantılı nem ve 27 °C'nin altında sıcaklıklardır. Hastalık 13.8-27.2 °C'lerde başlar, ancak ideal sıcaklık 17.2-23.8 °C'dir.

Patojen tüm toprak üstü bitki kısımlarını etkiler, ancak en belirgin belirtiler, daha sonra fasulye baklalarında kahverengi ile kırmızımsı kenarları olan çökük, koyu kahverengi lekelerle dönüşen paslı kahverengi lezyonlardır. Böyle fideler genellikle gelişme vejetasyonu göstermeden ölür. Sekonder enfeksiyon, yapraklardaki damarlarda yer yer uzunlukları değişen lezyonlar, önce kırmızımsı kahverengi sonra siyah lezyonlar oluşturur.

Şiddetli enfeksiyonlarda damarların birleştiği kısımlarda üçgenimsi kurumalar meydana gelir ve bu kısımların yırtılması gibi belirtiler oluşmaktadır. Dallarda hastalığın şiddetine göre değişimle birlikte genellikle çökük, tek tek ya da birbirleri ile birleşmiş uzunlamasına kahverengi siyah leke belirtileri oluşmaktadır. Genel olarak, fasulye meyvesinde 1-5 mm çapında etrafı siyah, orta kısmı ise açık kahverengi, çöküntü ve yuvarlak şekilde leke belirtileri bulunur (Şekil 3). Genç fideler hastalık nedeniyle ölür veya gelişmez. Fizyolojik olgunluğa ulaşmış yaşlı bitkilerin yeşil kısımlarındaki kurumalar, meyve ve tanedeki lekeler, ürünün kalitesini ve verimini önemli ölçüde azaltır. Tohum ve bitki artıkları, fungusların sezon dışında hayatta kalma yollarıdır. Hastalık çok yaygın olduğu bahçelerde ürün kaybı yüzde 90'a ulaşabilir (Anonim, 2024a).



Şekil 3. Farklı bitki kısımlarındaki antraknoz belirtileri. (a) Tohumlarda, (b) yapraklarda, (c) yeşil baklalarda fasulye antraknozu belirtileri. (d) Tarlada antraknozla enfekte olmuş bitkiler ve (e) olgun baklalarda antraknoz belirtileri (Nabi ve ark., 2022)

Hastaliksız tohumların, dirençli kaynakların ve kimyasalların kullanımı, fasulye antrak burnu ile mücadele etmek için kullanılan yaygın yöntemlerdir. Ürün çoğunlukla kimyasallar yerine dirençli kaynaklara güvenen küçük ve marjinal çiftçiler tarafından yetiştirilmektedir. Barrus (1911) patojenin değişkenliğini bildirmiştir ve 298 ırk tanımlanmıştır (Padder ve ark., 2017; Nunes ve ark., 2021). Sürekli yeni ırkların ortaya çıkması ve patojenik çeşitliliğin geniş yelpazesi, dayanıklı dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesini ve benimsenmesini gerektirmektedir. Genler arası tipik etkileşimi gösteren fasulye-antraknoz pato-sisteminde, 25 önemli antraknoz direnç geni tanımlanmış ve haritalanmıştır. 11 fasulye kromozomundan yedisi bu genleri içerir ve yakından ilişkili PCR tabanlı markörlar kullanılarak haritalanmıştır (Meziadi ve ark., 2016, Kelly ve Bornowski, 2018).

Bu markörlar, ticari olarak hassas fasulye çeşitlerine dönüştürülmelerini kolaylaştırmıştır. Fasulye antraknoz direnci, resesif co-8 hariç, çoğunlukla tek, çift veya tamamlayıcı genlerden oluşan Co-genler olarak adlandırılan gen kümeleri tarafından koşullandırılır. Co-1 lokusu, Co-x, Co-165X, Co-1HY, Co-Pa, Co-173X, Co-14 ve daha yakın zamanda tanımlanan Co-AC geni dahil olmak üzere birçok antraknoz direnç geni, Pv01'in distal ucunda 50.0-50.5 Mb'lik bir fiziksel konumda yer almaktadır. Co-1 lokusuyla yakından bağlantılı markörler vardır (Nabi ve ark., 2022), ancak Co-1 lokusuyla bağlantılı InDel markörü (Zuiderveen ve ark., 2016) rahatlıkla takip edilebilir ve yetiştiricilerin Co-1 lokusunu duyarlı fasulye çeşitlerine aktarmasına yardımcı olacaktır. Pv02'de tek bir dominant Co-u antraknoz direnç geni ve beş QTL bulunmaktadır. Pv03, Co-17 genlerini ve RAPD markörü OV20680 tarafından çevrelenen Co-13'ü içerir. Pv04, Co-3 geni ve alelik

serisi dahil olmak üzere Co-y, Co-10, Co-z, Co-16, Co-15, Co-RVI ve Co-34 gibi çeşitli antraknoz direnç genlerinin merkezidir. Co-5 ve Co-6 allel serileri sırasıyla Pv05 ve Pv06 ile eşleştirilmiştir. Fasulye antraknoz patosistemi, Nabi ve arkadaşları (2022) tarafından kapsamlı bir şekilde gözden geçirilmiştir. Bu hastalık ülkemizin Karadeniz bölgesinde yaygın olarak görülmektedir (Anonim, 2024a).

Mücadele:

Kültürel önlem olarak hastalıksız tohumluk kullanmak, hastalıkla en etkili mücadele yöntemi olduğu için tohumlar hastalıktan arı tarlalardan elde edilmelidir. Hastalığın görüldüğü ve bulaştığı tespit edilen bölgelerde münavebe yapılmalıdır. İyi havalandırma sağlayarak mevsimsel nem ve sıcaklık orantılı olarak azaltılmalıdır. Kimyasal mücadele olarak Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından Türkiye’de fasülyede *C. lindemuthianum* zararlı organizmasına karşı ruhsat almış fungusitlerin aktif madde içerikleri ve dozları; 400 g/l Tea tree oil + 200 g/l Difenoconazole (35ml/da), 250 g/l Pyraclostrobin+ 150 g/l Boscalid (75ml/da) ve %50 Metalik bakıra eşdeğer bakır oksiklorid (500gr/100lt su) şeklindedir (Anonim, 2024b).

1.2. Fasulye Kök Çürüklüğü Hastalığı (*Fusarium* spp.- *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseoli*)

Tohumun çimlenme evresinden bitkinin fizyolojik olgunluk evresine kadar sürer. Bitkiler, toprak yüzeyine çıkmadan ölebilir; bu durumda tarlada boş alanlar gözlemlenir. Fide veya bitkinin ilerleyen evrelerinde meydana gelen hastalık, bitkide genel bir bodurluk, yaprak dökülmesi ve nihayetinde kuruma belirtileri gösterir. Hasta bitkilerin kök

sistemi ya hiç gelişmez ya da toprak yüzeyine yakın ikinci bir kök oluşumu meydana gelir. Sap özsuynun içi boşalır ve pişmiş toprak kırmızısı veya kahverengisine benzeyen bir renge sahip olur.

Biyolojisi, simptom, zarar ve dayanıklılık genleri:

Toprak kökenli birçok etmen, fasulye kök çürüklüğüne neden olabilir.

***Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*:** *Fusarium oxysporum* türleri, aralarında fasulyenin de önemli bir yer tuttuğu ekonomik açıdan önemli çok çeşitli ürün türlerinde solgunluk hastalıklarına neden olan ve her yerde bulunan fungal patojenlerdir. *Fusarium* solgunluğu ilk olarak 1929 yılında ABD'de adi fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) tanımlanmış ve o zamandan beri bu patojen tür *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* (Fop) olarak sınıflandırılmıştır (Xue ve ark., 2015). Miselleri bölmeli ve sıklıkla düzensiz bir şekilde dallanmıştır. Makro ve mikro konidiosporlar, konidiospor taşıyıcıları üzerinde bulunabilir. Makrokonidiosporlar üç ila beş (3-5) bölmeli bir orak şeklinde olurken, mikrokonidiosporlar tek hücrelidir ve renksizdir. Hastalığın ana belirtileri bodurlaşma ve tamamen solma gibi büyüme ve gelişmedeki değişikliklerdir. Bunu kloroz takip eder ve sonunda bitki ölür (Batista ve ark., 2017). Genetik direnç ve ürün rotasyonu ve sağlıklı tohum kullanımı gibi entegre hastalık yönetimi uygulamaları, *fusarium* solgunluğunu önlemek için iki stratejidir. *Fop* patojenin şimdiye kadar her biri belirli bir coğrafi bölgeye ait en az yedi farklı ırkı tanımlanmıştır.

Ayrıca bu patojenin evrimini destekleyen UFV01 ve IAC18001 gibi bazı yeni ırklar da rapor edilmiştir (Paulino ve ark., 2021). Fop özellikleriyle bağlantılı genomik bölgeler, Pv01, Pv03, Pv04, Pv05,

Pv07, Pv10 ve Pv11'deki aday genlerin içinde veya yakınında yer almaktadır. Markör destekli ıslah sürecini kolaylaştırmak için bu varsayılan bölgelere bağlı çeşitli markörler geliştirilmiştir. Pv11 üzerindeki önemli ss715648096 markörü ile ilişkili 51.50 Mb'lik bölgenin farklı Fop ırklarına karşı direnç kazandırdığı görülmüştür. Bu bölgenin aynı zamanda antraknoz gibi diğer önemli fasulye fungus hastalıkları ile de ilişkili olduğu düşünülmektedir (Biswas ve Ghosh, 2016). Chen ve ark. (2019), transkriptomik ve metabolik çalışmalar kullanarak, Pv03, Pv04, Pv07, Pv08 ve Pv11'de farklı şekilde ifade edilen genlerin etilen, salisilik asit (SA) ve jasmonat gibi sinyal yollarında önemli rolleri olduğunu bildirmiştir. Leitão ve ark. (2020) tarafından, Portekiz'den Fop'un 06 ırkı için 133 fasulye çeşidinin birliktelik haritalamasında DSR ve AUDPC için Pv04, Pv05, Pv07 ve Pv08 kromozomlarında önemli ilişkiler tespit edilmiştir. Pv04 üzerindeki DART03480 markörünün ss715648681 marköründen yaklaşık 0,1 Mb gibi küçük bir mesafede olduğunu belirtmişlerdir.

***Rhizoctonia solani*:** Alt yapraklarda, önce küçük, düzensiz, suyla ıslanmış, ıslak görünümlü soluk yeşilimsi lekeler ortaya çıkar ve daha sonra yukarı doğru tepe noktasına doğru yayılarak hastalığın varlığını gösterir. Çok fazla nem olduğunda, hastalık hızla yayılır ve yaprak ayası ile gövdenin daha büyük bir kısmını etkiler. Miseller, dik açılar oluşturacak biçimde yan dallar üretir. Yan dallarda boğum kısmının hemen yan tarafında birer segment mevcuttur. Genç dönemde seyrek bölmeli, vakuollü ve renksiz olan miseller, zamanla sarımsı bir görünüm kazanır ve yaşlandıkça koyu kahverengiye dönüşür. Yaprakçıklar ve baklalar kurur, pörsür ve kahverengiye döner. Nemli havalarda hasarlı

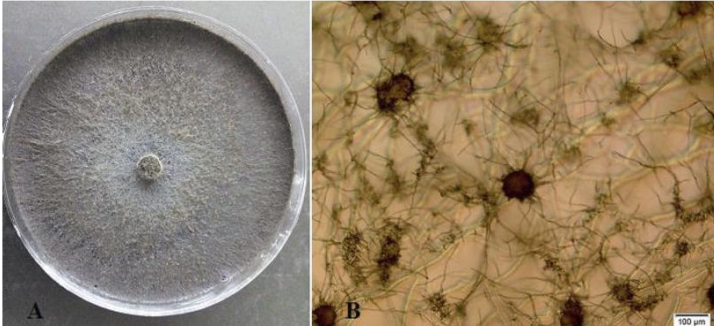
bitki parçaları hızla çürür. Erken enfeksiyon durumunda tohumlar oluşmaz ve baklalarda geç enfeksiyon durumunda iyi oluşmaz. Bitkiler bazen çiçek açmadan önce ölebilir (Senapati ve ark., 2022). Hastalık etmeninin neden olduğu kök belirtileri arasında, fidelerde çıkış öncesi sönümlenmeye neden olan çeşitli boyutlarda çökük, suyla ıslanmış, kırmızımsı kahverengi lezyonlar bulunur (Şekil 4) (Hagedorn, 1994). Hastalık şiddetli olduğunda bodurlaşma ve erken bitki ölümü meydana gelebilir. *R. solani* teleomorf (eşeyli) aşama mevcut olduğunda havadaki bazidiosporlar yoluyla yayılmasına rağmen, bu tarlada nadir görülür (Godoy-Lutz ve ark., 2003). Eşesiz aşamadaki vejetatif miselyum ve sklerotlar toprak ortamını kolonize eder ve toprakta birkaç yıl kışlayabilir. Toprak kaynaklı *R. solani*, bitki kökleri ile bulaşık toprak artıkları arasında miselyal köprüler oluşturarak bitkiden bitkiye yayılır (Oladzad ve ark., 2019). Genetik direnç, fasulyedeki kök çürüklüğünün en uygun maliyetli ve sürdürülebilir yönetimi olarak kabul edilir (Abawi ve ark., 2006). Ancak, fasulyede *R. solani* direncinin genetik analizi sınırlı olmuştur (Adesemoye ve ark., 2018). Birden fazla toprak kaynaklı kök patojeninin varlığı nedeniyle arazi çalışmaları zordur (Conner ve ark., 2014).



Şekil 4. *Rhizoctonia solani* ile enfekte olmuş yaygın bitkilerin hastalık şiddeti indeksi Carling ve ark. (1999) tarafından elde edilen 0-4 semptom skalası 0 = hasar yok, 1 = hipokotilde küçük renk değişikliği, 2 = renk değişikliği artı hipokotilde küçük nekrotik lezyonlar (<1 mm çapında), 3 = hipokotilde büyük nekrotik lezyonlarla (≥1 mm çapında) birlikte renk değişikliği ve 4 = fidenin ölümü (Ghoneem ve ark., 2023)

***Macrophomina phaseoli*:** Tropikal ve subtropikal ülkelerde yaygın olarak görülen bu hastalık, fidelerde hemen ortaya çıkan ve ürünün ekilişi boyunca devam eden yıkıcı bir hastalıktır. Kömür çürüklüğünün yanı sıra, patojen ayrıca kuru kök çürüklüğü, solgunluk ve yaprak yanıklığı semptomlarına neden olur ve yetişkin aşamalarda genellikle küllü gövde yanıklığı hastalığı olarak adlandırılır (Singh ve ark., 1990). Genç hifler renksiz, 8 µm kalınlığında olup, yoğun bir şekilde dallanır ve her bir dal kolu ana dala paralel uzanır. Yaşlanmış hiflerin görünümü biraz daha farklıdır. Bu yapıların dik dalları ve ince bölmeleri bulunmaktadır. Bu hifler üzerinde 27°C'de 2-3 gün içerisinde sklerotialar meydana gelir. Nekrotrofik bir patojendir ve koyu kahverengi ve çok küçük koyu, yuvarlak sklerotia üretir. Sklerotialar düz, parlak, siyah ve amorf bir yapıya sahiptir. *M. phaseoli* hastalık etmeni kışı toprakta ve bitki artıklarında misel, konidiospor, sklerot ve klamidospore gibi çeşitli biçimlerde geçirir (Şekil 5). Etmenler, tohum aracılığıyla da yayılabilmektedir. Fasulye kök çürüklüğü, tohumun germinasyon aşamasından bitkinin olgunlaşma evrelerine kadar ortaya çıkabilir. Bitki, toprak yüzeyine çıkmadan önce ölebilir; bu durumda tarlada boş alanlar oluşur. Fide veya bitkinin ilerleyen aşamalarında ortaya çıkan hastalık, bitkide genel bir bodurluk, yaprak dökülmesi ve nihayetinde kuruma belirtileri gösterir. Hasta bitkisinin kök sistemi ya hiç gelişmemiş ya da toprak yüzeyine yakın ikinci bir kök oluşumu meydana gelmiştir. Özsuyun içi boşalmış ve pişmiş toprak kırmızısı, kahverengi veya siyah bir renk almıştır. Fungus fakültatif parazitlerde ve enfekte olmuş döküntülerde hayatta kalır. Patojen, yüksek sıcaklıkta ve uzun süreli kurak mevsimde ve ardından sulamada daha yaygındır (Sharma ve Pande, 2013; Pandey ve ark., 2020). Art arda ekim yapılan

alanlarda ve tohumun etmenlerle kontamine olduğu, ayrıca yer altı su seviyesinin yüksek ve yoğun ekim uygulanan bölgelerde hastalığın epidemik yayılım göstermesi olasıdır (Anonim, 2024a). Uygun koşullar altında, tüm fasulye ekim alanlarında hastalıklar yaygın olarak ortaya çıkar ve ekonomik ürün kayıplarına yol açar (Anonim, 2024a). *M. phaseoli* 'ye karşı direncin doğası şimdiye kadar rapor edilmemiştir (Dhaliwal ve ark., 2023).



Şekil 5. a) *Macrophomina phaseolina*'nın PDA üzerindeki koloni morfolojisi. b) PDA üzerinde sklerotia (Abed-Ashtiani ve ark., 2018)

Mücadele:

Tohumluk hastalık geçirmeyen tarlalardan sağlanmalıdır. Hastalık görülen bölgelerde baklagil dışındaki bitkiler en az iki yıl yetiştirilmelidir. Çok fazla azotlu gübre vermekten kaçınılmalıdır. Taban suyu yüksek olduğunda toprak drene edilmelidir. Aşırı sulama ve sık ekim yapmaktan kaçınılmalı, hastalık bulaştığı yerlerde sulama suyu kullanılmamalıdır. Hastalıklı bitkiler sökülerek ortadan kaldırılmalı ve imha edilmesi gerekir (Anonim, 2024a). Kimyasal mücadele olarak Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından Türkiye’de fasulyede Fasulye kök çürüklüğü hastalığı (*Fusarium spp.*-*Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseoli*) zararlı organizmasına karşı

ruhsat almış fungusit bulunmamaktadır. Sadece sera koşullarında domates, hıyari biber ve çilek bitkilerinde ruhsatlı fungusit ilaç vardır (Anonim, 2024b).

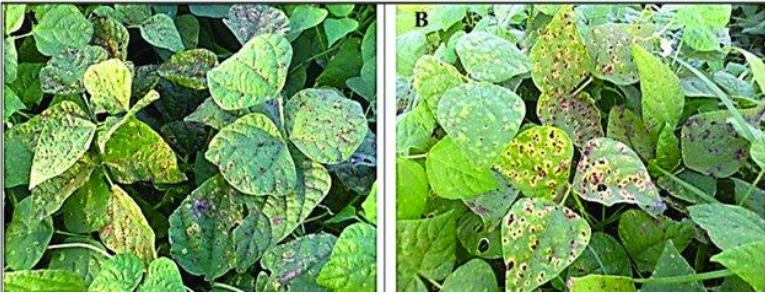
1.3. Fasulye Pası Hastalığı (*Uromyces appendiculatus*, *Uromyces phaseoli*)

Biyolojisi, semptom, zarar ve dayanıklılık genleri:

Fasulye pası (*Uromyces appendiculatus* (Pers.) C.K.), tüm yaşam döngüsünü tek bir konukçuda tamamlayan ve ara konukçusu bulunmayan bir fungus türüdür. Hastalık bitkinin yaprak kısımlarını, özellikle de yaprakları ve baklaları ciddi şekilde etkiler, böylece ürüne önemli ölçüde zarar verir ve verimi düşürür. Kendine özgü semptomlar başlangıçta koyu sarıdan kahverengiye kadar değişen renklerde püstüller içeren yapraklarda görülebilir. Üredosporlar (yaz sporları) yapraklar üzerinde, kırmızımsı-kahverengi püstüller şeklinde meydana gelir. Bu püstüller daha sonra ince toz üreten sporlar olarak ortaya çıkar (Liebenberg ve Pretorius, 2010). Yapraklardaki kahverengi küf ve çevresindeki açık sarı halka, en belirgin belirtisidir. Teliosporlar daha koyu kahverengi tonlarındadır. Fungus nadiren esyum meydana getirir. Üredosporlar, açık kahverengi, tek hücreli ve ince çeperli olup, zaman zaman zincir formunda bulunabilirler. Olgunlaştıklarında hemen çimlenir ve uygun koşullarda bitki dokusuna entegre olurlar.

Teliosporlar, tek hücreli ve daha koyu renkte organizmalardır. Kışı bu formda geçiren sporlar, basidiyospor oluşturarak baharda ilk primer enfeksiyonların oluşmasına neden olur. Hastalığın gelişimi için ideal sıcaklık 20 °C olmalıdır. Üredosporlar, 15-24 °C arasında geniş bir sıcaklık aralığında çimlenme yeteneğine sahiptir. Teliosporlar, en

optimal olarak 10-15.5 °C aralığında gelişim gösterirler. Üredosporların enfeksiyon oluşturabilmesi için 10-18 saatlik yaprak nemliliği gereklidir. Hastalık, yapraklarda kahverengi üredospor püstüllerinin meydana gelmesiyle kendini gösterir. Püstüllerin etrafında açık sarı renkte bir halka mevcuttur. Bitkinin vejetasyon devresinin sonuna yaklaşırken, teliosporların oluşumuyla püstül renkleri siyahımsı-koyu kahverengimsi tonlarına dönüşür. Hastalık hemen hemen yapraklarda ortaya çıkmakla birlikte, bitkinin diğer bölümlerinde de zararlı etkiler gösterebilmektedir (Şekil 6). Pas hastalığı erken aşamada olduğu takdirde, yaprakların kurumasına ve kıvrılarak dökülmesine yol açarak ürün kayıplarına neden olurken ayrıca meyvede meydana gelen lekeler kalite düşüklüğüne neden olur. Hastalık, hasada sezonuna yakın zamanda meydana geldiği için ekonomik ürün kayıplarına yol açmaz.



Şekil 6. *Uromyces appendiculatus*'un neden olduğu adi fasulye pas hastalığı. (a,b) Pas hastalığının belirtilerini gösteren doğal olarak enfekte olmuş bitkiler (Abo-Elyousr ve ark., 2021)

Patojen oldukça değişkenlik göstererek birçok ırkı tanımlanmıştır ve bu nedenle hastalık direnci, hastalığı yönetmek için mümkün olan en iyi yolu sunar (Miklas ve ark., 1993). Şimdiye kadar fasulyede birkaç pas direnci geni tanımlanmış ve karakterize edilmiştir. Mezoamerikan

genotiplerinde Ur 3, Ur 5, Ur 7 ve Ur 11, gen havuzunda ise Ur 5, Ur 6, Ur 9 ve Ur 12 genleri tanımlanmıştır ve bunların arasında bazı isimlessiz genler de bulunmaktadır (Liebenberg ve Pretorius, 2010). Mienie ve ark. (2005), AFLP belirteçleri kullanılarak yapılan bir çalışmada, yedi AFLP parçasından beşi etkili bir şekilde dizi karakteristik çoğaltılmış bölge (SCAR) markörlerine dönüştürülmüş ve pas direnci ile güçlü bir şekilde ilişkilendirilmiştir. Çeşitli çalışanlar tarafından geliştirilen önceki SCAR markörleri iyi sonuçlar vermesine ve birçoğu kodominant olmasına rağmen, yine de zaman zaman sınırlamalarının üstesinden gelmek için girişimlerde bulunmaktadır. Yakın zamanda Hurtado-Gonzales ve ark. (2017) yüksek doğrulukta markörlerin geliştirilmesi amacıyla Ur-3 genini haritalamak için ince haritalama yaklaşımını kullanmıştır. Bu çalışmada Ur-3 genine sıkıca bağlı olan ve yanlış sonuç üretmeyen SS68 KASP markörü keşfedilmiştir. Bu markör, bilinen tüm pas genlerini içeren 130 fasulye çeşidinden oluşan oldukça çeşitli bir panelde kullanılmış ve bu KASP markörünün markör destekli ıslah için oldukça verimli olduğunu doğrulamıştır. Bu tür markörlerin kullanımı hatalı sonuçların olmamasına ve zaman ve iş gücünde önemli bir azalmaya neden olabilir (Wani ve ark., 2023). Bu hastalık, iklim ve çevre koşullarının elverişli olduğu yıllarda fasulye yetiştiriciliği yapılan hemen hemen her bölgede görülebilir (Anonim, 2024a).

Mücadele:

Hastalıklı bitki artıkları hasat edildikten sonra ya yakılmalı ya da derin çukurlara gömülmelidir. Hastalığın yaygın olduğu bölgelerde münavebe yapılmalıdır. Kimyasal mücadele olarak Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından Türkiye’de fasülyede *Uromyces appendiculatus* ve

U. phaseoli zararlı organizmasına karşı ruhsat almış fungusitlerin aktif madde içerikleri ve dozları; %80 Kükürt (300g/100l su), %96 Kükürt (3kg/da) ve %99 Kükürt (3kg/da) şeklindedir (Anonim, 2024b).

2. FASULYE BAKTERİYEL HASTALIKLAR

2.1. Fasulye Adi Yaprak Yanıklığı (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*)

Biyolojisi, semptom ve zarar:

Xanthomonas axonopodis pv. *phaseoli* (XaP), 0.4-0.9 x 0.6-2.6 µm boyutlarında, bir polar kamçı ile hareket eden gram-negatif bir bakteridir. XaP, bitkinin tüm hava kısımlarına saldırır, ancak semptomlar yapraklarda ve baklalarda daha şiddetli ve belirgindir. Bakteriler tohumla taşınır, bu birincil aşılama kaynağıdır (Saettler, 1989), ancak topraktaki yapraklarda ve diğer bitki artıklarında aylarca yaşayabilir (Saettler, 1989; Fourie, 2002). Kışı toprakta hastalıklı bitki artıkları ve tohumda geçiren hastalık etmeni, hastalıklı bitki artıklarından yağmur, rüzgâr ve sulama suyu tarafından etrafa dağılabilir. Bakteriler bazı yabancı otlar ve fasulye yaprakları üzerinde epifitik olarak yerleşebilir (Mahuku ve ark., 2006). Sıcaklık ve nem faktörleri etmenin koşullarını etkiler. Yağışların ardından havaların birden ısınması hastalığın artmasına neden olur. Kotiledon yaprakları, fasulye adi yaprak yanıklığının ilk belirtilerini gösterir. Başlangıçta, gerçek yapraklarda küçük, ıslak, düzensiz lekeler bulunur. Bu lekeler zamanla büyür, birbiriyle birleşir ve sonunda koyu kahverengi bir renk alır (Bastas ve Sahin, 2017). Bazen bu lekelerin etrafında parlak sarı bir bant oluşur. Kapsüldeki lekeler yağlı ve içe çöküktür. Kapsül zamanla gerilediğinde buruşmalar oluşur. Kapsül lekeleri, nemli havalarda sarı bir bakteri

akıntısı gösterir. Daha sonra kurur ve kızılışır (Anonim, 2024a). Fasulye hale yanıklığı ve XaP kapsül belirtileri çok benzer olduğundan, bu iki hastalığı birbirinden ayırmak zordur. Tohum enfeksiyonu, beyaz tohumlu fasulye çeşitlerinde sarı-kahverengi, şekilsiz lekeler oluşturabilir. Bu lekeleri renkli tohumlardan ayırmak zordur. Gövdede koyu yeşil, zamanla kahverengiye dönen çizgiler şeklinde izler ve nemli ve ıslak havalarda krem renkli bakteriyel sızıntılar görülür (Şekil 7) (Anonim, 2024a).



Şekil 7. *Phaseolus vulgaris*'in *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* ile üç yapraklı yaprak aşılmasında sera koşullarında 0-10 skalası (Zapata ve ak., 2011)

Ticari olarak fasulye üreten çoğu ülkede fasulye adi yaprak yanıklığı görülmüştür. Ülkemizin fasulye üretim bölgelerinde de hastalık var (Kursun ve ark., 2024). Kapsül bağlamadan önce meydana gelen enfeksiyon, önemli miktarda ürün kaybına neden olabilir. Hastalık, fasulye çeşidinin duyarlılığına ve çevresel koşullara bağlı olarak %10 ila 40 arasında değişen verim kayıplarına neden olur (Saettler, 1989). Maş fasüyesi (*Vigna radiata* (L.) Wilczek), Siyah mercimek (*V. mungo* L.), Mısır börülçesi (*Lablab niger*) ve Faz fasüyesi (*Macroptilium lathyroides*) de dahil olmak üzere çeşitli konukçular vardır. XaP yönetimi zordur ve esas olarak patojen içermeyen tohum ve dayanıklı

çeşitlere dayanmaktadır (Zaumeyer ve Thomas, 1957; Popovic ve ark., 2010; Bastas ve Sahin, 2017).

Mücadele:

Hastalıklardan ari temiz tohumluk kullanılmalıdır. Kimyasal mücadele olarak Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından Türkiye’de fasülyede *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* zararlı organizmasına karşı ruhsat almış fungusit aktif madde içeriği ve dozu %50 Metalik bakıra eşdeğer bakır oksiklorid (300gr/100lt su) şeklindedir (Anonim, 2024b).

2.2. Fasulye Hale Yanıklığı (*Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola*)

Biyolojisi, simptom, zarar ve dayanıklılık genleri:

Pseudomonas savastanoi pv. *phaseolicola* (Psp), 0.7-1.2 x 1.5-2.0 µm boyunda polar kamçılı gram-negatif bir bakteridir. Maksimum gelişme sıcaklığı 25-30°C, en yüksek 36-37°C ve en düşük 2-3°C'dir. Hastalığın gelişimi için en uygun sıcaklık 18-25 °C'dir (Dhaliwal ve ark., 2023). Kışı hastalık etmeni Psp, tohumda ya da hastalıklı bitki artıkları üzerinde toprakta geçirir. Hastalığın bulaşması bulaşık tohumlarla ya da toprakta kalan hastalıklı bitki artıklarıyla olur. Bakterinin kuru koşullarda bile bitki atıklarında, toprak yüzeyinde veya üzerinde ya da bir tarla içindeki fasulye yığınlarında 6 ila 18 ay boyunca hayatta kalması mümkündür (Tiwari ve ark., 2023). Rüzgârlı yağmur, etin bir tarladan diğerine yayılmasını kolaylaştırır. Serin, nemli ve yağışlı hava koşulları, hastalığın bulaşmasına ve enfeksiyon şiddetinin artmasına çok yardımcı olur. Bakteri, bulaşık tohumlarında yaklaşık iki yıl boyunca canlılığını koruyabilir (Anonim, 2024a).

Psp'nin ilk belirtileri kotiledon yapraklarında gözlemlenir. Küçük, köşeli, yeşilimsi-gri yağ lekeleri son derece göze çarpmaktadır. Serin ve ıslak koşullar bakla enfeksiyonunu destekler ve 9 mm çapa kadar dairesel ila oval, koyu yeşil, suyla ıslanmış, "yağlı" lezyonlarla sonuçlanır. (Tiwari ve ark., 2023). Gerçek yapraklarda merkezi kısmı kahverengi olan ve yeşilimsi-sarı bir halo ile çevrili leke simptomalar meydana gelir. Bakterinin ürettiği toksin bu durumu meydana getirir. Halenin boyutu değişkenlik gösterebilir. Ayrıca, toksin üretimi yüksek sıcaklıklarda durduğundan, hale lekeler küçük olabilir veya hiç oluşmayabilir (Anonim, 2024a).

Kapsül lekeleri, çeşitli boyutlarda yuvarlak, nemli görünümde lekeler veya çizgiler şeklindedir. Nemli koşullar bu lekeler üzerinde krem renginde bir bakteri eksudası ortaya çıkarabilir. Kapsül enfeksiyonu neticesinde kapsülde deformasyonlar meydana gelebilir. Bu enfeksiyon, bakteri iletim demetleri aracılığıyla tohumu da enfekte etmektedir. Özellikle beyaz tohumlu çeşitlerde, tohum kabuğu üzerinde sarı renkte enfekte alanlar gözlemlenmektedir. Bazı durumlarda, enfekte bitki parçacıklarıyla temas eden tohum kabuğundaki çatlaklar aracılığıyla bakteriler girebilir ve tohum bulaşıklığına yol açabilir. Bir veya daha fazla Psp ırkına karşı etkili olan üç *P. vulgaris* kromozomu (Pv02, Pv04 ve Pv10) üzerindeki ana etkili R genlerinin (Pse-1 ila Pse-6 Pse-1 ila Pse-6) konumları daha sonra bağlantı haritalamasına dayalı bir genetik çalışma ile keşfedilmiştir (Miklas ve ark., 2009, 2014). Bu ırka özgü genlerin hiçbiri, tüm dünyada fasulye üretimini tehlikeye atmaya devam eden kalıcı Psp ırk 6'ya karşı koruma sağlamamaktadır (Rico ve ark., 2003; Félix-Gastélum ve ark., 2016).

Tock (2017), Andean çeşitliliği panelinde ırk 6 direncinin genom çapında ilişkilendirme çalışmasında (GWAS) üç rekombinant inbred popülasyon için yüksek çözünürlüklü bağlantı haritaları kullanarak iki fasulye hattından üretilen PspH ırk 6'ya karşı direnci haritalandırdığında patojenin sekiz farklı ırkına karşı geniş spektrumlu direnç sağlayan Pv04 kromozomu üzerindeki tek bir ana etkili kantitatif özellik lokusu (QTL; HB4.2), PI 150414'ten 6. ırk direncinin kaynağıdır ve bu lokusa eşlendiğini tespit etmiştir. Irk 6 direnci için Pv05 kromozomunda, GWAS tohum üretimi üzerinde önemli bir etkiye sahip bir QTL (HB5.1) tanımlamıştır. Hastalık etmeni Psp, özellikle fasulye türlerinde önemli zararlar vermektedir. Bu hastalık, fasulye üretiminin yapıldığı birçok ülkede mevcuttur. Ülkemizde Karadeniz ve Marmara bölgelerinde ve diğer yetiştiriciliği yapılan alanlarında da görülebilmektedir. Bu etmenin temel konukçunun fasulyedir. Fasulye haricinde, bazı yemlik baklagiller de etmenin konukçuları arasında yer almaktadır. (Anonim, 2024a).

Mücadele:

Hastalıktan ari temiz tohumluk kullanılmalı. Hastalıkla enfekte bölgelerden temin edilen tohumlar, tohumluk olarak değerlendirilmemeli. Tohumluk üretimi, hastalık için elverişsiz sıcak ve kurak bölgelerde gerçekleştirilmelidir. Hastalıklı bitki atıkları seralardan uzaklaştırılmalı ve yok edilmelidir. Hasattan hemen sonra tüm enfekte bitki döküntüleri toplanmalı ve yakılmalıdır. Hastalık eğilimli bölgelerde üç yıllık rotasyonlar benimsenmelidir. Münavebe sırasında soya fasulyesi, börülce ve bu hastalıktan etkilenen diğer bitkilerin ekiminden kaçınılmalıdır. Patojenin yeni ırklarının ortaya çıkması nedeniyle, kabul edilebilir özelliklere sahip hastalığa dayanıklı fasulye çeşitleri geliştirme

abaları çok başarılı olmamıştır. Bununla birlikte, dayanıklı fasulye çeşitlerinin yetiştirilmesi tavsiye edilmektedir (Tiwari ve ark., 2023; Anonim, 2024a). Kimyasal mücadele olarak Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından Türkiye’de fasülyede *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola* zararlı organizmasına karşı ruhsat almış fungusit aktif madde içeriği ve dozu %50 Metalik bakıra eşdeğer bakır oksiklorid (300gr/100lt su) şeklinde-dir (Anonim, 2024b).

3. FASULYE VİRÜS HASTALIKLARI

3.1. Fasulye Adi Mozaik Virüsü (*Bean common mosaic potyvirus -BCMV*) ve Fasulye Adi Mozaik Nekroz Virüsü (*Bean common mosaic necrosis potyvirus -BCMNV*)

Biyolojisi, simptom, zarar ve dayanıklılık genleri:

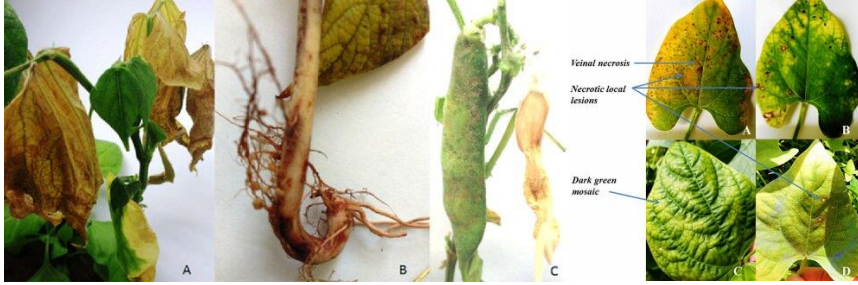
Her iki hastalık etmeni Potyviridae familyası, Potyvirus cinsine mensuptur. Fasulye adi mozaik virüsü (Bean common mosaic potyvirus-BCMV) ve Fasulye adi mozaik nekroz virüsü (Bean common mosaic necrosis potyvirus-BCMNV) uzunluk ve genişilik aralıkları sırasıyla 847-886 nm ve 12-15 nm ve 810-818 nm ve 12-15 nm’dir. Her ikisi etmende esnek çubuk formunda partikül şekle sahiptir (Ivanov ve ark., 2014). BCMV ve BCMNV hastalık etmeni, linear tek sarmal RNA genomunu içermektedirler. BCMV yedi ırk: NL1, US5, NL2, NL6, NL7, US2 ve NL4; BCMNV  ırk: NL3, NL5 ve NL8’a sahiptirler.

Bu virüsler *Acyrtosiphon pisum*, *Aphis fabae*, *A. craccivora* ve *Myzus persicae* gibi çeşitli yaprak bitleri ile non persistent yollarla, bitki özsuyu, tohumlar, tarım ekipmanları ve polenlerle mekanisel olarak taşınmaktadır (Rosen ve ark., 2015).

Her iki virüs de tohum aracılığıyla bulaşabilmektedir. Tohum bulaşma oranı, enfeksiyon sırasında bitkinin yaşına, bitki çeşidine ve virüs türüne bağlı olarak değişir. Çiçeklenmeden önce, tohumlar yoluyla enfeksiyonların bulaşma oranı %83-100'e kadar ulaşabilir (Li ve ark., 2014). Ancak BCMNV baskın I geni taşıyan fasulye çeşitleri tohumla taşınmamaktadır. Hastalık belirtileri virüsün türü ve ırkına, fasulyenin türüne (özellikle dominant I geninin varlığı), çevresel koşullara (özellikle sıcaklık) ve bitkinin enfekte olduğu evreye göre değişkenlik gösterir (Meziadi ve ark., 2017).

BCMNV ve BCMV etmenleri, I gen bölgesini içermeyen fasulye çeşitlerinde benzer simptomlara neden olur. Bu simptom belirtileri yapraklarda parlağımsı yeşil-sarı ve koyu yeşil mozaik lekeleri olarak görülmektedir. Damarlar genellikle koyu yeşil renkteyken, damar arası bölgeler parlak yeşilimsi sarı bir ton alır. Yapraktaki renk değişimi simptomu genellikle buruşukluk, kabarıklık, deformasyon ve yaprakların aşağıya doğru kıvrılması ile birlikte gözlemlenir. Fasulye çeşitlerinde genleri içeren BCMV, 30°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda sistemik nekroza yol açarken, BCMNV tüm sıcaklıklarda aynı etkiyi göstermektedir. Sistemik nekroz, bitkinin herhangi bir aşamasında genç yaprakçıklarda az şiddetli hafif solgunluk ile başlamakta, ardından iletim demetlerinde kahverengileşme ve kararma meydana gelmekte ve nihayetinde bitki ölmektedir. Bitkinin gövde kısmı ve bakla enine kesildiğinde, iletim demetlerinin kahverengi siyahımsı olarak gözlemlenmektedir. Sistemik nekroz belirtileri, zaman zaman *Fusarium oxysporum* f.sp *phaseoli*'nin neden olduğu solgunluk belirtisi ile karıştırılabilir. Virüslerin neden olduğu sistemik nekrozun en belirgin özelliğı, fasulye baklalarının iletim demetlerinde meydana gelen

nekrozun *Fusarium* solgunluğunda gözlemlenmemesidir (Şekil 8). Fasulye yetiştiriciliğinde BCMV ve BCMNV etmenleri önemli ekonomik kayıplara neden olabilmektedirler. Erken enfeksiyonlar, %80'e kadar ürün kaybına yol açabilmektedir (Li ve ark., 2014).



Şekil 8. *Phaseolus vulgaris*'un BCMV tarafından simptomsu (Kyrychenko ve ark., 2019)

Fasulyede viral hastalıklara karşı direnç kantitatif özellik lokusları, dominant genler ve resesif genler tarafından kontrol edilir. Pv04 kromozomu üzerindeki Ur-5, Pse-1 ve Co-9 gen kümeleri mozaik direncini etkileyen başlıca QTL'leri içerir (Miklas ve ark., 1996). Mendez-Vigo ve ark. (2005), Pv04 kromozomu üzerinde bulunan BGYMV QTL'sinin, SW12 SCAR için primerlerin bağlantısından çeşitli parça boyutlarının amplifikasyonundan çıkarıldığı gibi, Co-9 geni ile kodominant olarak kosegregasyon yaptığı gözlenmiştir. Urrea ve ark. (1996), bugüne kadar bulunan ve BGYMV'ye karşı direnç sağlayan MAS'a uygun tek gen, sırasıyla bgm-1 geni ile Pv04 QTL'si ile ilişkili SW12.700 SCAR ve SR2 SCAR markörleriydi. Pv02 kromozomunun sonundaki "I" lokusunun tanımlanmasından bu yana, fasulyede potyviruslere karşı koruma sağlayan baskın R genleri en büyük ilgiyi görmüştür. "I" lokusu, BCMV, BCMNV, BYMV, WMV-2 ve CIYVV gibi yıkıcı olanlar da dahil olmak üzere en az 10 potyvirus'e karşı geniş

spektrumlu direnç sağlar. I geni tüm BCMV suşlarına karşı direnç kazandırır. “I” lokusu, WMV-2'ye karşı direnç sağlayan ‘Hsw’ ve ‘Wmv’ olmak üzere iki direnç geni içerir. BCMV ve BCMNV'ye karşı direnç sağlayan bc-u , bc-1 (bc-1 ve bc-12) ve bc-2 (bc-2 ve bc-22) olarak adlandırılan dört resesif gen hem suşa özgü (örneğin, bc-1, bc-12, bc-2 ve bc-22) hem de spesifik değildir (bc-3) (Drijfhout ve ark., 1978). Pv03 kromozomunun terminal ucu bc-u ve bc-1'in bulunduğu yerdir. bc-3'ün eIF4E gen ailesine ait olduğu ve Pv06 kromozomu üzerinde yer aldığı belirlenmiştir (Larsen ve ark., 2005).

BCMV ülkemizdeki tüm fasulye tarlalarında yaygın olarak görülürken BCMNV ise sadece Samsun da tespit edilmiştir. Virüslerin konukçuları arasında acı bakla, fasulye ve bazı yabancı fasulye türleri bulunmaktadır (Anonim, 2024a).

Mücadele:

Hastalıktan ari temiz tohumluk kullanılmalı. Hastalıkla enfekte bölgelerden temin edilen tohumlar, tohumluk olarak değerlendirilmemeli. Hastalıklı bitki atıkları seralardan uzaklaştırılmalı ve yok edilmelidir. Hasattan hemen sonra tüm enfekte bitki döküntüleri toplanmalı ve yakılmalıdır.

3.2. Fasulye Sarı Mozaik Virüsü (Bean yellow mosaic potyvirus -BYMV)

Fasulye sarı mozaik virüsü (Bean yellow mosaic potyvirus - BYMV), Potyviridae familyasına ait bir potyvirus cinsi türüdür. Hastalık etmeni BYMV, 12-15 nm genişliğinde ve 750 nm uzunluğunda esnek çubuk formunda bir partikül yapısı mevcuttur. Linear tek sarmal RNA genomu sahiptir. Virüsün birçok varyantı/ırkı mevcuttur. Virüs,

Macrosiphum euphorbiae, *Acyrtosiphon pisum*, *Myzus persicae*, *Aphis fabae* ve *Aulacorthum solani* gibi birçok yaprak bitleri tür ile non-persistent olarak ve mekanik yolla bitki öz suyu ve tarımsal ekipmanlarla taşınmaktadır. Virüs yaprak bitleri tarafından yayılır ve kışı yabani baklagillerde geçirir (Tracy ve ark., 1992). *Phaseolus vulgaris*'te tohumla taşınmamaktadır. Ancak acı bakla (*Lupinus luteus*, *L. albus*), çayır üçgülü (*Trifolium pratense*), Ak Taş Yoncası (*Melilotus alba*), Bezelye (*Pisum sativum*) ve bakla (*Vicia faba*) vb. bazı baklagillerde tohumla çok düşük oranda (% 3) taşınmaktadır (Bos, 1970; Neergaard, 1977).

Hastalık belirtileri, virüs türüne, fasulye çeşidine, çevresel koşullara ve bitkinin enfekte olduğu döneme bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Petrovic ve ark., 2010). Enfekte bitkilerin yapraklarında parlak sarı mozaik lekeleri ve beneklenme belirtileri yaygındır. Karakteristik belirtiler yaşlı yapraklarda daha belirgin hale gelir. Ayrıca, yapraklar sertleşir, aşağı doğru kıvrılarak fincan şeklini alabilir ve kırışıklıklar meydana gelebilir (Anonim, 2024a). Erken enfeksiyonlar, bitkinin gelişimini olumsuz etkiler; boyu kısalmış ve sağlıklı bitkilere kıyasla çiçeklenme ve meyve tutma süresi gecikir. Sırk ve yarı sirk fasulye çeşitlerinde, şiddetli enfeksiyonlar sürgün uçlarında nekrozla sonuçlanabilir ve geriye doğru ölüme yol açabilir. BYMV'nin fasulyede yaygın dağılımı nedeniyle dünya çapında %30-40 verim kaybı belgelenmiştir (Tracy ve ark., 1992). BYMV ülkemizdeki tüm fasulye tarlalarında yaygın olarak görülmektedir.

Virüsün fasulye haricindeki konukçuları; soya, bezelye, acı bakla, bakla gibi baklagiller, kırmızı üçgül, ak üçgül, fiğ, yonca gibi yem

bitkileri ile glayöl ve menekşe gibi bazı süs bitkileridir (Sharma ve ark., 2015; Anonim, 2024a).

Mücadele:

Hastalıktan ari temiz tohumluk kullanılmalı. Hastalıkla enfekte bölgelerden temin edilen tohumlar, tohumluk olarak değerlendirilmemeli. Hastalıklı bitki atıkları seralardan uzaklaştırılmalı ve yok edilmelidir. Hasattan hemen sonra tüm enfekte bitki döküntüleri toplanmalı ve yakılmalıdır.

Sonuç olarak; Dünyanın ılıman, tropikal ve subtropikal bölgelerinde yaygın olarak yetiştirilen önemli bir baklagil bitkisi fasulye, diğer birçok üründen çok daha iyi ve kolay saklanır ve hasat sonrası nispeten düşük kayıplar gösterir. Yüksek protein, lif, biyoaktif bileşikler ve enerji seviyeleri, iyileştirilmiş diyet durumunda özellikle dikkat çekicidir. Farklı ekim sistemlerinde ihtiyaçlarına uyacak şekilde büyük bir genetik çeşitliliği uyarlayabilmiş, geliştirebilmiş ve koruyabilmiştir. Dahası, fasulyelerin doğal üretim yönleri, daha verimli arazi kullanımı, iyileştirilmiş ürün verimleri ve azaltılmış hasat sonrası kayıplar gibi çok sayıda küresel gıda üretimi ve çevresel zorluğun iyileştirilmesine yardımcı olduğu gösterilmiştir. Fasulyelerin genişletilmiş üretimi ve tüketimi, sürdürülebilir tarım ve iklim değişikliğini etkileyen çok sayıda faktör üzerinde olumlu etkilere sahiptir. Buda tarım sistemlerinde küresel sürdürülebilirliğe, ulusal ekonomiye ve gıda güvenliğine önemli ölçüde katkıda bulunur. Sağlıklı bir diyetle bitki bazlı gıdalara artan vurgu, son yıllarda önemli bir tüketici tercihi eğilimi olarak ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilir fasulye üretiminin geleceği, çeşitli ürün rotasyon dizilerinin daha fazla kullanılmasını ve örtü bitkileri, modern

bitki ıslahı ve fide canlılığını ve yerleşimini iyileştirmek için biyolojik ve diğer gelişmiş teknikleri kullanan tohum kabuğu işlemleri yoluyla hastalık baskılayıcı yönetimi içerir.

Başlıca biyotik üretim kısıtlamaları arasında önemli bakteriyel, fungal ve viral etmenler bulunmaktadır. Yıkıcı hastalıklardan adı bakteriyel yanıklık ve antraknoz genellikle tüm yıl boyunca görülür. Bu hastalıklar esas olarak yaprakları, gövdeleri, baklaları ve yaygın fasulye tohumlarını enfekte eder. Adı bakteriyel yanıklık, tohum yoluyla taşınan önemli bir hastalıktır ve dünya çapında duyarlı çeşitlerde %30-70 aralığında verim kayıpları kaydedilmiştir. Enfekteli tohumlar, bitki artıkları ve hava yoluyla yayılma hastalıkların neden olduğu enfeksiyonlar için primer inokulum kaynaklarıdır. Bu nedenle, sağlıklı tohumun kullanımı, tarla sanitasyonu, sprey ve tohum işleme kimyasalları, toprak iyileştirme, uygun ürün yoğunluğu ve ürün rotasyonu düşünülebilir ve hastalık yoğunluklarını azaltmak için kullanılabilir yönetim seçenekleri olabilir. Ancak, ekim alanının kısıtlı olması ve sprey ve tohum işleme için kimyasalların kullanımının genellikle pahalı olması ve küçük çiftçiler tarafından kolayca bulunamaması veya karşılanamaması nedeniyle ürün rotasyonu zor olabilir. Bu nedenle, genetik direncin kullanımı, fasulye üretiminde hastalık yönetim yaklaşımının en iyi stratejisi, ekonomik ve çevresel olarak dayanıklı yöntemidir. Yüksek düzeyde konukçu direnci, verim kayıplarını en aza indirebilir, kimyasal kullanımını azaltabilir, entegre hastalık yönetim şemasını kolaylaştırabilir ve patojensiz tohumların dağıtımını artırabilir.

Elbette, fasulye genotiplerindeki hastalık direnci, çevre ve zaman içinde dinamiktir. Fasulye genotiplerinin iki veya daha fazla hastalığa

karşı sürekli değerlendirilmesi ve tanımlanması, tek bir hastalık direncine güvenmekten daha iyi koruma sağlar, çünkü tek bir üründe birden fazla patojenin bulunması tropik bölgelerde iyi bilinen bir olgudur ve entegre bir hastalık yönetim şemasında birincil bileşen olarak kullanılabilir. Çoklu hastalık direnci, entegre hastalık yönetim sistemlerinde konuk bitki direncine olan bağımlılığın artması ve ayrıca çok ihtiyaç duyulan proteini sağlayan tane baklagillerin, çiftçilerin mevcut kaynaklara erişiminin sınırlı olduğu gelişmekte olan ülkelerde yaygın olarak yetiştirilmesi nedeniyle son yıllarda önem kazanmıştır. Üretim için kullanılabilir veya ticari çeşitlere düzenli olarak aktarılabilir seçkin genotipleri veya direnç kaynaklarını belirlemek için iki veya daha fazla hastalık için doğal enfeksiyon altındaki fasulye genotiplerini değerlendirmek önemlidir. Bu, yeni ortaya çıkan bitki patojenik ırklarını etkisiz hale getirebilir ve halihazırda var olan dirençli çeşitlerde direnci güçlendirebilir.

Yüksek verim ve verim bileşenleri vaat eden elit fasulye genotiplerinin hastalık direnci durumunu belirlemek, artan fasulye üretimini ve verimliliğini desteklemek için zorunludur. Fasulye bitki mimarisinin yeniden tasarlanması, hastalık toleransı, derin kök sistemleri ve tarla kurutma ve doğrudan hasatla uyumlu dallanma desenleri için yetiştirmeyi içerebilir. Ek olarak, uygun ürün dizilerinin benimsenmesinin birçok düşük karbon ayak izi yönü vardır ve toprak sağlığı için örtü bitkileri ve kışlık tahılların entegrasyonunu teşvik eder.

KAYNAKÇA

- Abawi, G. S., Ludwig, J. W., & Gugino, B. K. (2006). Bean root rot evaluation protocols currently used in New York. *Annual Report-Bean Improvement Cooperative*, 49, 83
- Abed-Ashtiani, F., Narmani, A., & Arzanlou, M. (2018). *Macrophomina phaseolina* associated with grapevine decline in Iran. *Phytopathologia Mediterranea*, 57(1), 107-111. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-20691
- Abo-Elyousr, K. A., Abdel-Rahim, I. R., Almasoudi, N. M., & Alghamdi, S. A. (2021). Native endophytic *Pseudomonas putida* as a biocontrol agent against common bean rust caused by *Uromyces appendiculatus*. *Journal of Fungi*, 7(9), 745. <https://doi.org/10.3390/jof7090745>
- Adesemoye, A. O., Orrell, T., & Kodati, S. (2018). Effect of virulence of root rot pathogens and cultivar resistance on disease occurrence in dry beans. *Plant Health Progress*, 19(3), 237-241. <https://doi.org/10.1094/php-06-18-0034-rs>
- Adli, H. K., Remli, M. A., Wan Salihin Wong, K. N. S., Ismail, N. A., González-Briones, A., Corchado, J. M., & Mohamad, M. S. (2023). Recent advancements and challenges of AIoT application in smart agriculture: A review. *Sensors*, 23(7), 3752. <https://doi.org/10.3390/S23073752> (2023)
- Angioi, S. A., Rau, D., Attene, G., Nanni, L., Bellucci, E., Logozzo, G., ... & Papa, R. (2010). Beans in Europe: origin and structure of the European landraces of *Phaseolus vulgaris* L. *Theoretical and Applied Genetics*, 121, 829-843. <https://doi.org/10.1007/s00122-010-1353-2>
- Anonim (2024 b). <https://bku.tarimorman.gov.tr/Arama/Index?csrt=9182847716162412566> (Erişim Tarihi: 01. Ekim. 2024)
- Anonim (2024a). Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Zirai Mücadele Teknik Talimatı, Cilt 3 (Erişim Tarihi: 01. Ekim. 2024)
- Aytenfsu, M., Terefe, H., & Ayana, G. (2019). Distribution and association of common bean angular leaf spot (*Phaeoisariopsis griseola*) with biophysical factors in southern and southwestern Ethiopia. *East African Journal of Sciences*, 13(1), 51-64

- Barrus, M. F. (1911) Variation of cultivars of beans in their susceptibility to anthracnose. *Phytopathology*, 1:190-195
- Bastas, K. K., & Sahin, F. (2017). Evaluation of seedborne bacterial pathogens on common bean cultivars grown in central Anatolia region, Turkey. *European Journal of Plant Pathology*, 147, 239-253. <https://doi.org/10.1007/s10658-016-0995-6>
- Batista, R. O., Silva, L. C., Moura, L. M., Souza, M. H., Carneiro, P. C. S., Filho, J. L. S. C., & de Souza Carneiro, J. E. (2017). Inheritance of resistance to *fusarium* wilt in common bean. *Euphytica*, 213, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s10681-017-1925-1>
- Biswas, K., & Ghosh, P. (2016). Recent advancements and biological management of *Fusarium udum*: A causative agent of Pigeon pea wilt. *International Journal of Applied and Natural Sciences*, 5(3), 57-72
- Bos, L. (1970). Bean yellow mosaic virus. CMI/AAB descriptions of plant viruses.
- Carling, D. E., Pope, E. J., Brainard, K. A., & Carter, D. A. (1999). Characterization of mycorrhizal isolates of *Rhizoctonia solani* from an orchid, including AG-12, a new anastomosis group. *Phytopathology*, 89(10), 942-946
- Chen, L., Wu, Q., He, W., He, T., Wu, Q., & Miao, Y. (2019). Combined de novo transcriptome and metabolome analysis of common bean response to *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* infection. *International journal of molecular sciences*, 20(24), 6278. <https://doi.org/10.3390/ijms20246278>
- Conner, R. L., Hou, A., Balasubramanian, P., McLaren, D. L., Henriquez, M. A., Chang, K. F., & McRae, K. B. (2014). Reaction of dry bean cultivars grown in western Canada to root rot inoculation. *Canadian Journal of Plant Science*, 94(7), 1219-1230. <https://doi.org/10.4141/cjps2013-416>
- Dhaliwal, S. K., Pandey, A., Lahkar, C., Sheetal, & Kaur, S. (2023). Biotic Stress Resistance in *Vigna mungo* and *Vigna radiata*: A Molecular Perspective. In *Diseases in Legume Crops: Next Generation Breeding Approaches for Resistant Legume Crops* (pp. 141-173). Singapore: Springer Nature Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-99-3358-7-7>
- Didinger, C., Foster, M. T., Bunning, M., & Thompson, H. J. (2022). Nutrition and human health benefits of dry beans and other pulses. *Dry Beans and pulses:*

- Production, processing, and Nutrition, 481-504.
<https://doi.org/10.1002/9781119776802.ch19>
- Drijfhout, E., Silbernagel, M. J., & Burke, D. W. (1978). Differentiation of strains of bean common mosaic virus. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, *84*, 13-26.
- FAO. (2022). Crop Production and Trade Data. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Félix-Gastélum, R., Maldonado-Mendoza, I. E., Navarrete-Maya, R., Olivas-Peraza, N. G., Brito-Vega, H., & Acosta-Gallegos, J. A. (2016). Identification of *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* as the causal agent of halo blight in yellow beans in northern Sinaloa, Mexico. *Phytoparasitica*, *44*, 369-378.
<https://doi.org/10.1007/s12600-016-0530-5>
- Fininsa, C., & Yuen, J. (2001). Association of bean rust and common bacterial blight epidemics with cropping systems in Hararghe highlands, eastern Ethiopia. *International Journal of Pest Management*, *47*(3), 211-219.
<https://doi.org/10.1080/09670870110044021> (2001)
- Fourie, D. (2002). Distribution and severity of bacterial diseases on dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in South Africa. *Journal of Phytopathology*, *150*(4-5), 220-226
- Gan, Y., Liang, C., Hamel, C., Cutforth, H., & Wang, H. (2011). Strategies for reducing the carbon footprint of field crops for semiarid areas. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *31*, 643-656. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0011-7>
- Ghoneem, K. M., El-Wakil, D. A., Ahmed, M. I., Kamel, H. M., Rashad, E. M., Al-Askar, A. A., ... & Ibrahim, A. A. (2023). Biodiversity of *Rhizoctonia solani* in *Phaseolus vulgaris* seeds in east delta of Egypt. *Agronomy*, *13*(5), 1317.
<https://doi.org/10.3390/agronomy13051317>
- Godoy-Lutz, G., Steadman, J. R., Higgins, B., & Powers, K. (2003). Genetic variation among isolates of the web blight pathogen of common bean based on PCR-RFLP of the ITS-rDNA region. *Plant disease*, *87*(7), 766-771.
<https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.7.766>
- Gomez, D., Selvaraj, M. G., Casas, J., Mathiyazhagan, K., Rodriguez, M., Assefa, T., ... & Espitia, E. (2024). Advancing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

- disease detection with YOLO driven deep learning to enhance agricultural AI. *Scientific Reports*, 14(1), 15596. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-66281-w>
- Huertas, R., William Allwood, J., Hancock, R. D. & Stewart, D. (2022). Iron and zinc bioavailability in common bean (*Phaseolus vulgaris*) is dependent on chemical composition and cooking method. *Food Chem.* 387, 132900. <https://doi.org/10.1016/J.Foodchem.2022.132900>
- Hurtado-Gonzales, O. P., Valentini, G., Gilio, T. A., Martins, A. M., Song, Q., & Pastor-Corrales, M. A. (2017). Fine mapping of Ur-3, a historically important rust resistance locus in common bean. G3: Genes, Genomes, *Genetics*, 7(2), 557-569. <https://doi.org/10.1534/g3.116.036061>
- Ivanov, K. I., Eskelin, K., Lohmus, A., & Mäkinen, K. (2014). Molecular and cellular mechanisms underlying potyvirus infection. *Journal of General Virology*, 95(7), 1415-1429. <https://doi.org/10.1099/vir.0.064220-0>
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2022). Enhancing smart farming through the applications of Agriculture 4.0 technologies. *International Journal of Intelligent Networks*, 3, 150-164. <https://doi.org/10.1016/J.IJIN.2022.09.004>
- Javaid, M., Haleem, A., Khan, I. H., & Suman, R. (2023). Understanding the potential applications of artificial intelligence in agriculture sector. *Advanced Agrochem*, 2(1), 15-30. <https://doi.org/10.1016/J.AAC.2022.10.001>
- Karadavut, U., & Sözen, Ö. (2024). İç Anadolu Ekolojik Koşullarında Bazı Kuru Fasulye Genotiplerinin Morfo-Agronomik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Turkish Journal of Agricultural & Natural Sciences*, 11(3), 767 - 778. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1458797>
- Karavina, C., Mandumbu, R., Parwada, C., & Zivenge, E. (2011). Epiphytic survival of *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (EF SM). *Journal of Animal and Plant Sciences*, 9(2), 1161-1168. <http://www.biosciences.elewa.org/JAPS;ISSN2071-7024> (2011)
- Kelly, J. D., & Vallejo, V. A. (2004). A comprehensive review of the major genes conditioning resistance to anthracnose in common bean. *Hort. Science*, 39(6), 1196-1207

- Kelly, J. D., & Bornowski, N. (2018). Marker-assisted breeding for economic traits in common bean. *Biotechnologies of Crop Improvement, Volume 3: Genomic Approaches*, 211-238. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94746-4_10
- Kennelly, M., O'Mara, J., Rivard, C., Miller, G. L., & Smith, D. (2012). Introduction to abiotic disorders in plants. *The Plant Health Instructor*, 10(1094), 10-20. <https://doi.org/10.1094/PHI-I-2012-10-29-01>
- Koinange, E. M. K., & Gepts, P. (1992). Hybrid weakness in wild *Phaseolus vulgaris* L. *Journal of Heredity*, 83(2), 135-139.
- Kursun, R., Gur, A., Bastas, K. K., & Koklu, M. (2024). Hybridizing Long Short-Term Memory and Bi-Directional Long Short-Term Memory Models for Efficient Classification: A Study on *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (XaP) in Two Bean Varieties. *Agronomy*, 14(7), 1495. <https://doi.org/10.3390/agronomy14071495>
- Kyrychenko, A., Shcherbatenko, I., & Mishchenko, L. (2019). BCMV-ukr: isolate of Bean common mosaic virus revealed in Ukraine. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 52(11-12), 1005-1017. <http://dx.doi.org/10.1080/03235408.2019.1688448>
- Landeras, E., Trapiello, E., Braña, M., & González, A. J. (2017). Occurrence of angular leaf spot caused by *Pseudocercospora griseola* in *Phaseolus vulgaris* in Asturias, Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 15(3), e10SC03-e10SC03. <https://doi.org/10.5424/sjar/2017153-10798>
- Larsen, R. C., Miklas, P. N., Druffel, K. L., & Wyatt, S. D. (2005). NL-3 K strain is a stable and naturally occurring interspecific recombinant derived from Bean common mosaic necrosis virus and Bean common mosaic virus. *Phytopathology*, 95(9), 1037-1042. <https://doi.org/10.1094/Phyto-95-1037>
- Leitão, S. T., Malosetti, M., Song, Q., van Eeuwijk, F., Rubiales, D., & Vaz Patto, M. C. (2020). Natural variation in Portuguese common bean germplasm reveals new sources of resistance against *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* and resistance-associated candidate genes. *Phytopathology*, 110(3), 633-647. <https://doi.org/10.1094/Phyto-06-19-0207-R>
- Li, Y. Q., Liu, Z. P., Yang, K., Li, Y. S., Zhao, B., Fan, Z. F., & Wan, P. (2014). First report of Bean common mosaic virus infecting Azuki bean (*Vigna angularis*) in

- China. *Plant Disease*, 98(7), 1017-1017. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-14-0064-PDN>
- Liebenberg, M. M., & Pretorius, Z. A. (2010). 1 Common bean rust: pathology and control. *Horticultural reviews*, 37 (1)
- Liu, F., Cai, L., Crous, P. W., & Damm, U. (2013). Circumscription of the anthracnose pathogens *Colletotrichum lindemuthianum* and *C. nigrum*. *Mycologia*, 105(4), 844-860. <https://doi.org/10.3852/12-315>
- Mahiya-Farooq Padder, B. A., Bhat, N. N., Shah, M., Shikari, A. B., Awale, H. E., & Kelly, J. D. (2019). Temporal expression of candidate genes at the Co-1 locus and their interaction with other defense related genes in common bean. *Physiol. Mol. Plant. Pathol.*, 108:101424. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2019.101424>
- Mahuku, G. S., Jara, C., Henriquez, M. A., Castellanos, G., & Cuasquer, J. (2006). Genotypic Characterization of the Common Bean Bacterial Blight Pathogens, *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* and *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* var. *fuscans* by rep-PCR and PCR-RFLP of the Ribosomal Genes. *Journal of phytopathology*, 154(1), 35-44
- Méndez-Vigo, B., Rodríguez-Suárez, C., Paneda, A., Ferreira, J. J., & Giraldez, R. (2005). Molecular markers and allelic relationships of anthracnose resistance gene cluster B4 in common bean. *Euphytica*, 141, 237-245. <https://doi.org/10.1007/s10681-005-7075-x>
- Meziadi, C., Richard, M. M., Derquennes, A., Thareau, V., Blanchet, S., Gratiias, A., ... & Geffroy, V. (2016). Development of molecular markers linked to disease resistance genes in common bean based on whole genome sequence. *Plant Science*, 242, 351-357. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2015.09.006>
- Meziadi, C., Blanchet, S., Geffroy, V., & Pflieger, S. (2017). Genetic resistance against viruses in *Phaseolus vulgaris* L.: State of the art and future prospects. *Plant Science*, 265, 39-50. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2017.08.009>
- Mienie, C. M. S., Liebenberg, M. M., Pretorius, Z. A., & Miklas, P. N. (2005). SCAR markers linked to the common bean rust resistance gene Ur-13. *Theoretical and Applied Genetics*, 111, 972-979. <https://doi.org/10.1007/s00122-005-0037-9>
- Miklas, P. N., Johnson, E., Stone, V., Beaver, J. S., Montoya, C., & Zapata, M. (1996). Selective mapping of QTL conditioning disease resistance in common bean.

- Crop Science*, 36(5), 1344-1351. <https://doi.org/10.2135/cropsci1996.0011183X003600050044x>
- Miklas, P. N., Stavely, J. R., & Kelly, J. D. (1993). Identification and potential use of a molecular marker for rust resistance in common bean. *Theoretical and Applied Genetics*, 85, 745-749. <https://doi.org/10.1007/BF00225014>
- Miklas, P. N., Fourie, D., Wagner, J., Larsen, R. C., & Mienie, C. M. (2009). Tagging and mapping Pse-1 gene for resistance to halo blight in common bean differential cultivar UI-3. *Crop science*, 49(1), 41-48
- Miklas, P. N., Fourie, D., Trapp, J., Davis, J., & Myers, J. R. (2014). New loci including Pse-6 conferring resistance to halo bacterial blight on chromosome Pv04 in common bean. *Crop Science*, 54(5), 2099-2108. <https://doi.org/10.2135/cropsci2014.03.0213>
- Murillo I, A., Falconí-Castillo, E., Mazón, N., & Peralta I, E. (2006). Resistance sources for rust, angular leaf spot and common bacterial blight in common bean for Ecuador
- Nabi, A., Lateef, I., Nisa, Q., Banoo, A., Rasool, R. S., Shah, M. D., ... & Padder, B. A. (2022). *Phaseolus vulgaris-Colletotrichum lindemuthianum* pathosystem in the post-genomic era: An update. *Current Microbiology*, 79(2), 36. <https://doi.org/10.1007/s00284-021-02711-6>
- Nadeem, M. A., Yeken, M. Z., Shahid, M. Q., Habyarimana, E., Yilmaz, H., Alsaleh, A., ... & Baloch, F. S. (2021). Common bean as a potential crop for future food security: an overview of past, current and future contributions in genomics, transcriptomics, transgenics and proteomics. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 35(1), 759-787. <https://doi.org/10.1080/13102818.2021.1920462>
- Nchanji, E. B., Lutomia, C. K., Chirwa, R., Templer, N., Rubyogo, J. C., & Onyango, P. (2021). Immediate impacts of COVID-19 pandemic on bean value chain in selected countries in sub-Saharan Africa. *Agricultural systems*, 188, 103034. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2020.103034>
- Neergaard, P. (1977). Seed Pathology, vol. 1. London: Macmillan Press Ltd.; p. 839.
- Nunes, M. P. B. A., Gonçalves-Vidigal, M. C., Martins, V. S., Xavier, L. F., Valentini, G., Vaz Bisneta, M., & Vidigal Filho, P. S. (2021). Relationship of *Colletotrichum lindemuthianum* races and resistance loci in the *Phaseolus*

- vulgaris* L. genome. *Crop Science*, 61(6), 3877-3893. <https://doi.org/10.1002/csc2.20601>
- Nwokolo, E., & Smartt, J. (Eds.). (1996). Food and feed from legumes and oilseeds (pp. 144-158). London, UK:: Chapman & Hall.
- Oladzad, A., Zitnick-Anderson, K., Jain, S., Simons, K., Osorno, J. M., McClean, P. E., & Pasche, J. S. (2019). Genotypes and genomic regions associated with *Rhizoctonia solani* resistance in common bean. *Frontiers in plant science*, 10, 956. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00956>
- Padder, B. A., Sharma, P. N., Awale, H. E., & Kelly, J. D. (2017). *Colletotrichum lindemuthianum*, the causal agent of bean anthracnose. *Journal of Plant Pathology*, 317-330. <https://doi.org/10.4454/jpp.v99i2.3867>
- Pandey, A. K., Burlakoti, R. R., Rathore, A., & Nair, R. M. (2020). Morphological and molecular characterization of *Macrophomina phaseolina* isolated from three legume crops and evaluation of mungbean genotypes for resistance to dry root rot. *Crop Protection*, 127, 104962. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104962>
- Paulino, J. F. D. C., Almeida, C. P. D., Bueno, C. J., Song, Q., Fritsche-Neto, R., Carbonell, S. A. M., ... & Benchimol-Reis, L. L. (2021). Genome-wide association study reveals genomic regions associated with fusarium wilt resistance in common bean. *Genes*, 12(5), 765. <https://doi.org/10.3390/genes12050765>
- Petrović, D., Ignjatov, M., Nikolić, Z., Vujaković, M., Vasić, M., Milošević, M., & Taški-Ajduković, K. (2010). Occurrence and distribution of viruses infecting the bean in Serbia. *Archives of Biological Sciences*, 62(3), 595-601
- Popovic, T., Balaz, J., Nikolic, Z., Starovic, M., Gavrilovic, V., Aleksic, G., ... & Zivkovic, S. (2010). Detection and identification of *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* on bean seed collected in Serbia. *African Journal of Agricultural Research*, 5(19), 2730-2736
- Reinprecht, Y., Schram, L., Marsolais, F., Smith, T. H., Hill, B., & Pauls, K. P. (2020). Effects of nitrogen application on nitrogen fixation in common bean production. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1172. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01172>

- Rico, A., López, R., Asensio, C., Aizpún, M. T., Asensio-S.-Manzanera, M. C., & Murillo, J. (2003). Nontoxicogenic strains of *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* are a main cause of halo blight of beans in Spain and escape current detection methods. *Phytopathology*, 93(12), 1553-1559
- Rosen, R., Kanakala, S., Kliot, A., Pakkianathan, B. C., Farich, B. A., Santana-Magal, N., ... & Ghanim, M. (2015). Persistent, circulative transmission of begomoviruses by whitefly vectors. *Current opinion in virology*, 15, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2015.06.008>
- Saettler AW. (1989). Common bacterial blights. In: HF Schwartz, MA Pastor-Corrales (eds), Bean production problems in the tropics, 2nd edn, Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), pp. 26-301
- Schoonhoven, A. van, & Voysest, O., (1991). Common beans: research for crop improvement. CIAT, Cali, Colombia
- Senapati, M., Tiwari, A., Sharma, N., Chandra, P., Bashyal, B. M., Ellur, R. K., ... & Krishnan, S. G. (2022). *Rhizoctonia solani* Kühn pathophysiology: status and prospects of sheath blight disease management in rice. *Frontiers in Plant Science*, 13, 881116. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.881116>
- Sharma, P. N., Sharma, O. P., Padder, B. A., & Kapil, R. (2008). Yield loss assessment in common bean due to anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) under sub temperate conditions of North-Western Himalayas. *Indian Phytopathology*, 61(3), 323
- Sharma, M., & Pande, S. (2013). Unravelling effects of temperature and soil moisture stress response on development of dry root rot (*Rhizoctonia bataticola* (Taub.)) Butler in chickpea. *American Journal of Plant Sciences*, 4(3), 584-589. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2013.43076>
- Sharma, P. N., Sharma, V., Sharma, A., Rajput, K., & Sharma, S. K. (2015). Identification and molecular characterization of Bean yellow mosaic virus infecting French bean in Himachal Pradesh. *Virusdisease*, 26, 315-318. <https://doi.org/10.1007/s13337-015-0270-z>
- Siddiq, M., Uebersax, M. A., & Siddiq, F. (2022). Global production, trade, processing and nutritional profile of dry beans and other pulses. In M. Siddiq & M. A. Uebersax (Eds.), *Dry beans and pulses: Production, processing, and nutrition*

- (Second ed.) (pp. 1-28). John Wiley & Sons.
<https://doi.org/10.1002/9781119776802>
- Singh, S. K., Nene, Y. L., & Reddy, M. V. (1990). Influence of cropping systems on *Macrophomina phaseolina* populations in soil. *Plant Dis*, 74(10), 812-814.
- Sözen, Ö., & Karadavut, U. (2020). A research on determination of some quality properties of dry bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in different locations. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4), 1205-1217.
<https://doi.org/10.30910/turkjans.776613>
- Talaviya, T., Shah, D., Patel, N., Yagnik, H., & Shah, M. (2020). Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 4, 58-73.
<https://doi.org/10.1016/J.AIIA.2020.04.002>
- Tiwari, N., Barpete, S., Kumar, T., Saxena, D. R., & Maalouf, F. (2023). Disease resistance an essential for better adaptability and production of faba bean in india (*Vicia faba* L.). In *diseases in legume crops: Next generation breeding approaches for resistant legume crops* (pp. 175-193). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-3358-7_8
- Tock, A. J. (2017). Applying next-generation sequencing to enable marker-assisted breeding for adaptive traits in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) (Doctoral dissertation, University of Warwick)
- Tracy, S. L., Frenkel, M. J., Gough, K. H., Hanna, P. J., & Shukla, D. D. (1992). Bean yellow mosaic, clover yellow vein, and pea mosaic are distinct potyviruses: evidence from coat protein gene sequences and molecular hybridization involving the 3' non-coding regions. *Archives of virology*, 122, 249-261.
<https://doi.org/10.1007/BF01317187>
- Uebersax, M. A., Cichy, K. A., Gomez, F. E., Porch, T. G., Heitholt, J., Osorno, J. M., ... & Bales, S. (2023). Dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a vital component of sustainable agriculture and food security-A review. *Legume science*, 5(1), e155. <https://doi.org/10.1002/leg3.155>
- Urrea, C. A., Miklas, P. N., Beaver, J. S., & Riley, R. H. (1996). A codominant randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) marker useful for indirect

- selection of bean golden mosaic virus resistance in common bean. *Am. Soc. Hortic. Sci.*, 121(6):1035-1039
- Wani, S., Nisa, Q., Fayaz, T., Nabi, N., Nabi, A., Lateef, I., ... & Padder, B. A. (2023). An overview of major bean diseases and current scenario of common bean resistance. *Diseases in legume crops: Next generation breeding approaches for resistant legume crops*, 99-123. https://doi.org/10.1007/978-981-99-3358-7_5
- Xue, R., Wu, J., Zhu, Z., Wang, L., Wang, X., Wang, S., & Blair, M. W. (2015). Differentially expressed genes in resistant and susceptible common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes in response to *Fusarium oxysporum* f. sp. phaseoli. *PLoS One*, 10(6), e0127698. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127698>
- Yeken, M., Çiftçi, V., Çancı, H., Özer, G., Kantar, F. (2019). Türkiye'nin Batı Anadolu Bölgesi'nden toplanan yerel fasulye genotiplerinin morfolojik karakterizasyonu. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5 (1), 124-139. <https://doi.org/10.24180/ijaws.529713>
- Zapata, M., Beaver, J.S. & Porch, T.G. (2011). Dominant gene for common bean resistance to common bacterial blight caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*. *Euphytica* 179, 373-382. <https://doi.org/10.1007/s10681-010-0313-x>
- Zaumeyer, W. J., & Thomas, H. R. (1957). A monographic study of bean diseases and methods for their control (No. 868). US Department of Agriculture
- Zuiderveen, G. H., Padder, B. A., Kamfwa, K., Song, Q., & Kelly, J. D. (2016). Genome-wide association study of anthracnose resistance in Andean beans (*Phaseolus vulgaris*). *PLoS one*, 11(6), e0156391. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156391>

BÖLÜM 5

KURU FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L.) YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KARŞILAŞILAN ZARARLILAR

Arş. Gör. Zeynep YUMLU¹

Doç. Dr. Emre EVLİCE²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14285706>

¹ Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Sivas, E-mail: z.yumlu@sivas.edu.tr, Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0005-8525-5962>

² Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Sivas, E-mail: emre.evlice@sivas.edu.tr, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-6402-0287>

GİRİŞ

Leguminosae familyasına ait bir baklagil türü olan Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) bu aile içinde dünya çapında en çok üretilen çeşit olarak dikkat çekmektedir.(Singh ve ark., 2007). Tropikal, subtropikal ve ılıman bölgelerde geniş bir coğrafyada yetiştirilen fasulye (Burle ve ark., 2010), hem taze hem de kuru olarak tüketilebilen çeşitlere sahiptir (Karavidas ve ark., 2022; Sözen ve ark., 2022).

Yüksek protein, vitamin, mineral ve diyet lifi içeriği ile insanların günlük kalori alımının yaklaşık %15'ini ve protein ihtiyacının %30'undan fazlasını karşılaması (Razvi ve ark., 2017; Sözen ve Karadavut, 2020) nedeniyle insan beslenmesi açısından önemli bir yere sahip olmasının yanı sıra, *Rhizobium* bakterileri ile kurduğu simbiyotik ilişki sayesinde toprağa azot kazandırmakta ve böylece toprak verimliliğini artırmaktadır (Karavidas ve ark., 2022; Sözen ve Karadavut, 2017). Bu durum, azotlu gübrelerin çevresel zararlarını azaltma açısından büyük bir avantaj sunmaktadır. Dolayısıyla fasulye, ekim rotasyonlarında kullanılarak toprağı iyileştirici bir rol oynama potansiyeli taşımaktadır ve tarımsal üretim açısından kritik bir öneme sahiptir (Bitocchi ve ark., 2017).

Kuru fasulye düşük maliyetli bir protein kaynağı olması dolayısıyla özellikle gelişmekte olan ülkelerde nüfusun beslenme ihtiyaçlarının karşılanmasında önemli bir rol üstlenmekte, kırsal nüfusun geçim kaynağını sağlamanın yanı sıra birçok ülkenin geleneksel mutfak kültürlerinde de yer almakta ve uluslararası ticarete konu olmaktadır (Burucu, 2023; Sözen ve Bozoğlu, 2016).

Dünya genelinde toplam kuru fasulye üretimi 2022 yılı itibariyle 28,35 milyon ton olarak gerçekleşmiş olup 34,89 milyon ton üretime

sahip soya fasulyesinden sonra en çok yetiştirilen ikinci baklagil durumundadır (FAOSTAT, 2023). Türkiye’de ise sırasıyla nohut, mercimekten sonra en fazla ekim alanına sahip olan baklagil olan kuru fasulye, 2022 yılında 971 bin da alanda 270 bin ton üretilmiştir. Bu miktar, toplam baklagil üretiminin %20,6’sını teşkil etmekte olup Niğde 173 bin da alanda 58 bin ton üretimle Türkiye kuru fasulye üretiminin yaklaşık %23,2’sini sağlayarak bu alanda en yüksek üretim oranına sahip il olmuştur (TÜİK, 2023).

Baklagil bitkileri, sıcaklık, nem, ışık, besin gibi abiyotik ve hastalık, zararlılar, yabancı otlar gibi biyotik stres faktörlerine karşı duyarlıdır (Kaplan Evlice ve Çilesiz, 2022; Çilesiz ve Kaplan Evlice, 2022). Özellikle tropikal bölgelerde zararlıların ve hastalık etmenlerinin neden olduğu problemler, fasulye verimi üzerinde önemli kısıtlamalar oluşturmaktadır (Graham ve Vance, 2003). Dünya genelinde, sadece böcek zararlılarının neden olduğu verim kayıplarının yıllık %35 ile %100 arasında değiştiği tahmin edilmektedir (Singh ve Schwartz, 2011).

Türkiye’de de kuru fasulye üretimini olumsuz yönde etkileyen başlıca sebeplerden biri zararlılar olup bu bölümde kuru fasulye yetiştiriciliğinde hem tarla hem de depo şartlarında sorun olan zararlılar hakkında bilgi verilecektir.

KURU FASULYE ÜRETİMİNDE KARŞILAŞILAN ÖNEMLİ ZARARLILAR

Ülkemiz ekolojik şartlarında; *Aphis fabae*, *A. gossypii*, *Asymmetrasca decipiens*, *Bemisia tabaci*, *Delia platura*, *Empoasca decipiens*, *Etiella zinckenella*, *Franklinella occidentalis*, *Liriomyza byroniaa*, *L. huidobrensis*, *L. trifolii*, *Lampides boeticus*, *Myzus*

persicae, *Nezara viridula*, *Tetranychus cinnabarinus*, *T. urticae*, *Thrips tabaci*, *Trialeurodes vaporariorum* mücadele yapılmaması durumunda fasulye üretiminde kalite ve ürün kaybı meydana getiren en önemli zararlılardır (Anonim, 2008).

Tütün beyaz sineği (*Bemisia tabaci*) ve Sera beyaz sineği (*Trialeurodes vaporariorum*)

Beyaz sinekler dünya genelinde tarımsal üretimi olumsuz etkileyen ve özellikle Solanaceae, Cucurbitaceae ve Fabaceae bitki familyalarında zarara neden olan polifag zararlılardır (Oliveira ve ark., 2001).

Her iki türün de dişileri yaprak yüzeyinin altına beyaz mumsu bir tozla kaplı sarı renkli yumurtalar bırakmaktadır. Eliptik bir yapıya sahip olan bu yumurtalar, kısa bir sap (pedisel) aracılığıyla yaprak dokusuna dik olarak yerleştirilmektedir. Her iki türün erginleri, soluk sarı renkte olup, ince beyaz mumsu bir tozla kaplanmış iki çift beyaz kanada sahiptir. *Trialeurodes vaporariorum* türünde ön kanadın ön kenarı kavisli iken, *B. tabaci*'de bu kenar düzdür. Dinlenme pozisyonunda, *B. tabaci*'nin kanatlarının *T. vaporariorum*'a göre daha dar ve arkaya doğru daha sivridir (Patel ve ark., 2022). Beyaz sinekler yılda 9-15 döl vermekte olup sera beyaz sineğinin dişileri ömrü boyunca 500 adetten fazla yumurta bırakabilirken tütün beyaz sineğinin dişileri ise 50-300 adet yumurta bırakabilmektedir (Anonim, 2008). Zararlılar, Türkiye'de yaygın olarak görülmektedir.

Beyaz sineklerin hem nimf hem de erginleri yaprak ve meyveler üzerinde özsu emerek beslenirken, fumajin oluşumunu teşvik eden bal özü (şekerli dışkı) salgırlar. Bu durum ürün verimliliği üzerinde

olumsuz etkiler yaratmaktadır (Solanki ve Jha, 2018). Zarar gören bitkilerde yapraklarda sararma ve kıvrılma, bitki gelişiminde azalma ve meyve şeklinin bozulması gibi belirtiler görülmektedir (Khan ve Wan, 2018). Nimfler, beslenme sırasında salgıladığı enzimlerle, ürün fizyolojisini değiştiren ve sonuç olarak iç pigmentasyonun azalmasına ve anormal meyve olgunlaşmasına neden olmaktadır (Smith, 2009).

Beyaz sinekler, direkt bitki üzerinde beslenerek neden olduğu zarara ek olarak, tarımsal ürünlerde bu böceklerin ilişkili olduğu başlıca zarar olarak kabul edilen çeşitli bitki virüs hastalıklarının da vektörüdür (Ferreira ve ark., 2022). Beyaz sinekler tarafından taşınan bu virüsler, böcek popülasyonu ve diğer iklimsel faktörlere bağlı olarak, verim kayıplarının %100'e kadar ulaşmasına yol açabilmektedir (Ferreira ve ark., 2024).

Beyaz sinekler ile etkili bir mücadele sağlamak için, öncelikle bitkilerin fide döneminde korunması gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda, zararlının kışı yabancı otlarda geçirmesi nedeniyle hasattan sonra hedef alan çevresindeki konukçusu olan yabancı otlarla mücadeleye önem verilmelidir. Biyoteknik mücadele kapsamında, fide dikimi ile birlikte zararlıyı izlemek amacıyla bitkinin 15 cm yukarısına, 50-100 m² alan için bir adet sarı yapışkan tuzak asılmalıdır. Beyazsinekle mücadele için kimyasal mücadele eşiği 5 larva ve pupa/yaprak olarak belirlenmiş olup mücadele zamanının belirlenmesi amacıyla ilk ergin uçuşu tespit edildikten sonra her 10 m²'ye bir adet olacak şekilde tuzaklar yerleştirilmelidir (Anonim, 2017).

Yaprak galeri sinekleri (*Liriomyza byroniae*, *L. huidobrensis*, *L. trifolii*)

Yaprak galeri sinekleri dünya çapında farklı bitki türleri üzerinde dağılım gösteren polifag zararlılardır. yaprak galeri sineklerinin yumurtaları beyaz, erginleri ise küçük gri-siyah renktedir ve bir dişi ömrü boyunca 400 adet yumurta bırakmaktadır. (Yıldırım ve ark., 2010, Anonim, 2017, Hofsvang ve ark., 2005).

Yumurtadan çıkan larvalar, pupa oluncaya kadarki süreçte yapraklarda aralıksız bir şekilde beslenmektedir (Parrella, 1987; Souza ve Reis, 1999). Larvalar çoğunlukla yaprağın üst yüzeyinin hemen altında beslenir ve palizat parankimasi dokusu boyunca açtığı galeriler nedeniyle bitkilerin fotosentez kapasitesini %62'ye kadar azaltabilir (EPPO, 2022; Johnson ve ark., 1983). Zarar gören yapraklar sararıp kurur ve ilerleyen süreçte dökülür. Bu durum genç bitki ve fidelerde gelişmenin gecikmesinin yanı sıra kalite ve verimde azalmalara neden olmaktadır (Anonim, 2008). Ayrıca, erginlerin beslenme ve yumurta bırakma sırasında vektörü oldukları virüs, fungus ve bakterilere bulaştırmaktadırlar (Minkenbergh ve Lenteren, 1986; Civelek ve Önder, 1997). Türkiye'de Uygun ve ark. (1995) tarafından tespit edilen zararlı ülkemizde yaygın olarak görülmektedir.

Mücadele kapsamında, bulaşık fidelerin seraya dikilmemesi, sera ve fide yastıklarının çevresindeki yabancı otların temizlenmesi, bitki artıklarının uzaklaştırılması veya imha edilmesi gerekmektedir. Biyoteknik mücadele için öncelikle zararlının ilk uçuşunu belirlemek amacıyla bitki çıkışıyla beraber dekara 1 adet sarı yapışkan tuzak asılmalıdır. İlk uçuşu takiben 3 metre aralıkla 10 m²'ye bir adet olacak şekilde bitkilerin 10-15 cm üzerine tuzaklar yerleştirilmelidir. Kimyasal

mücadelede ise ilk erginin tespit edilmesi için sarı yapışkan tuzaklar kullanılmalı ve erginin tespitini takiben bir dekarlık alanda en az 30 bitki seçilerek bitkilerin alt, orta ve üst yapraklarında sayımlar yapılmalıdır. Yaprak sayımlarında yaprak başına 4 adet larva tespit edildiğinde kimyasal mücadele gerçekleştirilmelidir (Anonim, 2017).

Kırmızı örümcekler (*Tetranychus cinnabarinus*, *T. urticae*)

Kırmızı örümcekler, konukçu bitki yapraklarının alt yüzünde ördükleri ipeğimsi ağlar arasında yaşarlar. Genellikle tüm dönemleri, ergin, larva ve nimf, yumurta, birlikte bulunan kırmızı örümcekler yumurtalarını yaprakların alt yüzünde, yaprak damarları boyunca ördükleri ağlar arasına bırakılırlar. Zararlı yılda 10-12 döl vermekte ve bir dişi ömrü boyunca 100 yumurta bırakabilmektedir (Laing, 1969; Jhansi ve Mohan, 1997; Kasap, 2014; Anonim, 2017).

Polifag zararlılar olup yaprak ve baklalardan özsu emerek fasulyelere zarar verirler. Sıcaklık, nem, besin gibi çevresel koşullar büyüme ve gelişme için uygun olduğunda, yoğun bir şekilde beslenerek hızlı bir şekilde çoğalırlar. Bu durum kuru fasulye veriminde önemli bir düşüğe neden olan ciddi bir yaprak zararına neden olmaktadır (Ahmadi ve ark., 2007). Yapraklarda oluşan zarar fotosentezi engeller ve şiddetli bulaşıklık durumunda, yaprakların erken dökülmesine, sürgünlerin geriye doğru ölmesine ve bitki canlılığının azalmasına neden olmaktadır (Zhang, 2003; Sadeghi ve ark., 2016). Mücadele kapsamında, zararlı ile bulaşık bitki atıkları toplanarak sera veya tarladan uzaklaştırılmalıdır. Fasulye, bezelye ve börülce gibi küçük yapraklı bitkilerde, yaprak başına 3 canlı birey tespit edildiğinde kimyasal mücadele uygulanmalıdır. Bu amaç doğrultusunda, bir dekarlık alanda en az 30 bitki seçilmeli ve bu

bitkilerin alt, orta ve üst yaprakları toplanarak sayım gerçekleştirilmelidir (Anonim, 2017).

Yaprak bitleri (*Aphis gossypii*, *A. fabae*, *Myzus persicae*)

Yaprakbitlerinin vücutları, genellikle dolgun ve iğ şeklinde olup, nadiren uzun veya yarım küre şeklinde oval bir yapıdadır. Vücut yüzeyi çıplak ya da hafif tozlu bir görünümde olabilir ve bazen beyaz bir mum salgısı ile örtülü olabilir. İki üç hafta yaşayan dişiler günde 3-10 yavru doğurmaktadır (Anonim, 2008)

Yaprak bitleri polifag zararlılardır ve duyarlı çeşitlerde neden olduğu ürün zararı, doğrudan beslenme yoluyla veya dolaylı olarak bazı virüs hastalık etmenlerinin vektörü olması ile meydana gelmektedir (Anonim, 2008; Wainaina ve ark., 2019; Worrall ve ark., 2015). Sap, yaprak ve baklalardan özsu emerek fasulyelerde buruşma ve büzülmeleere neden olmaktadır (Shivanand ve ark., 2023). Yaprakbitleri tarafından salgılanan tatlımsı maddenin bitkilerin üzerini kaplaması ve burada saprofit fungusların gelişmesi sonucunda fumajin oluşmakta ve bu nedenle fotosentez azalmaktadır (Margaritopoulos ve ark., 2002, Norman ve ark., 2007, Anonim, 2017). Ayrıca yaprak bitleri, fasulye adi mozaik virüsü (BCMV) ve fasulye adi mozaik nekrotik virüsü (BCMNV) hastalıklarının da vektörüdür (Mukankusi ve ark., 2019). Yaprak bitleri özellikle kurak dönemlerde daha ciddi zararlara neden olmaktadır (Hillocks ve ark., 2006).

Mücadelesi kapsamında kültürel önlemlere önem verilmeli; bulaşık bitkiler ve yabancı otlar temizlenmeli, ayrıca seraların iyi bir şekilde havalandırılması sağlanmalıdır. İlaçlama zamanını belirlemek amacıyla, nisan ayından itibaren tarlaya köşegenler doğrultusunda

girilmeli ve 25-50 yaprak üzerinden sayımlar gerçekleştirilmelidir. Yaprakta 10-12 birey tespit edilmesi durumunda kimyasal mücadele gerçekleştirilmelidir (Anonim, 2017).

Çiçek tripsi ve Tütün tripsi (*Franklinella occidentalis*, *Thrips tabaci*)

Tripsler, polifag zararlılar olup erginleri açık sarı veya sarımsı esmer renkte, dar ve yassı vücut yapısına sahiptirler. Yumurtaları fasulye şeklinde olan zararlı yılda 3-15 döl vermektedir (Kumm ve Moritz, 2010, Anonim, 2017).

Tripsler, bitkinin tüm toprak üstü organlarında zarara neden olmaktadır. Larvalar ve erginler, yaprak saplarını emerek beslenirler ve damarlarda genellikle orta damarlar boyunca üst yaprak yüzeyinde daha belirgin olarak gözlenen gümüşü beslenme izleri bırakmaktadırlar. Şiddetli bir şekilde etkilenen bitkilerde gümüşü veya bronzlaşmış bir görünüm, deforme olmuş yaprak ve baklalar, ölü terminal sürgünler görülmektedir (Cardona ve ark., 2002). Bazı yeşil ve kuru fasulye genotiplerinde trips zararı nedeniyle %100' e varan verim kaybı rapor edilmiştir (Rendon ve ark., 2001; Cardona ve ark., 2002).

Mücadelesinde bulaşık bitki atıkları yok edilmesi önem arz etmektedir. Kimyasal mücadelenin gerekliliğini belirlemek amacıyla örnekleme yapılması gerekmekte olup bu amaçla 1 dekarlık alandan en az 30 adet bitki seçilerek yaprak ve çiçeklerdeki zararlı sayısı belirlenmelidir. Yapılan sayımlarda yaprak başına 10 adet veya çiçek başına 3 adet nimf+ergin belirlenmesi durumunda ilaçlama yapılır (Anonim, 2017).

Yaprak pireleri (*Asymmetrasca decipiens*, *Empoasca decipiens*, *E. fabae*)

Yaprak pireleri, polifag zararlılar olup dünya genelinde fasulye üretiminin önünde önemli bir engel oluşturabildiği, zararın şiddetli olduğu durumlarda verimin ciddi oranda düşebildiği ve zararının azaltılabilmesi için kimyasal mücadelenin kullanılması gerektiği bildirilmektedir (Schwartz ve Pastor-Corrales, 1989). Buna karşın ülkemizde yapılan çalışmalar sonucunda yaprak pirelerinin fasulye üretiminde ciddi bir zarar oluşturmadığı ve genellikle mücadelesine ihtiyaç duyulmadığı bildirilmiştir (Anonim, 2017).

Erginleri kahverengi veya sarımsı yeşil renkli yumurtaları ise küçük ince elips şeklinde beyaz renklidir. Ergine benzeyen soluk renkli nimfler sonradan yeşilimsi bir renk alırlar (Atakan ve ark., 2004). Zararlı tipik olarak yan yan ve ileri yönde hareket etmektedir. Genel olarak yaprağın alt yüzeyinde bulunan zararlı fasulye bitkisi yapraklarının kenarından sokup, bitki öz suyunu emerek, yaprakta delinmeye neden olur yaprak bu delik etrafında kıvrılır ve deliğin etrafı ise beyaz bir renk almaktadır (Kılıç ve Çelebi, 2021). İlerleyen dönemde yaprak tamamen delik veya lekeyle kaplanabilir. Emgi sırasında salgıladıkları zehirli maddeler sebebi ile hücrelerin ölmesi sonucunda şekil bozuklukları oluşmaktadır. Bitki zayıflar ve büyüme yavaşlar. Bu zararlılar ayrıca birçok virüs hastalığının da vektörüdür. Zararlı yılda 3-5 döl vermektedir (Atakan ve ark., 2004).

Erken dönemde sağlıklı fide gelişiminin sağlanması zararı azaltmaktadır. Toprak işleme, yabancı ot temizliği ve fidelerin şaşırtılmasından sonra kalan bitkilerin yok edilmesi önem arz etmektedir. Fide dönemi de dahil olmak üzere belirtilerin ilk görüldüğü

anda yapılacak tek ilaçlama mücadelesinde yeterli olmaktadır (Anonim, 2017).

Pis kokulu yeşil böcek (*Nezara viridula*)

Türkiye’de yaygın olarak bulunan polifag bir zararlı olan ve en önemli konukçularının başında fasulye gelen pis kokulu yeşil böcek, uygun şartların oluşması ve mücadele yapılmaması durumunda ekonomik açıdan önemli zarara neden olabilmektedir (Lodos ve ark., 1998; Birgücü ve Karsavuran, 2013).

Ergin vücudunun genel rengi yeşil olmakla beraber kışlayan erginler kahverengi renk almaktadırlar. Nimflerin genel görünüşleri ergine benzer. Yılda 3 döl verir. Bitkinin gövde hariç toprak üstü aksamının tamamında beslenebilmekle beraber genellikle meyveleri tercih eden zararlının, nimf ve erginlerinin bitki öz suyunu emerek yaptığı zarar sonucunda fasulye bitkilerinin yeni oluştuğu dönemde bakla ve çiçeklerin dökülmesinin yanında baklada şekil bozukluğuna neden olmaktadır (Todd, 1989; Musolin, 2012; Anonim, 2017). Tohumlarda yaptığı zarar sonucunda tohumların çimlenme gücü azalmaktadır. Meyvelerin üzerine bıraktıkları sıvının buharlaşarak kötü kokması sebebiyle de meyvelerin aroması bozulmaktadır (Uygun ve ark., 2002). Mücadelesi kapsamında kültürel önlemlere önem verilmeli; seralarda havalandırma açıklıkları tül ile kapatılmalı ve bitki başına ortalama 5 adet ergin ile nimf tespit edildiğinde kimyasal mücadele uygulanmalıdır (Anonim, 2017).

Tohum sineği (*Delia platura*)

Gri renkli olan erginlerinin vücudu siyah kıllarla kaplıdır. Larvaları fildişi renginde yumruları ise beyaz reklidir. Yılda 3-4 döl

veren zararlının dişileri 40-50 adet yumurta bırakmaktadır (Anonim, 2017). Polifag bir zararlıdır (Trotus ve ark., 1996).

Larvalar yeni ekilen tohumların içerisine girerek, içeriğiyle beslenmekte ve genellikle geriye sadece boş tohum kabukları kalmaktadır. Bu durum tohumların çimlenmesini engellemekte, zarara rağmen çimlenen fideler ise cılız ve az yapraklı olurken genellikle olgunlaşmadan ölürlür (Bessin, 2004). Epidemiyaptığı yıllarda zararı sonucunda tekrar dikim yapılması gerekebilmektedir (Patricia ve ark., 2017).

Mücadelesinde bir yıl önce bulaşık olan tohum yatakları ve fideliklerin ekimden önce mutlaka ilaçlanması gerekmektedir. Fide dikiminden sonra ise ilk zarar belirlendiğinde ilaçlama yapılmalıdır (Anonim, 2017).

Kapsül kurtları (*Etiella zinckinella*, *Lampides boeticus*)

Etiella zinckinella'nın yumurtaları şeffaf beyaz, larvaları yeşilimsi erguvan, erginleri ise grimsi renktedir. *Lampides boeticus*'ın ise yumurtaları şeffaf beyaz, larvaları sarımsı yeşilimsi, erginleri ise metalik mor renktedir. Zararlının larvalarının beslenmesi sonucunda çiçek ve tanelerde önemli zarar meydana gelmekte ve zarar görmüş çiçekler kapsül oluşturmamaktadır (Anonim, 2008; Edmonds ve ark., 2003; Moutia, 1955). Kapsül kurtları nedeniyle %5-70 oranında zarar oluşabilir (Anonim, 2008).

Mücadelesi kapsamında bitki artıklarının yok edilmesi, derin sürüm, münavebe zararı azaltan kültürel önlemlerdir. Kimyasal mücadelesinde çiçeklenme başlangıcında birinci ilaçlama

gerçekleştirilirken kelebek uçuşunun devam etmesi durumunda ikinci ilaçlamanın 15 gün sonra yapılması önerilmektedir (Anonim, 2008).

Bozkurtlar (*Agrotis segetum*, *A. ipsilon*, *A. exclamationis*, *A. crassa*, *A. spinifera*)

Erginleri grimsi kahverengi yumurtaları ise krem renginde ve üstten basık küre şeklindedir. İlkbaharda havaların ısınmasıyla birlikte aktif hale gelen larvalar, pupa aşamasına geçer ve nisan ayının ikinci yarısında ilk kelebekler görülmeye başlar. Ömürleri boyunca 1500-2800 yumurta bırakan dişiler yılda 2-4 döl verirler (Jana ve ark., 1994; Wang ve ark., 2006).

İlk iki döneminde taze yaprak ve sürgünlerle beslenen bozkurt larvaları ilerleyen dönemlerinde gündüzleri bitki diplerinde veya toprak altında dururken geceleri genç bitkileri dipten veya yer seviyesine yakın bir yerden kesmektedirler. Bitkilerin yaprak ve sürgünlerinde beslenmeleri sonucunda yapraklarda yırtık ve delikler oluşturmaktadırlar. Ayrıca yumrulu bitkilerin yumrularında ve çimlenen tohumlarla da beslenmektedirler (Long ve Goodel, 2018). Ülkemizde yaygın olarak bulunan ve polifag bir zararlı olan bozkurtların yaptığı zarar sonucunda bitki gelişimini engellemekte ve ürün kaybına neden olmakta ve ayrıca popülasyon seviyesinin yüksek olduğu durumlarda fidelerin tekrar dikilmesine varacak seviyede zarar oluşabilmektedir (Anonim, 2008).

Mücadelesi kapsamında sebzelerin sökülünden sonra toprağın sürülmesi popülasyonda ciddi azalmaya neden olmaktadır. Kimyasal mücadele uygulanmakta olup, ilaçlama zamanının belirlenmesi amacıyla dikim öncesi dönemde tarlaya köşegenler doğrultusunda girilerek en az

5 farklı noktada birer m²'lik alanda yapılan kontrollerde 2-3 larva/m² olması durumunda, dikimden sonra ise köşegenler doğrultusunda yapılan 50 bitki kontrolü sonucunda bitkilerde %1-3 oranında larva veya kesik bitki saptandığında duruma göre fide bandırması, tohum ilaçlaması, zehirli yem uygulaması veya yeşil aksam ilaçlaması gerçekleştirilmektedir (Anonim, 2008).

Fasulye sineği (*Ophiomyia phaseoli*, *O. spencerella*, *O. centrosematis*)

Fasulye sineği, yaklaşık 2 mm uzunluğunda, berrak kanatlı, küçük, parlak, metalik mavimsi siyah renkte bir sinektir. Larvalar ise sarı-beyaz renkte ve 3 mm uzunluğundadır. Yaşamı boyunca ortalama 100 yumurta bırakır (Anonymous, 2022).

Erginler, yumurtalarını genç fidelerin yapraklarına, gövdelerine ve hipokotillerine bırakır (Ochilo ve Nyamasyo, 2011). Bitkinin ilk yaprak çiftinin açılmaya başladığı yumurtadan çıkan larvalar (Odendo ve ark., 2005, Mwanauta ve ark., 2015) yaprağın epidermis tabakasının altına girer ve damarlar boyunca gövdeye doğru tünel açarak gövdenin toprağa değdiği yere kadar ilerleyerek buraya yerleşir. Pupa evresi fasulye sapının içinde gerçekleşir ve pupaların yerleştiği noktada gövdenin şişmesine ve çatlamasına neden olur. Bu durum köklerden gelen besin maddelerinin ve yapraklardan gelen fotosentez ürünlerinin iletim sisteminin tahrip olması ve taşınamaması nedeniyle bodur büyümeye ve erken bitki aşamasında yaprakların sararmasına yol açar. Şiddetli bir şekilde zarar gören bitkilerde erken yaprak dökülmesi ve bitki ölümü görülmektedir (Davies, 1998; Ojwang ve ark., 2011). Fasulye sineği dünyada fasulyenin en önemli zararlılarının başında gelmekte olup %80

ila %100 arasında değişen verim kayıplarına neden olmaktadır (Ochilo ve ark., 2011). Ancak Türkiye’de Civelek ve Ulusoy (2000) tarafından Doğu Akdeniz Bölgesi Pozantı (Adana), Antakya ve Samandağ (Hatay) ilçelerinde yer alan tarla ve seralarda yetiştirilen fasulye ve börölce bitkilerinde tespit edildiği bildirilmesine rağmen zarar seviyesiyle ilgili bir bilgi bulunmamaktadır.

Fasulye tohum böceği (*Acanthoscelides obtectus*) ve Börölce tohum böceği (*Callosobruchus maculatus*)

Hem tarlada hem de depolanmış fasulyede zarar yapan türlerdir (Cardona, 2004; Öztekin ve Mutlu, 2020). Depo zararlıları hem kantitatif hem de kalitatif kayıplara neden olmaktadır. Kantitatif kayıplar, zararlılar tarafından tüketilen tohum sayısı ve tohum ağırlığı kaybını içermektedir. Kalitatif kayıplar ise, böceklerin dışkıları veya gövdeleri ile kirlenen taneler nedeniyle oluşmaktadır (Schoonhoven ve Cardona, 1986; Jones ve Mejia, 1999). Brusidlerinden zarar gören fasulye tanelerinin pazarlanabilirliği, besin değeri, çimlenme ve fide canlılığı önemli ölçüde azalmaktadır (Singh ve Schwartz, 2011).

Fasulye tohum böceğinin ergin bireyleri, uzun, oval ve hafif yassı bir vücut yapısına sahip olup, renkleri açık veya koyu kahverengi olarak değişiklik göstermektedir. Yumurtaları oval ve uzundur (Anonim, 2008). Bu zararlının larvaları, tarlada bitkinin kotiledon yaprakları ve tohum içinde beslenir. Hasattan sonra ise depoya taşınarak ergin hale gelene kadar tohum embriyosunda beslenmeye devam ederler. Tohumlardan çıkan erginler, depoda yeni nesiller oluşturarak zararın devam etmesine sebep olur. Erginler ve larvalar, yılda 4-5 döl vererek (Atak, 1975) baklagil tohumlarında çok sayıda düzensiz ve yuvarlak delikler açmakta,

bu da tanenin kalitesini düşürmektedir. Ayrıca, dışkı ve vücut artıklarıyla ürünleri kirleterek tohumun çimlenme gücünü azaltmaktadır. Bu durum, ürünün besin değerinin kaybına yol açmakta ve hasar görmüş tanelerin hayvan yemi veya gübre olarak kullanımını da engellemektedir. *Acanthoscelides obtectus*'un neden olduğu kalite ve ağırlık kayıpları, pazar değerinin düşmesine de sebep olmaktadır (Şen ve ark., 2020).

Börülce tohum böceğinin hem uçan hem de uçmayan iki formu bulunmaktadır. Yumurtaları yuvarlak, krem rengindedir. Yılda bölge koşullarına bağlı olarak 3-6 döl vermektedir (Anonim, 2008). Börülce tohum böceğinin dişileri yumurtalarını fasulyenin tohum kabuğuna bırakır, yumurtadan çıkan birinci dönem larvalar tohumların içine girer, embriyo ve endosperm ile beslenerek geliştikten sonra pupaya dönüşür ve ergin böcek olarak çıkarak yaşam döngüsünü tamamlamaktadır (Kalpna ve ark., 2022).

Mücadelesi kapsamında çevresel koşullar göz önüne alınarak geç ekim yapılmalı, hasat geciktirilmemeli ve ürün hasattan sonra tarlada bırakılmamalıdır. Hasat sonrası tarlada kalan atıklar, tarladan uzaklaştırılmalı, derin olarak gömülmeli veya yakılmalıdır. Temiz tohumluk kullanılmalıdır. Ambarlara bulaşık ürün, çuval veya malzeme konulmamalıdır (Anonim, 2008). Fasulye ve börülce tohum böceği için tarla ilaçlaması depoya alınan ürünlerdeki zararlı popülasyonunun azaltılması amacı ile yapılmaktadır. Tarla ilaçlamasındaki etkinin %100 olmaması nedeniyle bulaşık alanlardan hasta edilen ürünlere mutlaka ambar ilaçlaması yapılmalıdır (Anonim, 2008). Ürünlerin depoya aktarılmasından 15-20 gün önce boş depolarda fumigasyon yapılmalıdır. Ayrıca gelen ürünlerin bulaşık olduğu durumlarda da ürünün depoya

aktarılmasından sonra fumigasyon işlemi tekrarlanmalıdır (Williams ve Whittle, 1994).

KAYNAKLAR

- Ahmadi, M., Fathipour, Y., Kamali, K. (2007). Population growth parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on different bean varieties. *J. Entomol. Soc. Iran*, 26, 1-10.
- Anonim (2008). Sebze Zararlıları. Zirai Mücadele Teknik Talimatları. Cilt 3, <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/Teknik%20tal%C4%B1matlar%202008/C%C4%BOLT%203.pdf>, (Erişim tarihi: 24.09.2024).
- Anonim (2017). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Örtüaltı Entegre Mücadele Teknik Talimatı. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/%C3%96%C3%BC%20Alt%C4%B1%20Entegre-02.09.2017.pdf>, (Erişim tarihi: 22.09.2024).
- Anonymous 2022. Bean fly-how to recognize, prevent and manage this common legume pest. CABI Bio Protection Portal. <https://blog.plantwise.org/2022/06/30/bean-fly-how-to-recognize-preventand-manage-this-common-legume-pest/>, (Erişim tarihi: 13.10.2024).
- Atak, E.D. (1975). Fasulye Tohum Böceği (*Acanthoscelides obtectus* Say)'nin Biyoökojisi ve Mücadelesi Üzerinde Araştırmalar. T.C. Tarım Bakanlığı Zirai Mücadele ve Zirai Karantina Genel Müdürlüğü Araştırma Eserleri Serisi, İhtisas Tezi, 64 s.
- Atakan, E., Boyacı, K., Gencer, O. (2004). Population developments of leafhoppers (*Asymmetrasca decedens* (Paoli) and *Empoasca decipiens* Paoli (Homoptera: Cicadellidae)) on some cotton cultivars. *Turkish Journal Entomology* 28: 267-273.
- Bessin, R. (2004). Corn: Cool soils favor damage by some insect pests. *Kentucky Pest News*. Number 985.
- Birgücü, A.K., Karsavuran, Y. (2013). Nezara viridula (L.) (Hemiptera: Pentatomidae)'nın fasulye baklasındaki zarar miktarı üzerine araştırmalar. *Turkish journal of entomology*, 37 s.
- Bitocchi, E., Rau, D., Bellucci, E., Rodriguez, M., Murgia, M.L., Gioia, T., Santo, D., Nanni, L., Attene, G., Papa, R. (2017). Beans (*Phaseolus* ssp.) as a Model for Understanding Crop Evolution. *Front. Plant Sci.* 8: 722.

- Burle, L., Fonseca, J.R., Peloso, M., Melo, L., Temple, S. R., Gepts, P. (2010). Integrating phenotypic evaluations with a molecular diversity assessment of a Brazilian collection of common bean landraces. *Crop Sci.*,51, 2668-2680.
- Burucu, 2023. Ürün Raporu Kuru Baklagil. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Ürün/Baklagil%20Ürün%20Raporu%202023-391%20TEPGE.pdf>, (Erişim tarihi: 20.09.2024).
- Cardona, C., Frei, A., Bueno, J.M., Diaz, J., Gu, H., Dorn, S. (2002). Resistance to Thrips palmi (Thysanoptera: Thripidae) in beans. *Journal of Economic Entomology* 95: 1066-1073.
- Cardona, C. (2004). "Common beans-Latin America". p. 145–150. In Hodges, R., Farrel, R., Durables, G. (eds.), *Crop post-harvest science and Technology Volume 2*. Blackwell Science, Oxford, UK.
- Civelek, H.S., Önder, F. (1997). Bitki Hastalık Etmenlerinin Taşınmasında Galeri sineklerinin (Diptera: Agromyzidae) Rolü Üzerinde Bir İnceleme. *Türk. entomol. derg.*, 20 (3): 233-241.
- Civelek, H.S., Ulusoy, M.R. 2000. A new record for the Turkish leafminer fauna: *Ophiomyia phaseoli* (Tryon, 1895). *Turk. J. Entomol.* 24: 163-166.
- Çilesiz, Y., Sarıkaya, M.F., Kaplan Evlice, A. 2022. Börülce (*Vigna unguiculata* L.) Islahı. In: Karaköy, T. (Ed.) *Yemelik Tane Baklagil Yetiştiriciliği ve Islahı*. 261-272, Iksad Publishing House, Ankara.
- Davies, G. (1998). Pest status and ecology of bean stem maggot (*Ophiomyia* spp.: Diptera: Agromyzidae) on the Niassa plateau, Mozambique. *International Journal of Pest Management.* 44(4):215-23.
- Edmonds, R. P., Borden, J. H., Angerilli, N. P. D., Rauf, A. (2003). A comparison of the developmental and reproductive biology of two soybean pod borers, *Etiella* spp. in Indonesia. *Entomologia experimentalis et applicata*, 97(2), 137-147.
- EPPO (2022). PM 7/53 (2) *Liriomyza* spp. EPPO Bull, 52: 326 345.
- FAOSTAT (2023). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV>. (Erişim tarihi: 12.09.2024).
- Ferreira, A.L., de Faria, J.C., da Costa Moura, M., de Mendonça Zaidem, A.L., Pizetta, C.S.R., de Oliveira Freitas, E., Coelho, G.R.C., Silva, J.F.A.E., Barrigossi, J.A.F., Hoffmann, L.V., de Souza, T.L.P.O., Aragão, F.J.L., Pinheiro, P.V. (2022).

- Whitefly-tolerant transgenic common bean (*Phaseolus vulgaris*) line. *Frontiers in Plant Science*, 13, 984804.
- Ferreira, A.L., Ghanim, M., Xu, Y., Pinheiro, P.V. (2024). Interactions between Common Bean Viruses and Their Whitefly Vector. *Viruses*, 16, 1567.
- Graham, P.H., Vance, C.P. (2003). Legumes: Importance and Constraints to Greater Use. *Plant Physiology*. 131: 872- 877.
- Hillocks, R. J., Madata, C. S., Chirwa, R., Minja, E. M., Msolla, S. (2006). Phaseolus bean improvement in Tanzania, 1959–2005. *Euphytica*, 150, 215-231.
- Hofsvang, T., Snoan, B., Andersen, A., Heggen, H., Anh, L. (2005). *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae), an invasive species in South-East Asia: Studies on its biology in northern Vietnam. *International Journal of Pest Management* 51 (1): 71-80.
- Jana, A.K., Ghosh, M.R. (1994). Life history of *Agrotis segetum* Schiff: A new record as ear cutting caterpillar of rice in West Bengal. *Annual Entomology* 12: 95-98.
- Jhansi, R.B., Mohan, N.J. (1997). Pest management in ornamental crops in progressive floriculture. Edition Yadav, J.S., Chaudhary, M.L., House of Sarpan Banglore.; 26: 169 181.
- Johnson, M., Welter, S., Toscano, N., Ting, I., Trumble, J., (1983). Reduction of tomato leaflet photosynthesis rates by mining activity of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). *J. Econ. Entomol.* 76: 1061–1063.
- Jones, A. L., Mejia, D. (1999). Phaseolus Bean: Post-Harvest Operations. INPhOPost-Harvest Compendium. *Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)*, Ed, 24.
- Kalpna, Hajam, Y.A., Kumar, R. (2022). Management of stored grain pest with special reference to *Callosobruchus maculatus*, a major pest of cowpea: A review. *Heliyon*, 1;8(1):e08703.
- Kaplan Evlice, A., Çilesiz, Y. 2022. Börülce (*Vigna unguiculata* L.) Yetiştiriciliği. In: Karaköy, T. (Ed.) Yemeklik Tane Baklagil Yetiştiriciliği ve Islahı. 233-260, Iksad Publishing House, Ankara.
- Karavidas, I., Ntatsi, G., Vougeleka, V., Karkanis, A., Ntanasi, T., Saitanis, C., Agathokleous, E., Ropokis, A., Sabatino, L., Tran, F. et al. (2022). Agronomic

- Practices to Increase the Yield and Quality of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A Systematic Review. *Agronomy*, 12 (2): 271.
- Kasap, I. (2004). Effect of apple cultivar and of temperature on the biology and life table parameters of the two spotted spider mite *Tetranychus urticae*. *Phytoparasitica*, 32 (1): 73-82.
- Khan, I.A., Wan, F.H. (2018). Life history of *Bemisia tabaci* (*Gennadius*) (*Homoptera: Aleyrodidae*) biotype B on tomato and cotton host plants. *J Entomol. Zool. Stud.*, 3, 117-121 p.
- Kılıç, E., Çelebi, S. (2021). Erzincan'da Kuru Fasulye Üretiminde Tespit Edilen Zararlı Türler. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (21), 154-159 s.
- Kumm, S., Moritz, G. (2010). Life-cycle variation, including female production by virgin females in *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Applied Entomology*, 134(6), 491-497 p.
- Laing, J.E. (1969). Life history and life table of *Tetranychus urticae* Koch. *Acarologia* 11, 32-42 p.
- Lodos, N., Önder, F., Pehlivan, E., Atalay, R., Erkin, E., Karsavuran, Y., Tezcan, S., Aksoy, S. (1998). Faunistic Studies on Pentatomoidea (Plataspidae, Acanthosomatidae, Cydnidae, Scutelleridae, Pentatomidae), of Western Black Sea, Central Anatolia and Mediterranean Regions of Turkey. Ege University Press, 75s, Bornova-İzmir.
- Long. R.F., Goodell, P.B. (2018). Dry Beans Pest Management Guidelines. Cutworms. UC IPM Pest Management Guidelines: Dry Beans Agriculture: UC ANR Publication 3446 R.F.
- Margaritopoulos, J.T., Tsitsipis, J.A., Goudoudaki, S., Blackman, R.L. (2002). Life cycle variation of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) in Greece. *Bulletin of Entomological Research*, 92: 309-319.
- Minkenber, O. P. J. M., Lenteren, J. C. (1986). The Leafminers *L. bryoniae* and *L. trifolii* (Diptera, Agromyzidae), Their Parasites and Host Plants: A review. *Agricultural University Wageningen Papers*, 86-2, 50 pp.
- Moutia, L.A. (1955). The Commoner Insect Pests of Orchards, Food Crops, Vegetables, Flower Gardens and Household in Mauritius. Bulletin No. 91, 79 p.

- Mukankusi, C., Raatz, B., Nkalubo, S. et al. (2019). Genomics, genetics and breeding of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Africa: A review of tropical legume project. *PlantBreed.* 138: 401-414 p.
- Musolin, D. (2012). Surviving winter: diapause syndrome in the southern green stink bug *Nezara viridula*, *Physiological Entomology* 37 (4): 309-322.
- Mwanauta, R. , Mtei, K. , Ndakidemi, P. (2015). Potential of Controlling Common Bean Insect Pests (Bean Stem Maggot (*Ophiomyia phaseoli*), Ootheca (*Ootheca bennigseni*) and Aphids (*Aphis fabae*)) Using Agronomic, Biological and Botanical Practices in Field. *Agricultural Sciences*, 6, 489-497.
- Norman, Q.A., Clive, A.E., Yardim, E.N., Thomas J.O., Robert J.B., George, K. (2007). Suppression of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*), mealy bug (*Pseudococcus* sp.) and aphid (*Myzus persicae*) populations and damage by vermicomposts, *Crop Protection* 26: 29-39.
- Ochilo, W.N., Nyamasyo, G.H. (2011). Pest Status of Bean Stem Maggot (*Ophiomyia* spp.) and Black Bean Aphid (*Aphis fabae*) in Taita District, Kenya. *Tropical and Subtropical Agro Ecosystems*, 13, 91-97.
- Odendo, M., David, S., Otsyula, R. (2005). Impact of Root-Rot Resistant Bean Varieties in Western Kenya: Application of Impact Diagramming. PABRA Millennium Workshop.
- Ojwang, P.P.O., Melis, R., Githiri, M., Songa, J.M. (2011).Breeding options for improving common bean for resistance against bean fly (*Ophiomyia* spp.): a review of research in eastern and southern Africa. *Euphytica*,179(3): 363-371.
- Oliveira, M.R.V., Henneberry, T.J., Anderson, P. (2001). History current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Prot.*, 20, 709-723.
- Öztekin, N.S., Mutlu, Ç. (2020). Efficacy of three diatomaceous earth formulations against cowpea beetle, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae), on bean. *Journal of entomology and zoology studies*, 8, 147-152.
- Parrella, M. P. (1987). Biology of *Liriomyza*. *Ann. Rev. of Entomol.* 32:201-224.
- Patel, C., Srivastava, R.M., Samraj, J.M. (2022). Comparative Study of Morphology and Developmental Biology of Two Agriculturally Important Whitefly Species *Bemisia tabaci* (Asia II 5) and *Trialeurodes vaporariorum* from North-Western

- Himalayan Region of India. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 65, e22210034.
- Patricia, C.G., Clifford, B.K., Philip, C.S., Diego, M., Servio, S., Eduardo, P., Nelson, M., Timothy C.B.C. (2017). Larval performance and adult attraction of *Delia platura* (Diptera: Anthomyiidae) in a native and an introduced crop. *Journal of Economic Entomology* 110 (1): 186191.
- Razvi, S. M., Dar, M., Groach, R., Bhat, M. (2017). International Journal of Current Trends in Science and Technology Molecular Diversity and Gene Pool Structure in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A Review. 10.15520/ctst.v7i11.93.
- Rendon, F., Cardona, C., Bueno, J. M. (2001). Pe'rdidas causadas por *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) y *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) en habichuela en el Valle del Cauca. *Rev. Colomb. Entomol.* 27 (1-2): 39-45.
- Sadeghi, E., Shoushtari, R., Madani, H. (2016). The Influence of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) Life Table and Reproductive Parameters by Applying Si on Bean at Library Condition. *Advances in Entomology*, 4, 260-267.
- Schoonhoven, A., Cardona C. (1986). "Main insect pests of stored beans and their control; study guide to be used as a supplement to the audio tutorial unit on the same topic". Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Schwartz, H., M.A. Pastor-Con-ales. (1989). Bean production problems in the tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2nd ed., Cali, Columbia, 654 p.
- Shivanand, H., Maheswarappa, H.P., Gopal, G.S., Gurumurthy, S.B., Raghunatha, R., Raghavendra, K.S., Sowjanya, T.V., Bhat, D.S., Rahul, P., Ashoka, N.V., Shrishail, G., Gopal.(2023). Reflex of Different Pest Management Modules against Sucking Insect-pests and Pod Borer for the Safety of Beneficial Insects in Vegetable French Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Legume Research-An International Journal*, 47:3, 477-483.
- Singh, R. J., Chung, G. H., Nelson, R. L. (2007). Landmark research in legumes. *Genome*, 50, 525-537.
- Singh, S.P., Schwartz, H.F. (2011). Review: Breeding common bean for resistance to insect pests and nematodes. *Canadian Journal of Plant Science*, 91: 239 250.

- Smith, P.E. (2009). Crop and Food Research. In Whitefly: Identification and Biology in New Zealand Greenhouse Tomato Crops; Smith, P.E., Ed.; AsureQuality Ltd.: Auckland, New Zealand, pp. 1-8.
- Solanki, R.D., Jha, S. (2018). Population dynamics and biology of whitefly (*Bemisia tabaci Gennadius*) on sunflower (*Helianthus annuus* L.). *J. Pharmacogn. Phytochem.*, 7, 3055-3058.
- Souza, J. C., Reis, P. R. (1999). O minador-dasfolhas da batata. *Informe Agropecuário. Belo Horizonte*, 20:77-84.
- Sözen, Ö., Bozoğlu, H. (2016). The Determination of Some Agronomic Properties of Lines Selected Among Domestic Dry Bean Populations Collected From Kelkit Valley and Artvin Province. *American Journal of Experimental Agriculture*, 12 (5): 1-11 p.
- Sözen, Ö., Karadavut, U. (2017). Determination of Yield and Yield Components of Some Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L) Genotypes Grown in Central Anatolia Ecological Conditions. *Scholars Bulletin*, 3 (11): 603-609 p.
- 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 s.
- 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.
- Şen, K., Koca, A. S., Kaçar, G. (2020). Fasulye Tohum Böceği *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Chrysomelidae)'un Önemi, Biyolojisi, Zararı ve Mücadelesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(3), 1518-1527.
- Todd, J. W. (1989). Ecology and behavior of *Nezara viridula*. *Annu. Rev. Entomol.*, 34: 273-292.
- Trotus, E., Ghizdavu, I., Malschi, D. (1996). Structura speciilor de muste din genul *Delia*, daunatoare culturilor de fasole. *Probl. Prot. Plant.* 24 (1), 35-39.
- TÜİK (2023). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://www.tuik.gov.tr/>. (Erişim Tarihi: 12.09.2024).

- Uygun, N., Polatöz, N., Başpınar, H. (1995). Faunistic studies on Agromyzidae (Diptera) in the southeast Mediterranean region of Turkey. *Turkish Journal of Entomology* 19(2):123-136 .
- Uygun, N., Ulusoy M.R., Başpınar, H. (2002). Sebze Zararlıları. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 213, Adana, 168 s.
- Wainaina, J. M., Kubatko, L., Harvey, J., Ateka, E., Makori, T., Karanja, D., Kehoe, M. A. (2019). Evolutionary insights of bean common mosaic necrosis virüs and cowpea aphid-borne mosaic virus. *PeerJ*, 7, e6297.
- Wang L.V.Z., Zhang, P.L, Gong, Q.H, Ding, Z.Z.H. (2006). Relationships between overwintering *Agrotis segetum* population and snow. *Chin. Journal of Ecology* 25 (12): 1532-1534.
- Williams, P., Whittle. C.P. (1994). Phosphine fumigation of stored field peas for insect control. Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored Product Protection. 17-23 April, 1994, P. 240- 243. Canberra, Australia.
- Worrall, E. A., Wamonje, F. O., Mukeshimana, G., Harvey, J. J. W., Carr, J. P., Mitter, N. (2015). Bean common mosaic virus and Bean common mosaic necrosis virus: Relationships, biology, and prospects for control. In: *Advances in Virus Research*, 93, 1-46.
- Yıldırım, E.M., Aydın, Ü., Civelek, H.S. (2010). The effect of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) on some leaf characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8 (34): 839-841.
- Zhang, Z.Q. (2003). *Mites of Greenhouses: Identification, Biology and Control*. CABI Publishing, Cambridge, UK, 244 p.

BÖLÜM 6

FASULYENİN KALİTE ÖZELLİKLERİ

Dr. Seda KÜLEN¹

Doç. Dr. Asuman KAPLAN EVLİCE²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14285733>

¹ Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Kalite ve Teknoloji Bölümü, Ankara, Türkiye

E-mail: seda.kulen@tarimorman.gov.tr, Orcid ID: 0000-0002-6140-3079

² Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sivas, Türkiye

E-mail: asuman.kaplanevlice@sivas.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-0344-6767

GİRİŞ

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), dünya çapında popüler temel gıdalardan biri olan bakliyat grubunda yer alan *Leguminosae* familyasına ait en eski tarım ürünlerinden biridir (Sözen ve Karadavut, 2020). Dünyada en çok ekimi yapılan baklagil türüdür. Dünyada ekim alanları 1980-2000 yılları arasında 25 milyon ha düzeyinde iken; son 12 yılda %42 artış göstererek yaklaşık 36 milyon ha'a ulaşmıştır (Kanat, 2022). Küresel kuru fasulye üretimin yaklaşık %43'ü ile Asya kıtası birinci sırada yer alırken, onu Amerika (%29) ve Afrika (%26) kıtaları takip etmektedir (Uebersax ve ark., 2023).

Türkiye'de ise baklagil yetiştirilen alanlar içerisinde %11'lik paya sahip olan kuru fasulye, üretim miktarı bakımından nohut ve mercimekten sonra yer almaktadır. Ülkemizde kuru fasulye ekim alanları son beş yılda %20 artış göstererek 107.796 ha'ya, üretim miktarı ise son beş yılda %28 oranında artış göstererek 305.000 ton'a ulaşmıştır (Kanat, 2022). Son yıllarda kuru fasulyede sağlanan üretim artışları, ekim alanlarındaki artışların yanı sıra yetiştiriciliğindeki (genetik) gelişmeler ve iyileştirilmiş tarımsal uygulamalardan kaynaklanmaktadır. Ayrıca, yürütülen ıslah çalışmaları ile verimde ve kalitede önemli kazanımlar sağlanmıştır (Sözen ve ark., 2018; Siddiq ve Uebersax, 2022).

Kuru fasulyenin besin bileşimi ve insan sağlığına faydaları iyi bilinse de, bunların ürün sistemi üzerindeki olumlu etkileri genellikle göz ardı edilmektedir (Didinger ve ark., 2022). Kuru fasulye, tarımsal sürdürülebilirliğe önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Bitki proteinlerinin hayvansal proteinlere göre daha uygun fiyatlı, değişik ürünlere uyarlanabilir, besleyici, çevresel açıdan sürdürülebilir ve strese karşı son derece dayanıklı olmasının yanı sıra alternatif ürünlerle

karşılaştırıldığında genel olarak daha düşük karbon ayak izine sahip olma gibi çeşitli avantajları vardır (Narale ve ark., 2024). Ayrıca, kuru fasulye, biyolojik azot fiksasyonundan sorumlu rizobiyum bakterisi barındırabilen bir baklagil bitkisidir (Sözen ve ark., 2021).

Dünyada insan beslenmesindeki bitkisel proteinlerin %22'sinin, karbonhidratların %7'sinin, hayvan beslenmesindeki proteinlerin %38'inin ve karbonhidratların %5'inin yemeklik baklagillerden sağlanmaktadır (Adak ve ark., 2010). Beslenme uzmanları, yüksek protein, karbonhidrat, diyet lifi ve mineral madde (özellikle demir ve çinko) içeriği nedeniyle fasulyeyi olağanüstü bir besin kaynağı olarak nitelendirmektedir (Uebersax ve ark., 2023). Fasulye, gıda güvenliğinde ve yetersiz beslenmeyle mücadelede önemli bir rol oynamaktadır (Siddiq ve Uebersax, 2022). Dünya çapında 300 milyondan fazla insanın günlük beslenmesinde fasulyenin yer aldığı dikkat çekmektedir (Uebersax ve ark., 2023). Fasulye hem tane olarak hem de yeşil halde tüketilebilir. Fasulye bitkisi; taze fasulye, konserve ve kuru tane olarak ticareti yapılmakta ve insanların kullanımına sunulmaktadır. Kuru fasulye Latin Amerika'da ülkelerin geleneksel mutfak kültürlerinde yer almakta, Afrika'da nüfusun yaşamlarını sürdürmek için temel gıda olarak görülmekte, Çin'de ise diğer baklagillere nazaran daha az önemli olmakla birlikte ihracata yönelik üretimi yapılmaktadır. Yıllık kişi başı tüketimin 3,3-3,5 kg olduğu ülkemizde, kuru fasulye geleneksel mutfak kültüründe yer almasının yanında ekonomik olarak da kırsal alanın geçimini sağlaması açısından önemli bir yer tutmaktadır (Kanat, 2022).

Mevcut bilimsel çalışmalar, baklagil tohumlarının önemli bir fonksiyonel gıdayı temsil ettiğini göstermektedir. Çünkü baklagillerin yapısında sağlık açısından yararlı etkileri ve nutrasötik potansiyeli olan

birçok bileşen bulunmaktadır. Bu nedenle diyetle düzenli alımları ve tüketiminin artırılması önemle tavsiye edilmektedir (Carbonaro, 2021). Baklagiller, makro besinlerin yanı sıra vitaminler, mineraller ve fenolik bileşikler gibi çeşitli bileşenler içeren iyi bir mikro besin kaynağı olarak da kabul edilir (Tripathi ve ark., 2021). Fakat, baklagillerde görülen hastalık ve zararlılar bitkinin kök, gövde, yaprak ve baklalarını enfekte ederek verim ve kaliteyi değişen düzeylerde olumsuz etkileyebilmektedir. Ayrıca tane veya tohum rengini de etkileyerek pazar değerini de düşürebilmektedirler (Akan ve ark., 2022; Alagöz ve Evlice, 2023; Evlice ve ark., 2022).

KURU FASULYE STANDARDI

Türkiye'de iklim ve coğrafi koşulların çeşitliliği sebebiyle, farklı fasulye çeşitleri yetiştirilmekte ve tüketilmektedir. Yeşil halde yenilen fasulyeye halk arasında Ayşe kadın fasulyesi, Çalı fasulyesi gibi isimler verilmiştir. TS 141 Kuru Fasulye Standardının Revizyonu ve Tadiline İlişkin Dış Ticarete Standardizasyon Tebliğinde (Tebliğ No: 2009/45) kuru fasulyeler botanik yapılarına göre; Tombul, Çalı, Horoz, Dermason, Selanik, Battal, Şeker, Bomba, Barbunya ve Sıra olmak üzere 10 çeşide ayrılır. Diğer çeşitler kendi adları ve orijinleri belirtilerek piyasaya sunulur. TS 141 Kuru Fasulye tebliğine kuru fasulyeler kalite özelliklerine göre Sınıf I ve Sınıf II olmak üzere iki sınıfa ayrılır (Anonim, 2009). Kuru fasulyelerin sınıf özellikleri Çizelge 1'de verilen değerlere uygun olmalıdır.

Çizelge 1. Kuru fasulyenin sınıf özellikleri.

Özellikler	Sınıflar	
	Sınıf I kütlece, %, en çok	Sınıf II kütlece, %, en çok
Rutubet muhtevası	14	14
Yabancı madde miktarı	1	2
Kalbur altı miktarı	1	3
Bozuk tane miktarı	1	3
Kırık tane miktarı	1	3
Diğer çeşitlerden taneler	5	10

TS 141 Kuru Fasulye tebliğine göre aynı zamanda kuru fasulyeler iriliklerine göre; A (büyük) ve B (küçük) olmak üzere iki boya ayrılır. Göz açıklığı 8 mm olan yuvarlak delikli elek üstünde kalan taneler A grubu; göz açıklığı 8 mm olan yuvarlak delikli elekten geçen ancak 5 mm'lik yuvarlak delikli elek üstünde kalan taneler B grubudur (Anonim, 2009).

KURU FASULYEDE KALİTE

Fasulyenin protein oranı %16-30 aralığında değişmektedir. Yüksek protein içeriğinin yanında lisin gibi esansiyel amino asitler açısından da oldukça zengindir. Bu durum fasulyenin yemeklerde tahılların tamamlayıcı protein kaynağı olmasını sağlamıştır (Elkoca ve ark., 2023; Sözen, 2022a). Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde dar gelirli olan kişilerin protein açığının kapanmasında da çok iyi bir alternatif haline gelmiştir.

Kuru fasulyenin tüketici tercihleri açısından kısa sürede pişen, tanesi iri, şekli düzgün, dokusu yumuşak, lezzetli ve kabuğun ince olması gibi kriterleri bulunmaktadır. Ticari olarak değeri daha fazla olan bu

fasulyelerin ıslah çalışmaları devam etmektedir (Oral ve ark., 2022; Sözen, 2022b). Özellikle “İspir Fasulyesi” adı verilen Erzurum ili İspir İlçesine ait ekonomik değeri oldukça yüksek coğrafi işaretli fasulye çeşidi, ülkemizde ve dünyada oldukça rağbet görmektedir (Elkoca ve ark., 2023).

Çok iyi bir potasyum, folat, demir, selenyum, B6 vitamini kaynağı olan kuru fasulye eğer kuru ve serin bir alanda muhafaza edilirse uzun süre saklanabilir. Ancak bekledikçe fasulye tanelerinin pişme süresinde artış ve besleyicilik değerlerinde farklılık gözlenebilir. Genellikle kaynatılarak pişirilen kuru fasulyenin pişirilmeden önce suda bekletilmesi oldukça yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Suda bekletilen fasulyelerin pişme sürelerinde kısalma olmaktadır. Ayrıca fasulyelerin pişirilmeden önce suda bekletilmesi ile insanlarda hazmı zor olup şişkinliğe neden olan gazların oluşmasında bir ölçüye kadar engellendiği belirlenmiştir. Pişirilmeden önce fasulyelerin bekletildiği su dökülerek pişme sırasında tekrar kullanılmaz. Fasulye genel olarak diğer baklagillerden daha uzun bir pişme süresine sahiptir. Pişirilmesi sırasında düdüklü tencere de tercih edilebilir. Ayrıca marketlerde konserve olarak da pişmiş fasulyelerin satışları yapılmaktadır.

1. Fiziksel Özellikler

1.1. Kuru Ağırlık / Yaş Ağırlık (g)

Sayılan 100 tane kırık olmayan fasulye tartılarak kuru ağırlık değeri g cinsinden belirlenir. Bir ölçü silindire 150 ml saf su doldurulduktan sonra içerisine 100 adet fasulye tanesi konur ve oda sıcaklığında yaklaşık 16 saat bekletilir. Bekletildikten sonra süzülen tanelerin fazla suyu kurutma kâğıdı ile alınıp kurulanır ve tekrar tartılır.

Ölçülen değer gram cinsinden yaş ağırlık değerini verir. Bu suda bekletilen taneler sonrasında pişme süresi tayini için kullanılabilir (Williams ve ark., 1988).

1.2. Kuru Hacim / Yaş Hacim (mL)

Kuru hacim, 100 adet fasulye tanesinin 100 mL'lik ölçü silindirine konulduktan sonra üzerine 50 mL saf su ilave edilerek hacmin mL cinsinden belirlenmesiyle bulunur. Yaş hacim (mL) ise 16 saat ıslatılan fasulye tanelerinin kağıt havlu ile kurutulduktan sonra üzerine 100 mL su eklenerek ölçü silindirinden okunan değer ile belirlenir (Williams ve ark., 1988).

1.3. Şişme Kapasitesi (mL/tane)

Fasulyenin şişme indeksi, fasulyenin suda bekletme işlemi sonrasındaki hacmi ile bekletme öncesindeki hacmi arasındaki oranı ifade etmektedir. Fasulye şişme kapasitesi ise suda bekletme işlemi sonunda fasulyenin su absorbe etme yeteneğini ölçmektedir. Bu iki parametre de fasulyenin pişme kalitesinin değerlendirilmesinde rol oynar, ancak temsil ettikleri ölçümler birbirinden farklıdır. Şişme kapasitesi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır (Williams ve ark., 1988).

$$\text{Şişme Kapasitesi (mL/tane)} = \frac{((A1-A2)-((B1-B2)-(((B1-B2)/N1)*N2)))/(N1-N2)}$$

A1: Suyun hacmi + suda bekletilmiş taneler

A2: Suda bekletilmiş tanelere eklenen suyun hacmi

B1: Suyun hacmi + kuru taneler

B2: Kuru tanelere eklenen suyun hacmi

N1: Suda bekletilen tane sayısı

N2: Suda bekletildiği halde şişmeyen tane sayısı

1.4. Şişme İndeksi (%)

Şişme indeksi diğer baklagillerde olduğu gibi fasulye içinde önemli bir kriterdir. Pişirme özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılır. Fasulye suda bekletildiğinde içine suyu hapsederek hacmini artırır. Şişme indeksi ile fasulye tanelerinin ne kadar su absorbe ettiği belirlenir. Şişme indeksi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır (Williams ve ark., 1988).

$$\text{Şişme İndeksi (\%)} = ((A1-A2)/(N1-N2)) / ((B1-B2)/(N1-N2))$$

A1: Suyun hacmi + suda bekletilmiş taneler

A2: Suda bekletilmiş tanelere eklenen suyun hacmi

B1: Suyun hacmi + kuru taneler

B2: Kuru tanelere eklenen suyun hacmi

N1: Suda bekletilen tane sayısı

N2: Suda bekletildiği halde şişmeyen tane sayısı

1.5. Su Alma Kapasitesi (g/tane)

Su alma kapasitesi, şişme kapasitesinden daha hassastır. Aynı zamanda su alma kapasitesi tanenin boyutundan ziyade pişme süresi ile daha yakından ilişkilidir. Su alma kapasitesi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır (Williams ve ark., 1988).

$$\text{Su Alma Kapasitesi (g/tane)} = (A-(B-(B/100)*N2))/(N1-N2)$$

A: Suda bekletilmiş tanelerin ağırlığı

B: Kuru tanelerin ağırlığı

N1: Suda bekletilen tane sayısı

N2: Suda bekletildiği halde şişmeyen tane sayısı

1.6. Su Alma İndeksi (%)

Fasulye tanesinin su alma indeksi fasulye tohumunun su emme yeteneğini ifade etmektedir. Bu indeks, tohumun çimlenme sürecinde ne kadar suya ihtiyaç duyduğunu veya ne kadar hızlı su emebildiğini gösterir. Su alma indeksi, toprak nemini dengeleme kabiliyetini ve tohumun çimlenme potansiyelini ifade eder. Daha yüksek bir su alma indeksi, tohumun daha çabuk çimlenme ve büyüme yeteneğine sahip olduğunu gösterebilir. Bu indeks, tarımsal uygulamalarda tohum seçiminde önemli bir faktördür. Su alma indeksi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$\text{Su alma indeksi (\%)} = \text{Su alma kapasitesi (g/tane)} / (\text{Kuru ağırlık} / 100)$$

1.7. Pişme Süresi Tayini (dk)

Pişme süresi tanelerin kaynamaya başladığı zamandan yemeye hazır olduğu zamana kadar geçen süreye denilmektedir. Tanelerin en az %90'ının çiğnemeye gerek kalmayacak şekilde yumuşaması gerekmektedir. Tanelerin pişirilmesi, nişastanın jelatinleşmesini ve aynı zamanda hücre duvarı dokularının ağızda kolayca parçalanacak kadar yumuşak ve kırılğan hale gelinceye kadar indirgenmesini kapsamaktadır. Pişme süresi, fasulye tanesinin kabuğunun sıcak suyu geçirgenliğinden, hücre duvarının kimyasal bileşiminden, kotiledonların doğal sertliğinden ve sıcak suyun nüfuz etmesi gereken mesafeyi belirleyen tohumun fiziksel boyutundan etkilenmektedir (Williams ve ark., 1988). Fasulyelerin yetiştiği lokasyon da pişme süresine etki eden faktörler arasında yer almaktadır. Lokasyon genel olarak tane boyutunu ve fiziksel özelliklerini etkileyebildiği için pişme süresi üzerinde de etkisi

olmaktadır. Topraktaki mineral bileşikler ve fitik asit gibi faktörler de pişme süresini etkilemektedir. Pişme süresinin kısa olması tercih edilmektedir. Pişme süresi tayini eğer bilgisayara bağlı sensörler içeren cihazlarla yapılmayacaksa analizi yapan kişinin görüşüne bağlı olarak değişir. Genel olarak analiz ıslatılmış tanelerin kaynayan suda pişirilmesi ve belli aralıklarla kontrolleri yapılarak pişme süresinin belirlenmesi esasına dayanır. Tanelerin pişip pişmediğini kontrol etmek için tane ikiye ayrılır ve iç kısımda bulunan beyaz alanın kaybolması göz önünde bulundurulur. Ancak bu her fasulye çeşidi için geçerli olmayabilir. Bazen beyazlık olsa da tane oldukça iyi pişmiş ve kolay ezilen hale gelmiş olabilir. Bu nedenle analizi yapan kişinin dikkati ve tecrübesi de önem arz etmektedir. Son yıllarda pişme analizi için otomatik sensörlü cihazlar kullanılmaya başlanmıştır. Bu cihazlar bir bilgisayara bağlı sensörlü problar içeren birkaç kısımdan oluşmaktadır. Öncelikle ıslatılan ve bekletilen tanelerin kabuğu bir aparat yardımıyla probun ucunun geleceği kısım kadar soyulur. Sonrasında problemlerin hepsi tek bir taneye gelecek şekilde plaka üzerine yerleştirilir. Bu plaka bir hotplate üzerindeki sıcak suyun içinde bulunmaktadır. Pişmeye başlayıp yumuşayan her tanenin üzerine yerleştirilen ucu sivri prob tane piştiğinde taneyi delerek alta iner ve üst kısmında bulunan sensör bilgisayara sinyal gönderir. Aynı anda 15-20 tanenin pişmesi gerçekleşir. Problemlerin aşağı düşme süreleri tane iriliklerinin farklı olmasından dolayı birbirinden farklı olacaktır. Bilgisayarda otomatik olarak ortalaması alınır ve pişme süresi böylece belirlenmiş olur.

2. Kimyasal Özellikler

2.1. Rutubet (Nem) İçeriği

Rutubet içeriği fasulye kalitesini belirlemede kullanılan önemli bir parametredir. Farklı yöntemlerle rutubet içeriği belirlenebilir. En yaygın olarak kullanılan yöntem etüv metodudur. Hızlı analiz yapan rutubet ölçüm cihazları, NIR/NIT cihazları gibi farklı yöntemler de mevcuttur. Bu yöntemde öğütülmüş tanenin rutubeti, etüvde belirli bir süre belirli bir sıcaklıkta ısıtılarak ilk ve son ağırlıklarının farkına bakılmasıyla belirlenir. Rutubet analizi ile fasulyenin rutubet miktarı yüzde (%) olarak tespit edilir. Bu rutubet miktarı protein analizi gibi numune içerisindeki rutubetin etkilediği analizlerde sonucun kuru madde cinsinden verilmesi için hesaplamalarda kullanılır.

Ülkemizde yetiştirilen kuru fasulyenin bileşenleri Çizelge 2’de verilmiştir (TURKOMP, 2024).

Çizelge 2. Dermason kuru fasulyenin yenilebilir 100 g’ı için bileşenleri

Bileşen	Birim	Ortalama	Minimum	Maksimum
Enerji	kcal	281	281	281
Enerji	kJ	1176	1176	1176
Su	g	11,13	11,13	11,13
Kül	g	4,18	4,18	4,18
Protein	g	21,75	21,75	21,75
Azot	g	3,48	3,48	3,48
Yağ, toplam	g	1,35	1,35	1,35
Karbonhidrat	g	29,42	29,42	29,42
Lif, toplam diyet	g	32,17	32,17	32,17
Nişasta	g	21,64	21,64	21,64
Sakaroz	g	2,89	2,89	2,89
Glukoz	g	0,00	0,00	0,00

Fruktoz	g	0,00	0,00	0,00
Laktoz	g	0,00	0,00	0,00
Maltoz	g	0,66	0,66	0,66
Tuz	mg	40	40	40
Demir, Fe	mg	4,71	4,71	4,71
Fosfor, P	mg	367	367	367
Kalsiyum, Ca	mg	141	141	141
Magnezyum, Mg	mg	150	150	150
Potasyum, K	mg	927	927	927
Sodyum, Na	mg	16	16	16
Çinko, Zn	mg	2,51	2,51	2,51
Selenyum, Se	µg	6,6	6,6	6,6
Tiamin	mg	0,796	0,796	0,796
Riboflavin	mg	0,181	0,181	0,181
Niasin	mg	4141	4141	4141
B-6 vitamini, toplam	mg	0,467	0,467	0,467
E vitamini	α-TE	0,38	0,38	0,38
E vitamini	IU	0,57	0,57	0,57
Alfa-tokoferol	mg	0,38	0,38	0,38
Triptofan	mg	178	178	178
Treonin	mg	747	747	747
Izolosin	mg	975	975	975
Lösin	mg	1575	1575	1575
Lizin	mg	2624	2624	2624
Metiyonin	mg	368	368	368
Sistin	mg	288	288	288
Fenilalanin	mg	1149	1149	1149
Tirozin	mg	719	719	719
Valin	mg	1029	1029	1029
Arjinin	mg	995	995	995
Histidin	mg	676	676	676

Alanin	mg	799	799	799
Aspartik asit	mg	1027	1027	1027
Glutamik asit	mg	2784	2784	2784
Glisin	mg	950	950	950
Prolin	mg	848	848	848
Serin	mg	1034	1034	1034

2.2. Kül İçeriği

Fasulyenin yüksek sıcaklıklarda yakılarak krozelerde kalan mineral maddelerin ölçülmesiyle kül içeriği belirlenir. Klasik kül analizi kül fırınındaki yüksek sıcaklıklara dayanacak olan porselen krozeler kullanılarak yakma öncesi ve sonrası ağırlıkların farkları alınarak hesaplanır. NIR/NIT cihazları hızlı ölçüm teknikleri ile de yüksek korelasyonlarda kül miktarları tespit edilebilmektedir.

2.3. Protein İçeriği

Nüfus artışı ve çevresel sorunlar gibi faktörler, insanları daha çevresel ve ekonomik açıdan sürdürülebilir protein kaynakları üzerine yönlendirmiştir. Genel olarak protein hidrolizatlarının enzimatik yollarla üretilmesi büyük bir avantajdır. Çünkü proteazlar yalnızca peptit bağları üzerinde etki göstererek proteinlerin primer yapısında değişiklikleri teşvik eder. Bu tür yapısal değişiklikler proteinlerin besinsel, teknolojik ve biyoaktif özelliklerine de yansımaktadır (de Castro ve Sato, 2015; Lopes ve ark., 2023). Enzimatik hidrolizden sonra ortaya çıkan peptitler, yapısal özelliklerine bağlı olarak antiinflamatuvar, antidiyabetik, antimikrobiyal, immünomodülatör, anti hipertansif, hipokolesterolemik, hepatoprotektif ve antioksidan aktiviteler gibi biyoaktivite gösterebilir. Yeni fonksiyonel gıdaların geliştirilmesi için bitkisel protein

kaynaklarından elde edilen bu biyoaktif peptitlere olan ilgi, hayvansal kaynaklardan elde edilen peptitlere iyi bir alternatif oldukları için her geçen gün artmaktadır (Fan ve ark., 2012; Lopes ve ark., 2023).

Fasulye de oldukça önemli protein kaynağına sahip besinler arasındadır. Protein oranı genellikle tahılların iki katına yakındır ve miktarı %20-30 (kuru madde, protein faktörü: 6,25) aralığında değişebilmektedir. Doğada bulunan tüm proteinlerde olduğu gibi, baklagillerin çeşitli protein bileşenleri arasındaki fizikokimyasal özelliklerindeki farklılıklar, bunların birincil moleküler yapılarındaki farklılıkları yansıtmaktadır (Kiosseoglou ve Paraskevopoulou, 2011). Fasulyedeki protein yapısının %55-80'ini tuzlu suda çözünebilir globulinler, %10-20'sini suda çözünebilir albuminler ve az miktarda glutelin ve prolaminler oluşturmaktadır (Chang ve Satterlee, 1982). Baklagil proteinlerinden albüminler, nispeten düşük ile orta molekül ağırlığı ve proteinleri suda çözünür kılan hidrofilik bir yüzey ile karakterize edilmektedir. Globulinler ise, yüksek molekül ağırlığa sahip, sulu ortamda çözünürlüklerini sınırlayan nispeten hidrofobik yüzeye sahip çok alt birimli moleküllerdir. Baklagillerde türler ve çeşitler arasında albümin/globulin oranı açısından farklılıklar vardır (Kiosseoglou ve Paraskevopoulou, 2011).

Fasulyede izole edilen ve karakterize edilen proteinler arasında proteaz inhibitörleri, hemagglutininer (lektinler) ve ana depo proteinleri bulunur (Chang ve Satterlee, 1982). Kuru fasulye albuminleri tipik olarak lektinler ve enzim inhibitörleri dahil olmak üzere birkaç farklı proteinden oluşur. Çoğu kuru fasulye proteini kükürt amino asitleri, metionin ve sistein bakımından eksiktir ve bu nedenle hayvansal proteinlerle karşılaştırıldığında daha düşük besin kalitesine sahiptir. Bu

sınırlamaya rağmen kuru fasulye, insanın diyetteki protein alımına önemli bir katkı sağlar. Fasulye bazlı gıdalarda kuru fasulye proteinleri ayrıca yüzey aktivitesi, hidrasyon ve hidrasyonla ilgili özellikler, yapı ve belirli organoleptik özellikleri içerebilen ek işlevlere de sahiptir (Sathe, 2002).

Protein çözünürlüğü, protein molekülünün hidrofilik/hidrofobiklik dengesine bağlıdır. Fakat esas olarak polar/polar olmayan amino asitler açısından moleküler yüzeyin bileşimine bağlıdır. Bu durum protein-protein ve protein-çözücü etkileşimlerinin termodinamiğini etkilemektedir. Emülsifikasyon, köpürme veya jelleşme gibi bir dizi protein fonksiyonel özelliği, çözünürlükle yakından ilişkili olduğundan, bu özellik, proteinin çeşitli gıda uygulamalarında bir bileşen olarak uygunluğunu büyük ölçüde belirleyebilir. Baklagillerden hazırlanan konsantrelerin veya izolatların ana proteinlerini oluşturan baklagil globulinleri, doğası gereği nispeten hidrofobiktir ve moleküllerin elektrostatik itmesinin ve iyonik hidrasyonunun minimuma ulaştığı protein izoelektrik noktasına yakın *pH* ortamlarında düşük çözünürlük sergileme eğilimindedir (Kiosseoglou ve Paraskevopoulou, 2011).

Köpürme, gıda endüstrisindeki en önemli tekno-fonksiyonel özelliklerden biridir ve süt ve yumurta beyazında bulunan hayvansal proteinler, köpük üretiminde en yaygın kullanılanlardır (Amagliani ve ark., 2021). Köpükler, gıda endüstrisinde krema veya dondurma gibi ürünlerin imalatında yaygın olarak kullanılmaktadır. Köpürtme sırasında proteinler hava/su arayüzünde adsorbe edilir, hava kabarcıkları arasındaki yüzey gerilimini azaltır, böylece köpüğü stabilize eder (Narsimhan ve Xiang, 2018). Yapı, hidrofobiklik, yüzey yükü ve hava/su arayüzündeki esneklik gibi protein özellikleri köpük stabilizasyonu için

temel parametrelerdir (Cermeño ve ark., 2024, Sagis ve Yang, 2022). Bazı bitki bazlı köpük oluşturuucu maddeler, bitki bazlı yiyecek ve içecek ürünlerinin formülasyonunda yaygın olarak kullanılır. Proteinlerin köpürme kabiliyeti genellikle köpük genişmesi (FE) veya köpük kapasitesi (FC) endeksleri cinsinden ifade edilir. Bunlar, hava katılımından kaynaklanan bir protein çözeltisi artışının nispi hacmini temsil etmektedir. Köpük stabilitesi (FS) ise havayı kabarcık şeklinde tutma yeteneğinin bir göstergesidir. Göreceli olarak kısa bir depolama süresi boyunca (genellikle 30 dakikaya kadar) köpük hacmindeki azalma veya serumun sistemden ayrılan hacmi ile ölçülür. Bu indeksler proteinin köpürme özelliklerini ifade etmek için kullanılmaktadır (Kiosseoglou ve Paraskevopoulou, 2011).

Su ve yağ emme kapasitesi (WAC, OAC), protein materyalinin birim ağırlığı başına bağlanabilen sırasıyla su ve yağ miktarı olarak tanımlanır. Yağın protein çözeltileriyle karıştırılması / homojenleştirilmesi sırasında, protein moleküllerinin yeni oluşan yağ damlacığı yüzeylerine adsorpsiyonu ve ardından yüzey gerilimindeki azalmanın yardımıyla sürekli bir yağ-su arayüzünün oluşturulması ve yağ damlacığı oluşumu gerçekleşir. Yeni oluşan yağ damlacıkları, yüzeylerinde adsorbe edilmiş protein moleküllerinin varlığı sayesinde anında daha büyük damlacıklara dönüşmekten korunur. Bu nedenle, bir proteinin emülsifiye etme yeteneği, yani nispeten küçük boyutlu damlacıklar içeren bir emülsiyonun hazırlanmasına yardımcı olma yeteneği, boyutuna, çözünürlüğüne, yüzey hidrofobikliğine ve yapısal esneklik gibi proteinin moleküler özelliklerine bağlıdır. Çünkü bu özellikler protein adsorpsiyon özelliklerini belirler. Baklagil proteinlerinin emülsifiye etme yeteneği genellikle birim protein başına

oluşturulan maksimum yüzey alanı olan emülsifiye edici aktivite indeksi (EAI) cinsinden ifade edilmektedir. Çoğu baklagil proteini fonksiyonel özelliğinde olduğu gibi, baklagil proteini izolatlarının ve konsantrelerinin kendi kendini destekleyen bir jel ağ yapısı oluşturma yeteneği, baklagil türü ve çeşidinin yanı sıra hazırlama için uygulanan yöntem, protein materyalinin bileşimi ve saklama koşulları gibi faktörlerden etkilenebilmektedir. Baklagil proteinleri tarafından jel ağ oluşumu, protein denatürasyon noktasından daha yüksek bir sıcaklığa ısıtıldıktan sonra gerçekleşir (Kiosseoglou ve Paraskevopoulou, 2011).

3. Fasulyenin Fonksiyonel Özellikleri

3.1. Besinsel Lifler

Fasulye, besinsel lifin ana kaynaklarıdır. Diğer temel besin maddelerine (tahıllar, etler, süt ürünleri vs.) göre 100 g yenilebilir porsiyon başına iki ila üç kat daha fazla lif içermektedir (Chen ve ark., 2016; Los ve ark., 2018). Fasulye dirençli nişasta, besinsel lif ve bunların fermantasyon ürünleri ile başta kolon sağlığı olmak üzere insan sindirim sisteminin korunmasında önemli rol oynamaktadır (Los ve ark., 2018). Fasulye nişastası, endüstride mevcut olan normal nişastaların çoğuyla karşılaştırıldığında daha yüksek amiloz içeriğinin yanı sıra C tipi polimorfizm sunar ve bu sindirilebilirliğini etkiler. Nişastanın sindirilebilirliğini aynı zamanda fasulyedeki fitik asit, tanenler ve α -amilaz inhibitörleri de etkileyebilmektedir (Santiago-Ramos ve ark., 2018; Ferreira ve ark., 2017).

Kuru fasulyenin, yapısında fazla miktarda karbonhidrat (%55-65) bulunmaktadır. Karbonhidratın büyük kısmını nişasta oluştururken diğer kısımlarında besinsel lif ve oligosakkaritler yer almaktadır.

Polisakkaritlerin bir kısmı yavaşça sindirilirken bir kısmı sindirilmez; yani kalın bağırsakta fermente edilebilen dirençli nişasta ve lif yapısındadır (Suárez-Martínez ve ark., 2016). Tahıllarla (mısır, buğday, pirinç) karşılaştırıldığında fasulye, amiloz içeriği, amilopektin dal zinciri uzunluğu, jeletinizasyon derecesi ve nişasta granüllerinin boyutu ile ilişkili olabilen önemli miktarlarda dirençli nişastaya sahiptir. Ayrıca, amilaz inhibitörleri ve fitatların yanı sıra yüksek lif içeriği de nişasta sindirilebilirliğinin hızı ve derecesinin azalmasına katkıda bulunabilir (Hayat ve ark., 2013). Fasulyenin yemeklere ve işlenmiş gıdaların formülasyonuna dahil edilmesi, glisemik yüklerini azaltabilir ve insan sağlığına önemli avantajlar sağlayabilir. Besinsel lifin varlığı ve yavaş sindirilebilen nişastanın daha yüksek oranda olması, diğer karbonhidrat açısından zengin gıdalarla karşılaştırıldığında fasulyenin düşük glisemik indeksine katkıda bulunur (Winham ve ark., 2017; Los ve ark., 2018).

Toplam besinsel lif, suda çözünebilir ve suda çözünemeyen besinsel liflerinden oluşmaktadır. Baklagillerin gıda formülasyonlarına eklenerek, fonksiyonel katkı maddesi olarak kullanılması sağlık ve beslenme üzerindeki olumlu etkilerinin bir sonucudur. Fasulyenin, dirençli nişasta ve besinsel lif miktarları bakımından içerdiği toplam besinsel lifin en büyük kısmını suda çözünmez besinsel lif oluşturmaktadır (Türksoy, 2018).

3.2. *Fitik Asit*

Kimyasal olarak miyo-inositol-1,2,3,4,5,6-heksakisfosfat (IP6) olarak bilinen fitik asit, 1985 yılında keşfedilmiştir (Oatway ve ark., 2001; Chen ve Xu, 2023). Kuru fasulyedeki fitik asit miktarı %0,74-2,10 aralığında değişmektedir (Reddy ve ark., 1982). Fitik asit baklagiller,

tahıllar, sert kabuklu yemişler ve yağlı tohumlar gibi birçok bitkisel gıdada doğal olarak bulunur. Fitik asit, gıdadaki besin maddelerini (proteinler, mineraller vb.) ve sindirim enzimlerini şelatlama, onları emilim için kullanılamaz hale getirme ve dolayısıyla biyoyararlanımlarını azaltma etkisi gösterir. Bu nedenle bir anti-besin olarak kabul edilmektedir (Sarkhel ve Roy, 2022). Bu olumsuz özelliklerinin yanında yapılan çalışmalar fitik asitin diyabetin önlenmesi, antioksidan özellikler ve kanseri önleme gibi insanlar için faydalı olduğunu göstermiştir (Lan ve ark., 2022). Ayrıca fitik asit, gıda endüstrisinde meyvelerin, sebzelerin, yağların ve et ürünlerinin işlenmesi ve depolanması sırasında antioksidan aktivitesi ve antibakteriyel özellikleri nedeniyle, antioksidan ve koruyucu madde olarak kullanılmaktadır (Bloot ve ark., 2022). Gelecekteki gıda endüstrisinin gelişimi ağırlıklı olarak bitki bazlı gıdalara odaklanmaktadır. Diyetle beslenme dengesini sağlamaya yönelik artan ilgi göz önüne alındığında, bitki bazlı gıdalardaki fitik asidin rolünün kapsamlı ve entegre değerlendirmelerinin yapılması zorunlu hale gelmiştir (Chen ve Xu, 2023).

3.3. Fenolik Maddeler ve Antioksidan Aktivite

Fasulye tanesinde fenolik bileşikler düşük miktarlarda kotiledonlarda, en çok da tohum kabuğunda bulunur (De Mejía ve ark., 1999). Yetiştirme yeri gibi çevresel faktörler ve genetik faktörler (çeşit) toplam fenoliklerin miktarını etkilemektedir. Flavonol glikozitlerin, prosiyanidinlerin ve antosiyanidinlerin miktarı ve bileşimi tohum kabuğunun rengini belirler. Siyah fasulye gibi koyu pigmentli kabuklar, açık renkli tohum kabuklarına göre daha yüksek fenolik içeriğe sahiptir

(Rocha-Guzmán ve ark., 2007). Flavonoidler ikincil bitki metabolitlerinin en yaygın grubunu oluşturur. Düşük moleküler ağırlıklı fenoliklerin geniş bir ailesini temsil eder. Meyve ve sebzelerin, kuruyemişlerin ve tohumların renk ve lezzetine katkılarından dolayı flavonoidler insan beslenmesinin ayrılmaz bir parçasını oluşturur (Pitura ve Arntfield, 2019).

Fasulye tohumu kabuğu renginin genellikle flavonollerin yanı sıra antosiyaninler ve tanenler dahil olmak üzere diğer fenolik bileşiklerin varlığından kaynaklandığına inanılmaktadır (Beninger ve Hosfield, 2003). Fasulyedeki flavonoller çoğunlukla tohum kabuğunda yoğunlaşmıştır, beyaz tohum kabuklu fasulye flavonol bileşikleri içermez (Beninger ve Hosfield, 2003). Flavonoidler serbest radikal temizleyici moleküllerdir. Serbest radikaller tipik olarak oksijenin iyonizasyonu yoluyla üretilir ve bir dizi reaktif oksijen türü (ROS) üretir. Bu bileşikler normal insan metabolizması sırasında hücreler tarafından üretilir ve vücudun belirli biyolojik fonksiyonları için gereklidir; ancak aşırı olduğunda membran hasarı, protein ve enzim modifikasyonu ve DNA hasarı ortaya çıkar ve hastalıklara katkıda bulunur (Pietta, 2000). Bu radikalleri temizleyen antioksidanlar, oksidatif hasarın etkilerini önlemede rol oynayabilir. Çeşitli renkli kuru fasulyelerin tohum kabuklarında bildirilen antioksidan aktivite, daha önce belirtildiği gibi tohum kabuğu rengine yol açan flavonoidler de dahil olmak üzere fenolik bileşiklerin varlığına atfedilmiştir (Beninger ve Hosfield, 2003). Çok çeşitli meyve ve sebze içeren bir çalışmada, kırmızı tohum kabuklu kuru fasulye en yüksek antioksidan aktiviteye sahip olmuştur (Wu ve ark., 2004; Pitura ve Arntfield, 2019).

Antioksidan bileşikler, insan vücudunda endojen reaksiyonlar ile fiziksel ve kimyasal dış etkenlere maruz kalma sonucu oluşan serbest radikaller olarak da adlandırılan reaktif türleri nötralize edebilmektedir (Lorenzo ve ark., 2018). Endojen savunma sistemi kapasitesinin haricinde serbest radikallerin fazlalığı oksidatif strese yol açmaktadır. Oksidatif stres metabolik yolları ve oldukça önemli molekülleri etkilemekte ve çeşitli kronik hastalıkların gelişimi için bir risk faktörü oluşturmaktadır. Bu nedenle gıda alımından elde edilen antioksidan aktiviteye sahip bileşikler, bu reaktif türleri nötralize etmeye yardımcı oldukları için önemli yardımcılarıdır (Görgüç ve ark., 2020; Lopes ve ark., 2023; Lorenzo ve ark., 2018). Antioksidan aktiviteye sahip peptitler, gıda endüstrisinde lipitler ve vitaminler gibi bileşenlerin oksidasyonunu önleyerek önemli bir rol oynarlar (Fan ve ark., 2012).

3.4. Vitaminler ve Mineral Maddeler

Kuru fasulye B grubu vitaminler ve çeşitli mineraller bakımından oldukça zengindir. Fasulye kotiledonları mineralleri (Mg, Ca, Fe ve Zn) daha fazla barındırırken, aynı zamanda sindirim sırasında mineral emilimini potansiyel olarak engelleyebilecek fitik asit, pektin gibi doğal bileşikler de içermektedir (Rousseau ve ark., 2020). Biyomoleküllerle kompleks oluşturduğu için fasulye çok iyi bir folat kaynağıdır. Günlük folat ihtiyacının %95'ini kuru fasulye karşılayabilmektedir (Giovannucci, 1998). Tokoferol, tiamin, piridoksin, niasin, riboflavin içeriği de yüksektir (Eitenmiller ve Lee, 2004).

4. Fasulyenin Antibesinsel Özellikleri

Fasulye tanesinde diğer yemeklik tane baklagillerde de bulunan ve mineral, protein, nişasta gibi besinlerin vücutta emilimini engelleyen, sindirilebilirliğini azaltan bazı faktörler bulunmaktadır. Bu faktörlere antitriptik faktör ya da antibesinsel faktör de denilmektedir (Ertaş, 2007). Bu antibesinsel faktörler arasında lektinler, fitik asit - fitatlar, oligosakkaritler (gaz yapıcılar), tanenler, saponinler, bazı proteaz inhibitörleri (tripsin, kimotripsin) ve α -amilaz inhibitörleri yer almaktadır (Pekşen ve Artık, 2005). Fasulyede bulunan antibesinsel maddelerin bahsedilen olumsuz etkilerinin bir kısmını ya da tamamını ortadan kaldırmak amacıyla uygulanan birçok ön işlem bulunmaktadır. Fasulyenin besin kalitesini yükseltmek için yapılan bu işlemlerden bazıları, fermentasyon, öğütme, ıslatma, kabuk soyma, pişirme ve çimlendirme uygulamalarıdır (Pekşen ve Artık, 2005).

Sulu Isıl İşlemler: Sıcak su ile yapılan ısıl işlemlerde lektinlerin ve enzim inhibitörlerinin etkileri ortadan kalkar, karbonhidratların ve proteinlerin sindirilebilirlikleri artar, tanenler gibi antibesinsel bazı ögeler azalır, B vitamini değerinde de bir azalma görülür. Islatılmamış fasulyelerin pişirilmesi veya pişirmeden önce ıslatılıp, ıslatma suyunun atılması ile oligosakkarit içeriği %76'ya kadar azalmaktadır (Messina, 2014).

Kuru ısıl işlemler: Tanelerin yüksek sıcaklıkta kısa bir süre pişirilmesi de sıcak su ile yapılan ısıl işlemlerle benzer etkilere yol açar.

Öğütme: Tanelerdeki karbonhidratların yapısal özelliklerinde değişim olur ve pişme süresinde de azalma olur.

Çimlendirme ve fermantasyon: Çimlendirme işlemi ile tanelerin başta C vitamini olmak üzere vitamin içeriklerinde artışa neden olur. Protein sindirilebilirliği de artar. Besinsel lif ve mineral miktarlarında bir azalma olur. Pişme süresinde de önemli ölçüde azalma meydana gelir.

Farklı uygulamalar: Metiyonin ve farklı amino asitlerin takviye edilmesi ile protein verimi artar. Bitki ıslahı sürecinde gübreleme, aşılama, sulama, vb. yetiştirme teknikleri kullanılarak toprağın biyolojik ve fiziksel yapısı iyileştirilip, tanenin besin değerleri üzerinde artış sağlanabilir (Pekşen ve Artık, 2005). Fasulyeyi alkali suda pişirmek oligosakkarit içeriğini daha da azaltmaktadır.

Genel olarak fasulyelerin çimlendirilmesi, pişirmeden önce tanelerin ıslatılması ve ıslatma suyunun atılması ve daha alkali pH'lı suda pişirme gibi pişirme uygulamaları oligosakkarit içeriğini azaltabilir.

SONUÇ

Besinsel lifler, vitaminler ve mineraller açısından zengin olan fasulyenin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri oldukça fazladır. Bu özellikleri nedeniyle fasulye sadece az gelişmiş ülkelerde değil gelişmiş olan ülkelerde de bilinçli olarak ve değişik ürünlere işlenerek tüketilen bir gıda maddesidir. Son yıllarda çevre dostu kaynaklara yönelim ile bitkisel bazlı proteinler ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle, hayvansal ürünlere kıyasla daha düşük karbon ve su ayak izine sahip fasulyenin tüketiminin artması ile çevresel kaynaklara yönelik girdiler nispeten azaltılabilir. Tüm bu nedenlerden dolayı fasulyede gerek ıslah ve yetiştiricilik gerekse de kalite ve son ürün çalışmaları hız kesmeden devam etmektedir.

KAYNAKLAR

- Adak, M.S., Güler, M., Kayan, N. (2010). Yemelik Baklagillerin Üretimini Artırma Olanakları, VII. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, ZMO Yayınları, Ankara
- Akan K., Ölmez F., Tatar M., Kübra Ç., Evlice E. (2022). Yemelik Tane Baklagillerde Hastalıklar, In: Karaköy, T. (ed) Yemelik Tane Baklagil Yetiştiriciliği ve Islahı. *Iksad Publications*, pp 311-341, 978-625-8213-46-1.
- Alagöz Ö., Evlice E. (2023). Fasulyede Zararlı Bitki Paraziti Nematodlar. In: Atik A., Keskin A.H. (eds) Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Gelişmeler. *Platanus Publishing*, pp 213-237, 10.5281/zenodo.10025044
- Amagliani, L., Silva, J.V.C., Saffon, M., Dombrowski, J. (2021). On the foaming properties of plant proteins: Current status and future opportunities. *Trends in Food Science & Technology* 118: 261-272
- Anamika, T., Iswarya, V., Singh, N., Rawson, A. (2021). Chemistry of Pulses- Micronutrients. In: Tiwari, B.K., Gowen, A., McKenna, B. (eds) Pulse Foods: Processing, Quality and Nutraceutical Applications. *Academic Press*, pp 61-86, 978-0-12-818184-3
- Anonim (2009). TS 141 Kuru Fasulye Standardının Revizyonu ve Tadiline İlişkin Dış Ticarete Standardizasyon Tebliği, Tebliğ No: 2009/45. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/10/20091010-9.htm>, (Erişim tarihi: 10.05.2024)
- Beninger, C.W., Hosfield, G.L. (2003). Antioxidant activity of extracts, condensed tannin fractions, and pure flavonoids from *Phaseolus Vulgaris* L. seed coat color genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(27): 7879-83
- Bloot, A.P.M., Kalschne, D.L., Noguees, D.R.N., Amaral, J.S., Flores, E.L.M., Colla, E., Canan, C. (2022). Phytic acid against *Clostridium perfringens* type a: A food matrix study. *Foods* 11(3): 406.
- Carbonaro, M. (2021). Nutraceutical Perspectives of Pulses. In: Tiwari, B.K., Gowen, A., McKenna, B. (eds) Pulse Foods: Processing, Quality and Nutraceutical Applications. *Academic Press*, pp 423-460, 978-0-12-818184-3

- Cermeño, M. Silva, J.V.C., Arcari, M., Denkel, C. (2024). Foaming properties of plant protein blends prepared using commercial faba bean and hemp protein concentrates at different faba bean/hemp protein ratios. *LWT-Food Science and Technology* 198: 115948
- Chang, K.C., Satterlee, L.D. (1982). Chemistry of dry bean proteins. *Journal of Food Processing and Preservation* 6(4): 203-25
- Chen, W., Duoxia, X. (2023). Phytic acid and its interactions in food components, health benefits, and applications: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology* 141: 104201
- Chen, Y., McGee, R., Vandemark, G., Brick, M., Thompson, H. J. (2016). Dietary fiber analysis of four pulses using AOAC 2011.25: Implications for human health. *Nutrients* 8(12): 829
- de Castro, R.J.S., Sato, H.H. (2015). Biologically active peptides: Processes for their generation, purification and identification and applications as natural additives in the food and pharmaceutical industries. *Food Research International* 74: 185-198
- de Mejia, E.G., Castano-Tostado, E., Loarca-Pina, G. (1999). Antimutagenic effects of natural phenolic compounds in beans. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 441(1): 1-9
- Didinger, C., Foster, M.T., Bunning, M., Thompson, H.J. (2022). Nutrition and Human Health Benefits of Dry Beans and Other Pulses. In: Uebersax, M.A., Siddiq, M. (eds) *Dry Beans and Pulses*. Wiley, pp 481-504, 978-0-813-82387-4
- Eitenmiller, R.R., Lee, J. (2004). Vitamin E: Food Chemistry, Composition, and Analysis. CRC Press.
- 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
- Ertaş, N. (2007). Yemelik baklagiller ve antibesinsel faktörler. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 21(41): 85-95

- Evlice E., Erdoğan P., Tatar M. (2022). Yemelik Tane Baklagillerde Zararlılar ve Nematodlar. In: Karaköy, T. (ed) Yemelik Tane Baklagil Yetiştiriciliği ve Islahı. *Iksad Publications*, pp 260-271, ISBN: 978-625-8213-46-1
- Fan, J., Hu, X., Xie, Z., Zhang, K., Wang, J. (2012). Photocatalytic degradation of azo dye by novel Bi-based photocatalyst Bi₄TaO₈I under visible-light irradiation. *Chemical Engineering Journal* 179, 44-51
- Ferreira, C.D., Ziegler, V., El Halal, S.L.M., Vanier, N.L., Zavareze, E.D.R., de Oliveira, M. (2017). Characteristics of starch isolated from black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) stored for 12 months at different moisture contents and temperatures. *Starch-Stärke* 69(5-6), 1600229
- Giovannucci, E. (1998). Multivitamin use, folate, and colon cancer in women in the nurses' health study. *Annals of Internal Medicine* 129(7): 517
- Görgüç, A., Gençdağ, E., Yılmaz, F. M. (2020). Bioactive peptides derived from plant origin by-products: Biological activities and techno-functional utilizations in food developments—A review. *Food Research International* 136: 109504
- Hayat, I., Ahmad, A., Masud, T., Ahmed, A., & Bashir, S. (2013). Nutritional and health perspectives of beans (*Phaseolus vulgaris* L.): An overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 54(5): 580-92
- Kanat, Z. (2022). Kuru Fasulye Ürün Raporu. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Ankara. TEPGE Yayın No: 359, ISBN: 978-625-8451-54-2
- Kiosseoglou, V., Paraskevopoulou, A. (2011). Functional and physicochemical properties of pulse proteins. *Pulse Foods. Chapter 3*: 57-90
- Lan, T.T., Song, Y., Liu, X.H., Liu, C.P., Zhao, H.C., Han, Y.S., i, H. (2022). IP6 reduces colorectal cancer metastasis by mediating the interaction of gut microbiota with host genes. *Frontiers in Nutrition* 9: 979135
- Lopes, C., Ferruccio, C.A., de Albuquerque Sales, A.C., Tavares, G.M., de Castro, R. J.S. (2023). Effects of processing technologies on the antioxidant properties of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and lentil (*Lens culinaris*) proteins and their hydrolysates. *Food Research International* 172: 113190
- Lorenzo, J.M., Munekata, P.E., Gómez, B., Barba, F.J., Mora, L., Pérez-Santaescolástica, C., Toldrá, F. (2018). Bioactive peptides as natural

- antioxidants in food products—A review. *Trends in Food Science & Technology* 79: 136-147
- Los, F.G.B., Zielinski, A.A.F., Wojcicchowski, J.P., Nogueira, A., Demiate, I.M. (2018). Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): whole seeds with complex chemical composition. *Current Opinion in Food Science* 19: 63-71
- Messina, V. (2014). Nutritional and health benefits of dried beans. *The American Journal of Clinical Nutrition* 100: 437S-442S
- Narale, B. A., Mounika, A., Shanmugam, A. (2024). Modifications of physicochemical, functional, structural, and nutritional properties of a field bean protein isolate obtained using batch and continuous ultrasound systems. *Sustainable Food Technology* 2(2): 470-484
- Narsimhan, G., Xiang, N. (2018). Role of Proteins on Formation, Drainage, and Stability of Liquid Food Foams. *Annual Review of Food Science and Technology* 9: 45-63
- Oatway, L., Vasanthan, T., Helm, J.H. (2001). Phytic acid. *Food Reviews International* 17(4): 419-431
- Oral, E., Tunçtürk, R., Tunçtürk, M., Altuner, F., Kulaz, H. (2022). Determination of quality and some technological characteristics of some bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.). *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 27(1): 155-165.
- Pekşen, E., Artık, C. (2005). Antibesinsel maddeler ve yemeklik tane baklagillerin besleyici değerleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 20(2): 110-120
- Pietta, P. (2000). Flavonoids as Antioxidants. *Journal of Natural Products* 63(7): 1035-1042
- Pitura, K., Arntfield, S.D. (2019). Characteristics of flavonol glycosides in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed coats. *Food Chemistry* 272, 26-32
- Reddy, N.R., Sathe, S.K., Salunkhe, D.K. (1982). Phytates in legumes and cereals. *Advances in Food Research* 28: 1-92
- Rocha-Guzmán, N.E., Herzog, A., González-Laredo, R.F., Ibarra-Pérez, F.J., Zambrano-Galván, G., Gallegos-Infante, J.A. (2007). Antioxidant and antimutagenic activity of phenolic compounds in three different colour groups

- of common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris*). *Food Chemistry* 103(2): 521-527
- Rousseau, S., Pallares, A.P., Vancoillie, F., Hendrickx, M., Grauwet, T. (2020). Pectin and phytic acid reduce mineral bioaccessibility in cooked common bean cotyledons regardless of cell wall integrity. *Food Research International* 137: 109685.
- Sagis, L.M.C., Yang, J. (2022). Protein-stabilized interfaces in multiphase food: comparing structure-function relations of plant-based and animal-based proteins. *Current Opinion in Food Science* 43: 53-60
- Santiago-Ramos, D., de Dios Figueroa-Cárdenas, J., Véles-Medina, J.J., Salazar, R. (2018). Physicochemical properties of nixtamalized black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. *Food Chemistry* 240: 456-462
- Sarkhel, S., Roy, A. (2022). Phytic acid and its reduction in pulse matrix: Structure–function relationship owing to bioavailability enhancement of micronutrients. *Journal of Food Process Engineering* 45(5): e14030
- Sathe, S.K. (2002). Dry bean protein functionality. *Critical Reviews in Biotechnology* 22(2): 175-223
- Siddiq, M., Uebersax, M.A. (2022). Dry Beans and Pulses: Production, Processing, and Nutrition. Wiley, <https://doi.org/10.1002/9781119776802>
- Sözen, Ö. (2022a). Aksaray ekolojik koşullarında yetiştirilen bazı kuru fasulye genotiplerinin kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *III. International Siirt Conference on Scientific Research* 1463-1478.
- Sözen, Ö. (2022b). Bazı kuru fasulye genotiplerinde kalite parametreleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *III. International Siirt Conference on Scientific Research* 1479-1490.
- Sözen, Ö., Karadavut, U. (2020). Kırşehir ekolojik koşullarında yetiştirilen kuru fasulye genotiplerinin verime etki eden karakterler arası çoklu bağlantının araştırılması. In: Ayaşan, T. (ed) Tarım ve Hayvancılıkta Güncel Gelişmeler. *İKSAD Yayınevi*, Sayfa Sayısı 10, 978-625-7914-52-9
- Sözen, Ö., Karadavut, U., Akçura, M. (2018). A study on the determination of the performance of some yield components in dry bean genotypes (*Phaseolus*

- vulgaris* L.) in different environments. *Fresenius Environmental Bulletin* 27 (12): 8677-8686
- Sözen, Ö., Yağmur, M., Türkmen, B. (2021). Evaluating agro-morphological properties of advanced dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *COMU Journal of Agriculture Faculty* 9 (2): 327-337
- Suárez-Martínez, S.E., Ferriz-Martínez, R.A., Campos-Vega, R., Elton-Puente, J.E., de la Torre Carbot, K., García-Gasca, T. (2016). Bean seeds: leading nutraceutical source for human health. *CyTA-Journal of Food* 14(1): 131-137
- TURKOMP (2024). Ulusal gıda kompozisyon veri tabanı. <https://turkomp.tarimorman.gov.tr/food-210>, (Erişim tarihi: 10.05.2024)
- Türksoy, S. (2018). Tam tane baklagil unlarının kimyasal, fonksiyonel ve reolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Gıda* 43(1): 78-89
- Uebersax, M.A., Cichy, K.A., Gomez, F.E., Porch, T.G., Heitholt, J., Osorno, J.M., Bales, S. (2023). Dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a vital component of sustainable agriculture and food security-A review. *Legume Science* 5(1): e155
- Williams, P., El-Haramein, F. J., Hani, N., Safouh, R. (1988). Crop Quality Evaluation Methods and Guidelines. 2nd edition. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Aleppo, Syria.
- Winham, D.M., Hutchins, A.M., Thompson, S.V. (2017). Glycemic response to black beans and chickpeas as part of a rice meal: a randomized cross-over trial. *Nutrients* 9(10): 1095.
- Wu, X., Beecher, G.R., Holden, J.M., Haytowitz, D.B., Gebhardt, S.E., Prior, R.L. (2004). Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(12): 4026-4037

BÖLÜM 7

FASULYEDE TOHURLUK ÜRETİMİ

Prof. Dr. Ömer SÖZEN¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14285708>

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

Dünyanın en geniş üç familyasından birisi olan baklagiller (*Leguminosae*), besin kaynaklarının ve özellikle de enerji, protein, vitamin ve mineral yönünden zengin olması nedeniyle dünyadaki açlığa, yeterli ve dengeli beslenmeye çözüm olarak görülmektedir (Kaplan Evlice ve Çilesiz, 2022; Çilesiz ve ark., 2022; Sarıkaya ve ark., 2023; Ceyhan ve ark., 2024). Baklagiller diyetsel lifler içermekle beraber yemeklik tane baklagiller arasında en fazla kuru fasulyede %28 oranında diyetsel lif bulunmaktadır (Mustafa ve ark., 2022). Kuru fasulyenin lifli yapıda olması sindirimi kolaylaştırır, kabızlık şikâyetlerine iyi gelir. Bu durum diyet listelerinin vazgeçilmezi olmasının yanında vejetaryen beslenmesinde de protein sağladığı için tercih edilir olmuştur. Zengin diyet lifi içerikleri nedeniyle de son yıllarda kalp-damar rahatsızlıkları, Tip-II diyabet, obezite, kolon kanseri ve diğer bazı hastalıklara karşı koruyucu olarak beslenme uzmanları tarafından önerilmektedirler. Kuru fasulye proteinlerinin sindirilebilirlik oranları %71-94 arasında değişmektedir (Barampama ve Simard, 1994; Karaköy ve ark., 2012; Nadeem ve ark., 2021; Çilesiz ve ark., 2023). Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), doğrudan insan tüketimi için kullanılan en önemli baklagildir. Beslenme uzmanları, yüksek protein içeriği ve karbonhidrat, diyet lifi ve mineral (özellikle demir ve çinko) kombinasyonu nedeniyle fasulyeyi olağanüstü bir besin kaynağı olarak nitelendirmektedir (Nadeem ve ark., 2021).

İnsan beslenmesinde önemli bir protein kaynağı oluşunun yanında havadaki serbest halde bulunan azotu (N) toprağa fiks edebilme özelliğinden dolayı hem üretimi hem de tüketimi fazla olan kuru fasulyenin çimlenme döneminde sıcak, çiçeklenme döneminde ise

kuraklığa ve düşük nisbi neme hassastırlar. Ortalama olarak yıllık toprağa 5 kg/da azot fiske edebilen kuru fasulye ile bağlanan azotun kaybı azotlu gübrelerden sağlanan azota göre daha az olmakta, içme sularının kirlenmesine yol açmamakta ve suni gübreleme sonucu ortaya çıkan kalite bozukluklarına neden olmamaktadır (Akçin, 1988). Bu yüzden kendinden sonraki yetişen tarla bitkilerinin azot ihtiyacını karşılaması ve ekim nöbeti açısından önemli bitki grubunu oluşturması açısından sulu tarım arazilerinde münavebeye alınması gereken en önemli kültür bitkilerinden birisidir (Adams ve ark., 1985; Nadeem ve ark., 2020).

Dünyada ılıman iklim kuşağında yetiştirilen kuru fasulye geniş bir adaptasyon alanına sahip olmakla birlikte Amerika ve Avrupa'da deniz seviyesine yakın alanlarda, Güney Amerika'da ise 3000 metreden daha yüksek alanlarda üretimi yapılabilmektedir (Graham ve Ranalli, 1997 Karaköy ve ark., 2024). Kuru fasulye, ekolojik koşullar bakımından seçiciliği en fazla olan yemeklik tane baklagil türüdür. Bir bölgede yetiştirilen kuru fasulyede verim ve kaliteyi; fiziksel, (sıcaklık, yağış, gün uzunluğu, topografya, toprak tipi vs.), biyolojik (hastalık ve zararlılar) ve sosyo-ekonomik faktörler etkilemektedir (Peksen, 2005; Nadeem ve ark., 2021; Evlice ve ark., 2022).

Baklagiller içerisinde yer alan kuru fasulye, dünyada en fazla ekim alanına sahip ürün olmasının yanı sıra dünyada 126 ülkede yetiştirilmektedir. Daha çok Asya ve Amerika kıtasında yetiştirilen kuru fasulye ekim alanları 1980-2000 yılları arasında 25 milyon ha düzeyinde iken son 20 yılda %33 artış göstererek 33 milyon ha düzeyine ulaşmıştır. Kuru fasulye; 2021 yılı itibariyle yemeklik tane baklagil ekim alanlarının %43.6'sını, üretimin ise %37.3'ünü oluşturmakta olup 2021 yılı itibariyle

33 milyon ha alanda 28.9 milyon ton kuru fasulye üretilmiştir. Buna karşın ülkemizde toplam 24.3 milyon hektar olan tarım alanının yaklaşık 900 bin hektarında yemeklik tane baklagil ekilmekte olup bunun karşılığında yaklaşık 1.25 milyon ton üretim yapılmaktadır. Ülkemizde en fazla ekilen yemeklik tane baklagiller sırasıyla nohut, mercimek, kuru fasulye, bakla, börülce ve bezelye olmuştur (Anonim 2021). 2021 yılı üretim döneminde Türkiye’de kuru fasulye üretimi yaklaşık 102 bin ha alanda gerçekleşmiş olup bu alanların yaklaşık %51’ini İç Anadolu Bölgesi ile %7.4’ünü Doğu Anadolu Bölgesi izlemektedir. Buna karşın üretim bakımından 265 bin ton olarak gerçekleşen Türkiye kuru fasulye üretiminin %65.2’si İç Anadolu Bölgesi’nden karşılanmaktadır (Anonim, 2021).

Fasulye bitkisi, sivilce, mesane, yanık, kalp hastalığı, gaz giderici, şeker hastalığı, ıshal, egzema, hıçkırık tutması, uyuz, böbrek, romatizma, siyatik, idrar bozukluğu ve kanser tedavilerinde kullanılmaktadır (Duke, 1983). Bitkisel üretimde verim ve verim öğelerini etkileyen en önemli girdilerden bir tanesi tohumluk materyalidir. Hem bitki türü ve çeşidi hem de sertifikalı üretim materyali olarak görülen tohumluk, sayılan bu iki temel bileşen üzerinden üretim faaliyetinde belirleyici olmaktadır (Gastel, 1988). Bunun yanında her zaman verim ve verim öğelerine katkısı bakımından belli bir potansiyeldeki tohumluğun “çeşit” özelliği olması bakımından bir öneme sahiptir. Bundan dolayı tarımsal faaliyette bulunan çiftçiler, yetiştirdikleri ürüne ait tohumluğun çimlenme gücü ve yeknesaklığından önce çeşidin genetik kabiliyetini her zaman önde tutarlar (Ketata, 1986).

Tohumluk üretim faaliyeti ile ticari üretimin birbirine benzer olması yemeklik tane baklagillerin bir şansı olarak kabul edilmesinin yanı sıra baklagillerin bakla türü hariç tümü kendine dölleme kabiliyetine sahiptir. Bahsi geçen bu özellikler tohumculuk faaliyetinde görülen zorlukların sayısını azaltmaktadır. Bunun yanında adı geçen üretim metodu arasındaki benzerliklerden dolayı elde edilen tane verimi tohumlukla kolayca karışabilir. Aynı zamanda istenmeyen zayıf bir tohumluk ürünü her zaman yemeklik ürünü olarak da ticarete dönük atılabildiğinden dolayı tohumluk faaliyetinde bulunan yetiştirici gerekli olan özeni ve motivasyonu göstermek adına isteksiz bir tavır gösterebilir.

2. GENEL ÖZELLİKLER

2.1. Kuru Fasulyenin Çiçek Yapısı ve Dölleme Biyolojisi

Erkek ve dişi üreme organlarının aynı çiçek üzerinde yer aldığı hermafrodit (erselik) yapıya sahip kusursuz çiçeklerin bulunduğu kuru fasulyede sırk tip formunda geliştirilen yeni çeşitlerde çiçekler özellikle beyaz olup geçmiş yıllarda geliştirilen çeşitlerde beyaz, pembe, kırmızı, eflatun, koyu menekşe ve bazen sarı renkli çiçekler de görülebilmektedir (McCormack, 2004). Kuru fasulye çiçeklerinin büyük çoğunluğu beyaz ve açık leylak renklerine sahip olmalarının yanı sıra yürütülen çalışmalarda renkli çiçekliliğin beyaz çiçekliliğe dominant olduğu tespit edilmiştir. Renkli çiçekler P ve T temel genlerini taşımakta olup bunlara ek olarak V ya da v_{lae} genli çiçekler açık leylak renkli de olabilmektedir. Bunun yanında V geni aynı zamanda tane rengi üzerine de etkilidir. Bu durum genellikle beyaz çiçeklere sahip kuru fasulye çeşitlerinde tanelerin beyaz renkli olmasının da genetik açıklamasını ortaya koymaktadır.

Bazı durumlarda renkli tane özelliği gösteren kuru fasulye çeşitlerinde çiçek renginin beyaz olmasının nedenleri arasında tane kabuğu rengini oluşturan belirli renk genleri ve allel v geninin çiçek rengi üzerine etkisinin olmadığı gelmektedir. Erken ve geç çiçeklenmeyi sağlayan dominant gen üzerine değişen çevre koşullarının etkisinin büyük olduğu ifade edilmektedir (Şehirali, 1988).

Bir kuru fasulye çiçeğinin en dışında bayrak yaprak, hemen iç kısmında kanatçık ve en içte orta kısımda ise kayıkçık bulunmaktadır (Şekil 1). Omurgaya benzer yapıda olan kayıkçık spiral şeklinde bükülmüş ve gaga şeklinde uzamıştır. Stil omurganın spiral şeklini almıştır. Kayıkçık içinde 10 adet stamen bulunmakta olup bu stamenlerin 9 adedi stilin ve uzun yumurtalığın bir bölümünü saran bükülmüş bir tüp içerisinde bulunurken, en üstte olan 1 adet stamen ise serbest durumda bulunmaktadır.



Şekil 1. Kuru fasulyede çiçek görünümü

Çiçekler, gövde 2/3'lük bir uzunluğa ulaşınca oluşmaya başlayıp genellikle çiçekler sabahları saat 07:00-08:00 arasında açılmakta ve bir daha kapanmamaktadır. Taç yapraklar açıldıktan birkaç gün sonra dökülmeye başlarlar. Polen tanelerinin anter içinde çimlendikleri ancak bu tür polenlerin döllenmede rol alıp almadıkları henüz tespit

edilememiştir. Ayrıca anterlerin stilin etrafını çevirmesi ve erkek üremi organı olan polenler çiçekler açmadan tomurcuk devresinde serbest olarak kalmalarına rağmen, polenler hareket etmedikçe stigma üzerine geçemediği belirlenmiştir. Hava sirkülasyonu ya da temas yoluyla bitkilerin sallanma imkanlarının bulunması, tozlanma ve döllenmenin gerçekleşmesini tetikleyen önemli faktörler olarak görülmektedir.

Determine özellik gösteren bodur tip formundaki kuru fasulyede terminal ve axial çiçek salkımları görülmesine rağmen indetermine özellik gösteren sarılıcı tip formundaki kuru fasulyede ise yalnızca axial çiçek salkımları bulunmaktadır. Genellikle çiçek salkımı eksenini 2-6 adet boğumdan oluşmakta ve her boğumda iki adet çiçek bulunmaktadır. Bu kapsamda basit çiçek salkımı Ram İter, iki dallı çiçek salkımı ram İter, üç dallı çiçek salkımı da ram iter genleriyle idare edildiği Şehirli (1988) tarafından belirtilmektedir.

Döllenme olgunluğuna gelmiş olan embriyo kesesi içinde biri yumurta hücresi, diğeri birleşmiş polar çekirdeklerden oluşan bir çekirdeğin görüldüğü kuru fasulyede tepelik üzerine konan çiçek tozu çimlenerek çim borusunu dişicik borusu içinde uzatır. Bu dönemde generatif çekirdeğin ikiye bölünmesinin yanında vegetatif çekirdeğin çiçek tozu çim borusunun kesesine girişine kadar görevi olup çiçek tozu daha sonraki süreçte kaybolur, nadiren embriyo kesesine de girer. Çiçek tozu çim borusunun embriyo kesesine girişi uygun koşullarda tozlanmadan 8-9 saat sonra olur. Erkek çekirdekler yumurta hücresinin çekirdeği ile polar çekirdeklerden daha küçüktür.

Erkek çekirdeklerden bir tanesi embriyo kesesine girip yumurta hücresini dölleyerek embriyoyu oluşturur. Diğeri ise polar çekirdekle birleşerek kotiledonları oluşturur. Polar çekirdekler döllenince hızla

bölünmeye başlar. Döllenmiş yumurta hücresi daha sonra bölünmeye başlar. Kuru fasulye çiçeği, yapısı nedeniyle mutlak kendini dölleme özelliğine sahiptirler. Kuru fasulye çiçeği yapısı nedeniyle büyük böceklerle yabancı tozlanmaya da uygunluk gösterir. Farklı çeşitlerin yan yana yetiştirilmesiyle yürütülen denemelerde elde edilen sonuçlar, kuru fasulyede %0.2-2 oranında yabancı döllemenin de olduğunu göstermiştir (Sözen ve Karadavut, 2020).

2.2. Tohum Özellikleri

İnsan beslenmesinde büyük önem taşıyan kuru fasulye tohumlarının bitkisel protein ve karbonhidrat değerleri yönünden çok zengin oluşları bu tohumları değerli hale getirmektedir. Renk, şekil ve irilik bakımından çok büyük oranda varyasyon gösterebilen kuru fasulye tohumlarının beyaz renkten başlayarak koyu siyah renge kadar değişim gösterebilmektedir. Tohum renginin tamamen beyaz olmasının yanında üzeri çizgili, yarısı beyaz yarısı şarap kırmızısı, tamamı bej renkli ve çizgili ve tamamı koyu lacivert renkli kuru fasulye genotipleri ülkemiz kuru fasulye tarımında yoğun biçimde ekilmektedir. Barbunya fasulyesi dışında renkli olan fasulye genotiplerinin tohum kabuğu renkleri, pişirildikleri yemek suyunun rengini istenmeyen şekilde bozdukları için kuru olarak değerlendirmek pek mümkün olmamaktadır.

Kuru fasulye tohumlarında şekil açısından büyük farklılıklar görülmekle birlikte bilya gibi yuvarlak tohumlara sahip şeker fasulye genotipinden böbrek şeklindeki horoz fasulye genotipine, köşeli tohum yapısına sahip dermason fasulye genotipinden oval tohumlara sahip Simav fasulye genotipine kadar büyük bir varyasyon görülmektedir. Tohumların irilikleri de kuru fasulye çeşitlerinin genetik kapasitelerinin

yanında yetiştirme tekniklerine bağlı olarak büyük değişiklikler gösterebilmektedir. *Phaseolus vulgaris* türüne giren tohumlar her zaman *Phaseolus coccineus*'un tohumlarından küçük yapıdırlar. Baklasında 3-6 adedi 1 g ağırlığında olan tohumların yanında 3-6 adedi 3-4 g gelebilen tohumlara sahip genotiplerde bulunmaktadır. Kuru fasulyede şekil ve ağırlığın yanında kuru fasulye tohumlarının kabuk kalınlığı da su alma kapasitesi, şişme kapasitesi ve dolayısıyla pişme süresi bakımından oldukça önemlidir. Kabuk kalınlığı oranı düşük olan kuru fasulye genotipleri daha çabuk su alarak erken sürede pişebilmektedir.

3. TOHURLUK ÜRETİMİ

3.1. Üretim Alanının Seçilmesi

Bir baklagil bitkisi olan kuru fasulyenin tohumluk üretiminde, üretilecek tarım arazilerinin mümkünse; genotip/çeşidin o bölgede adaptasyon kabiliyetinin yüksek olduğu, iklim ve toprak şartlarının optimum seviyede olduğu ve tohumluk olarak üretilecek genotip/çeşidin ekonomik boyutta üretilebilecek yerler olması gerektiği önemlidir. Özellikle bir kademe şekli olan orijinal kademedeki tohumluk üretiminde yukarıda sayılan kriterler oldukça önemlidir. Tohumluk üretim çalışmalarında seçilecek üretim arazilerinin kolay ulaşabilir olması göz önünde bulundurulması gereken kriterlerin başında gelmekte olup bu tür üretim sahaları daha hızlı hareket edebilme imkânı verebilmektedir. Tohumluk üretim sahalarının belirlenmesinde en temel konulardan bir tanesi de ekoloji uygunluğuna bağlı olarak temiz tarlaların seçilmesidir.

3.2. Ön Bitki

Farklı kültür bitkilerinin belirli sıralar dahilinde birbirini izleyecek şekilde aynı tarla üzerinde yetiştirilmesine münavebe, ekim nöbeti ya da rotasyon denilmektedir. Bazı kültür bitkileri uzun yıllar süresince peş peşe aynı tarım arazisine ekildiklerinde verimleri yıllar geçtikçe düşme riskiyle karşı karşıya kalmakta olup bu tür bitkilere (keten, pancar, pamuk, buğday, yulaf, kolza, ayçiçeği ve haşhaş) kendine katlanmaz bitkiler denilmesine rağmen bazı bitkiler ise aynı tarım arazisinde peşi sıra yetiştirildiklerinde verim azalmaları dar sınırlarda kalır ki bu tür bitkilere de kendine katlanır (mısır, bakla, soya fasulyesi, tütün, kenevir, çeltik ve kuru fasulye) bitkiler denir ki kuru fasulye de bu grubun içinde yer almaktadır.

Kendine katlanamaz bir bitkinin aynı tarım arazisine ikinci kez ekilebilmesi için geçmesi gereken zamana ekim molası; ekim nöbetinde ya da münavebede art arda gelen kültür bitkilerinde önce ekilen bitkiye ön bitki, birinci, ikinci ve üçüncü müteakip bitki gibi ifadeler kullanılabilir. Art arda sıralanan kültür bitkilerinde iki ana bitkide münavebe çifti, bir yıl içerisinde aynı tarım arazisinde iki veya daha çok mahsul yetiştirip hasat edilmesi çoklu yetiştirme sistemi olarak adlandırılır. Her bit kültür bitkisinin gerek ekim zamanı gerekse yetiştirme koşulları ile ilgili olarak mutlak ön bitki isteği bulunmakta olup kuru fasulye tohumluk üretiminde ön bitki şartı olarak tohumluk üretilecek tarlaya en az bir yıl süresince aynı türün farklı bir genotipi/çeşidi ekilmemiş olması şartı aranmaktadır. Aynı zamanda kuru fasulye tohumluk üretiminde ön bitki olarak şeker pancarı, ayçiçeği, patates, mısır ve pamuk gibi kültür bitkilerine yer verilmesi önerilmektedir.

3.3. İzolasyon

Sertifikalı tohumluk üretimi için asgari izolasyon mesafesi kültür bitkisinin döllenme biyolojisi ile ele alınan kültür bitkisine göre değişmektedir. Kuru fasulye bitkisi kendine döllen bitkiler grubunda olduğundan dolayı tohumluk üretiminde mekanik karışımı önlemek için tohumluk üretim arazileri arasında küçük bir şerit bırakmak genellikle yeterli olmaktadır. Bu kapsamda iki tohumluk üretimi arazisi arasında bir hendek gibi fiziksel bariyerlerin oluşturulması tavsiye edilmektedir. Kendine dölenen türler içinde yer alan kuru fasulyede izolasyon mesafesi karışım olabilir ihtimaline karşın sınırlı bir öneme sahiptir. Bu kapsamda 17.01.2008 tarih ve 26759 sayılı Resmi Gazete’de yürürlüğe giren Yemelik Tane Baklagil Tohum Sertifikasyonu ve Pazarlaması Yönetmeliği’nin Tarla Kontrol Standartları başlığının Ç alt başlığında yer alan türlere göre belirlenen izolasyon mesafesi bakımından kuru fasulyede izolasyon mesafesi orijinal ve sertifikalı kademedeki tohumluk üretiminde 2 m olarak karara bağlanmıştır.

3.4. Toprak İşleme

Kuru fasulye tohumluk üretiminde zamanında ve uygun yöntemlerle yapılacak toprak işleme, alınacak yüksek verim adına en önemli faktörlerden bir tanesidir. Kuru fasulye tohumluk üretiminin uygulanacağı tarım arazilerinde tahıl hasatından sonra kalan anız varsa ve aynı zamanda yabancı ot yoğunluğu da fazla ise bu tür tarımsal arazileri güz mevsiminde 20-25 cm derinlikte pullukla sürülür. Bu tür güz sürümlerde kış aylarında yağışlarla elde edilen suyun toprak haznesinde daha iyi depolanması amaçlanmaktadır. Bunun yanında güz sürümleriyle beraber büyük kesekler kış aylarındaki donup çözülmenin

etkisiyle parçalanarak toprak iyi bir şekilde havalanmış olacaktır. İlkbaharda büyüyen ve sorun haline gelen yabancı otlar, toprak tava geldiğinde kültivatör ve ardından tırmık ile işlenerek ortamdan yok edilir. Kuru fasulye tohumluklarının ekileceği tarımsal arazinin düz ve keseksiz olması yüksek oranda tohumun çimlenmesi ve ileriki dönemlerde tarımsal arazide suyun birikerek göllenmemesi açısından çok önemli bir kriterdir.

3.5. Gübreleme

Kuru fasulye, bir yemeklik baklagil türü olup köklerinde ortak yaşam sürdüren *Rhizobium* bakterilerinin ortak yaşamı sonucu havada serbest halde bulunan azotu fikse ederek köklerinde yumrulara saklamakta ve bitkiye organik madde adına kullanıma sunmaktadır. Köklerde bulunan nodüller *rhizobium* bakterileriyle eşleşmesiyle beraber azot bağlamaya başlayınca kadar geçen süredeki azot ihtiyacını tedarik etmek ve kazançlı bir verim elde edebilmek için saf azot cinsinden 3-5 kg, kök sisteminin gelişmesini temin etmek için de 6-8 kg P₂O₅ verilmesi tavsiye edilmektedir.

Gübreleme faaliyetinde DAP gübresinin (%18 azot ve %46 P₂O₅) kullanılması kurur fasulye tohumculuğunda zaruri olan her iki besin maddesinin karşılaması açısından oldukça uygunluk göstermektedir. Tohum çevresinde bulunan yüksek orandaki mineral madde zenginliği tohumun çimlenmesi ve fidenin çıkışına olumsuz etki yaptığından gübrenin tohumla birlikte toprağa kazandırılması önerilmemektedir. Bundan dolayı verilecek gübreler, ekim öncesi toprak işlemeden hemen önce tohumluk üretiminin yapılacağı araziye ya fıfır ile ya da serpme yöntemi ile toprağa verilerek tırmık aleti ile toprağa karıştırılmalıdır.

3.6. Ekim Zamanı

Kuru fasulyede en uygun çimlenme sıcaklıkları 15-20 °C aralığında değişmekte olup 15 derecenin altındaki sıcaklıklarda çimlenme yavaşlayabilmekte ve kuru fasulye tohumlarını bitki hastalıkları (mantarı vb.) ile zararlıları (toprak kurtları vb.) olumsuz bir şekilde etkileyebilmektedir (Akan ve ark., 2022). Bu kapsamda toprak sıcaklığı ülkemiz koşullarında bölgelere göre dikkate alındığında kuru fasulye tohumculuğunda en uygun ekim zamanlarının Ege ve Akdeniz Bölgeleri için 15 Şubat-15 Mart arası, İç Anadolu Bölgesi için 25 Nisan-10 Mayıs ve Doğu ile Güney Doğu Anadolu Bölgeleri için ise 10-20 Mayıs tarih aralığının uygun olduğu ifade edilmektedir. Bunun yanında yukarıda bahsi geçen ekim zamanlarının kuru fasulye tohumculuğunda geciktirilmesiyle birlikte elde edilecek tohumluk verimlerinde ciddi kayıplarında olacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

3.7. Ekim Derinliği

Kuru fasulye tohumculuğunda ülkemizde en çok kullanılan ekim yöntemlerinin başında tarım teknolojinin gelişmesiyle beraber pnömatik ya da havalı mibzerle yapılan sıraya ekim yöntemi gelmektedir. Bu ekim yöntemi, eş zamanlı çıkışı sağlamasının yanında sıra arası ve üzeri mesafeler ile ekim derinliği ve tohum miktarının ayarlanmasına da kolaylıklar sağlamaktadır. Ayrıca zirai mücadele, bakım ve sulama gibi diğer kültürel işlemlerde de kolaylıklar sağlayarak geniş anlamda yürütülen kuru fasulye tohumculuğunda yüksek verim alabilmeye de imkân sağlamaktadır. Vejetasyon süresince yapılacak kültürel işlemler traktöre takılabilecek alet-ekipmanlar ile beraber yapılırsa sıra arası mesafe aralığının bitkilerin bodur, yarı sarılcı ve sarılcı tip formlarına

göre değişmekle beraber bodur ve yarı bodur genotip/çeşitlerde 45-50 cm, sarılıcı genotip/çeşitlerde ise 70 cm; sıra üzeri mesafe aralığı da yine bodur, yarı bodur ve sarılıcı tip formlarına göre değişmekle birlikte 8-12 cm aralığında olmalıdır.

Kuru fasulye tohumculuğunda ekim işlemlerinde ekilecek genotip/çeşitlere uygun bir özel mibzer bulunmasa da farklı tarımsal sanayi kuruluşları tarafından geliştirilen ve tahıl mibzerlerine yapılan uyarlamalar ile piyasaya sürülmüş normal mibzerlerin yanında pnömatik ve havalı mibzerler bulunmakta olup bu mibzerler ile kuru fasulye tohumculuk faaliyetinde ekim işleri kolaylıkla yapılabilir.

3.8. Ekim sıklığı

Kuru fasulye tohumculuğunda genotip/çeşidin büyüme formu, ekim normu, uygulanacak ekim yöntemi ve tohum iriliği dekara atılacak tohum miktarını etkileyen önemli kriterlerin başında gelmektedir. Tohumculukta ekimini gerçekleştirdiğimiz kuru fasulye genotip/çeşidi bodur ve yarı bodur tip formunda ise mibzerle ekimde atılacak tohum miktarı dekara küçük tohumlularda 6-8 kg, orta irili tohumlarda 8-10 kg ve büyük tohumlarda 10-12 kg olarak hesaplanabilmektedir. Atılacak tohumun derinliğinin hesaplanmasında ise toprak işleminin önemi göz önüne alınarak ağır bünyeli killi topraklarda 4-6 cm, hafif bünyeli kumlu topraklarda 6-8 cm ve ekim öncesi total herbisit kullanılmış topraklarda ise 8< cm üstü dikkate alınmalıdır.

3.9. Hastalık, Zararlı ve Yabancı Ot Kontrolü

Kaliteli ve yüksek verim alabilmek için kuru fasulye tohumculuğunda yabancı ot mücadelesi, uygulanacak sulama rejimi, ilk çapadan sonra boğaz doldurma ve zirai mücadele gibi kültürel işlemlerin

zamanında ve uygun alet ekipmanlarla yapılması önem arz etmektedir (Alagöz ve ark., 2023). Bu kapsamda yabancı ot mücadelesi kuru fasulye tohumculuk faaliyetinde en önemli bakım işlemlerinin ilk sırasında gelmektedir. Özellikle erken vejetatif dönemde hızla büyüme özelliği gösteren yabancı otların fasulye bitkisine gölgeleme yaparak gelişimini engellememesi için ilk çapalama işlemi bitkiler 10-15 cm boyuna ulaştıkları zaman yapılmalıdır. Kuru fasulyenin kazık köklerinin yanında yan saçak yüzeysel gelişen köklerine zarar vermemek için çapalama çok derinden yapılmamalıdır. Yapılacak ilk çapalamadan sonra çiçeklenme ve bakla bağlama dönemine kadar çapalama yapılmamalıdır. Bodur ve yarı bodur tip formunda gelişen kuru fasulye genotip/çeşitlerde tohumculuk faaliyetinde 45-50 cm sıra aralığında ekilen bitkilerde birincil ve ikincil çapalama faaliyetleri traktör arkasına takılan alet-equipmanlarla gerçekleştirilmelidir. çapalama faaliyetinden beklenen katkıyı sağlayabilmek için bu işlemin sulamadan hemen sonra toprağın tavlı olduğu zamana denk getirmek önemli bir husus olarak karşımıza çıkmakta olup bu şekildeki uygulamalarda hem kaymak tabakası kırılmakta hem de toprakta su kaybı azaldığı için köklerin iyi havalanması da sağlanmaktadır. Yapılacak çapalama işlemi, kök bölgesindeki *rhizobium* bakterilerinin faaliyetlerinin artmasına dolayısıyla da bu bölge de bitkiler tarafından kullanılabilir azot miktarının da artmasını teşvik edecektir.

Kuru fasulye tohumculuğunda yabancı ot kontrolü faaliyetlerinde kurak olmayan lokasyonlarda ekim öncesi, ekimden sonra çıkış öncesi ve çıkış sonrası bazı etken maddeli herbisitler kullanılabilir. Ekim öncesi kullanılan kimyasal ilaçların başında Dinitramine veya Trifluralin etki maddeli ilaçlar gelmekte olup bu ilaçlardan birisiyle 200 ml dozunda

20-25 litre suda pülverize edildikten sonra tırmıkla 3-4 cm derinlikte toprağa karıştırılmalı ve ardından yaklaşık 1 hafta sonra ekimin yapılması tavsiye edilmektedir. Bunun yanında ekim sonrası çıkış öncesi yabancı ot ilacı atılacaksa linuron etkili yabancı ot ilaçlardan bir tanesiyle 200 ml dozunda ekimden sonra hemen ilk 3-4 gün içinde tarlaya pülverize edilmelidir.

3.10. Hasat

Kuru fasulye tohumculuk faaliyetinde hasat kayıplarını en aza indirerek yüksek ve kaliteli verim alabilmenin yolu hasadın tam zamanında yapılmasından geçmektedir. Bu kapsamda tohumculukta en uygun hasat zamanı kuru fasulyede baklaların büyük bir kısmının sarardığı fakat çatlama özelliği göstermediği, bakla içerisinde tanenin sert, iyi gelişmiş ve bakla kırılır kırılmaz tohumun dışarı çıkabilecek durumda olduğu dönemdir. Tohumluk kuru fasulyeler biçerdöverle hasat edilmeyecekse öncelikle hasat zamanında kuru fasulye bitkileri elle yolunarak ya da orakla biçilerek yığınlar haline getirilerek tarla üzerinde 3-5 gün kurutmaya bırakılır. Kurumasını tamamlayan kuru fasulye bitkileri batöz gibi özel harman makineleriyle ve uygun kuyruk mili devri ile (540 devir/dk.) harman edilerek elde edilen saf tohum %14'lük nem oranına düşürülünceye kadar güneş altında kurutulur. Nemi düşürülen kuru fasulye tohumları selektör işlemine tabi tutularak kırık ve deforme olmuş tohumlarından ayklanırlar ve bu sırada tohum böceklerine karşı olarak da fumige edilirler. Selektörden geçirilen saf kuru fasulye tohumları depolama süresince fazla nemli hava ile teması kesmek için sık dokunmuş çuvallara ya da kalın kâğıt paketlere doldurulurlar. Kuru fasulye tohumlarının saklanabileceği en uygun

ambarlar, tanedeki nem oranının %14'ün üzerinde olmadığı, depo iç sıcaklığının 10 derecenin üzerine çıkmadığı, ortamdaki havanın oransal neminin 55-60 civarında olduğu ve ambar zararlarına karşı gerekli kimyasal mücadele önlemlerinin alındığı temiz bir ortam olmalıdır.

4. SERTİFİKASYON

4.1. Tarla Kontrolü

Kuru fasulye tohumculuğunda, tohumculuk faaliyetinin yürütüldüğü lokasyonun bağlı olduğu T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı İl Tarım ve Orman Müdürlüğü tarafından yürütülen tarla kontrolleri kuru fasulye vejetasyonu süresince biri %50 bakla bağlama dönemi diğeri hasattan yaklaşık 1-2 haftaki dönem olmak üzere 2 defa yapılmakta olup kuru fasulye türünde tarla kontrollerinde temel olacak bitki sayısı 100 adettir. Birim alan üzerinden yapılacak tarla kontrollerinde tohumculuğun yapıldığı tarla büyüklüklerine göre tekrarlama sayısı ile dikkat edilecek faktörler Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Tarla büyüklüklerine göre tekrarlama sayısı

Arazinin Büyüklüğü (da)	Tekrarlama Sayısı (birim)
0-10	5
11-100	10
101<	15

Çizelge 2. Tarla kontrollerinde dikkat edilecek faktörler

Faktörler	Orijinal	Sertifikalı I	Sertifikalı II-III
Diğer tür ve çeşitler (tıp dışı bitkiler dahil)	0	0.5	1
Solgunluk (<i>Fusarium oxysporum</i>)	0	0	0.5
Pas (<i>Uromyces appendiculatus</i>)	0	0	5
Sap Çürüklüğü (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>)	0	0	1
Antraknoz (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>)	0	0	1
Kök Çürüklüğü (<i>Macrophomina phaseoli</i> , <i>Rhizoctonia solani</i>)	0	0.5	2
Bakteriyel Solgunluk (<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i> <i>pv. Flaccumfaciens</i>)	0	0	0
Hale Yanıklığı (<i>Pseudomonas syringae</i> <i>pv. Phaseolicola</i>)	0	0	0.5
Adi Yaprak Yanıklığı (<i>Xanthomonas axonopodis</i> <i>pv. Phaseolia</i>)	0	0	0.5
Virüs Hastalıkları (Toplam) (*)	0	2	0

(*) Fasulye adi mozaik virüsü (bean common mosaic virus-BCMV), Soya fasulyesi mozaik virüsü (Soyabean mosaic virus-SYMV) tohumla taşındığından tüm kademelerde toleransı sıfırdır.

4.2. Laboratuvar Kontrolü

Kuru fasulye tohumculuk faaliyetinde laboratuvar standartları aşağıda Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 3. Kuru fasulyede laboratuvar standartları

Kuru Fasulye	Tür		Cansız Yabancı Madde (En fazla%)	Diğer Mahsul Tohumları (En çok adet/kg)			Diğer Tür Çeşit (En çok adet/kg)			Ot Tohumları (En çok adet/kg)			Zararlı Ot Tohumları <i>Vicia articulata</i> Orabaş, Küsküt (En çok adet/kg)	
	Çimlenme* (En az%)	Saf Tohum (En az%)		Orijinal	Sertifikalı I	Sertifikalı II,III	Orijinal	Sertifikalı I	Sertifikalı II,III	Orijinal	Sertifikalı I	Sertifikalı II,III	Sertifikalı I	Sertifikalı II,III
85			0											
98			2											
2			2											
0			4											
2			2											
6			4											
10			2											
2			4											
4			8											
8			-											
-			-											
-			-											

(*) Çimlenme değerlerine sert tohum oranı dahildir

4.3. Ambalajlama ve Etiketleme

4.3.1. Ambalajlama

1. Tohumluk olarak yetiştirilen kuru fasulyelerin 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. Kuru fasulye tohumluk etiketlerinin üzerinde bulunması gereken minimum 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

2. Kuru fasulye tohumculuk faaliyetinde sertifika alınacak tohumluk sınıflarına göre etiketler aşağıdaki Çizelge 4'te verilen renklere uygun olarak düzenlenir.

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

4. Etiketler dikme ve yapıştırma olarak hazırlanmalıdır.

Çizelge 4. 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

Kuru fasulye tohumluklarının partilerine ait asgari numune miktarı ve azami ambalaj ve parti büyüklükleri Çizelge 5’te verilmiştir.

Çizelge 5. Tohumluklarda asgari numune ve azami ambalaj ve parti büyüklükleri

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

4.3.3. Tohumluk Partilerinin Numaralandırılması

Kuru fasulye tohumculuk faaliyetlerinde oluşturulacak tohumluk partileri, TR..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

- Adams, M.W., Coyne, D.P., Davis, J.H.C., Graham, P.H., Francis, C.A. (1985). Grain legume crops. Collins professional and technical books, London, 433-477.
- Akan K., Ölmez F., Tatar M., Kübra Ç., Evlice, E. (2022). Yemeklik Tane Baklagillerde Hastalıklar. 311-341. In: Yemeklik Tane Baklagil Yetiştiriciliği ve Islahı (Eds. Karaköy T.), 341 s. Iksad Publications. ISBN: 978-625-8213-46-1.
- Akçin, A. (1998). Yemeklik Tane Baklagiller, Selçuk Ü. Yayınları: 43, Zir. Fak., Yayın No:8, 41-189.
- Alagöz Ö., Evlice, E. (2023). Fasulyede zararlı bitki paraziti nematodlar. 213-237. In: Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Gelişmeler (Eds. Atik A., Keskin A.H.), 611 s. Platanus Publishing. DOI: 10.5281/zenodo.10025044.
- Anonim, (2021). <http://faostat3.fao.org/home/index.htm>.
- Ceyhan, E., Korkmaz, A., Ali, A., Karadaş, S., Harmankaya, M., Şimşek, D., Karaköy, T. (2024). Exploring genetic diversity: the inheritance of protein and mineral contents in dwarf common beans. Turkish Journal of Agriculture and Forestry (2024) 48: doi: TJAF-2024-00183R2.
- Çilesiz, Y., Sarıkaya, M.F., Kaplan Evlice, A. (2022). Börülce (*Vigna unguiculata* L.) ıslahı. In: Karaköy, T. (Ed.) Yemeklik Tane Baklagil Yetiştiriciliği ve Islahı. 261-272, Iksad Publishing House, ISBN 978-625-8213-46-1.
- Çilesiz, Y., Nadeem, M.A., Gürsoy, N., Kul, R., Karaköy, T. 2023. Assessing the cooking and quality traits diversity in the seeds of faba bean germplasm. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 47 (4): 448-466.
- Duke, A.J. (1983). *Phaseolus vulgaris* L. Handbook of Energy Rops. Unpublished.
- Evlice E., Erdoğan P., Tatar, M. (2022). Yemeklik tane baklagillerde zararlılar ve nematodlar. 260-271. In: Yemeklik Tane Baklagil Yetiştiriciliği ve Islahı (Eds. Karaköy T.), 139 s. Iksad Publications. ISBN: 978-625-8213-46-1.
- Gastel Van, A.J.G. (1988). Quality Seed production, Icarda, 82-91.
- Graham, P.H., Ranalli, P. (1997). Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Field Crops Research, 53 (1): 131-146.

- Kaplan Evlice, A., Çilesiz, Y. (2022). Börülce (*Vigna unguiculata* L.) yetiştiriciliği. In: Karaköy, T. (Ed.) Yemeklik Tane Baklagil Yetiştiriciliği ve Islahı. 233-260 s, Iksad Publishing House, ISBN 978-625-8213-46-1.
- Karaköy, T., Erdem, H., Baloch, F.S., Toklu, F., Eker, S., Kilian, B., Özkan, H. Diversity of macro-and micronutrients in the seeds of lentil landraces. The Scientific World Journal 2012 (1): 710412.
- Karaköy, T., Toklu, F., Karagöl, E.T., Uncuer, D., Çilesiz, Y., Ali, A., Nadeem, M.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.
- Ketata, H. (1986). Techniques of Seed Production. Seed Production Technology, Icarda, 236-239.
- McCormack, J. (2004). Bean seed production. An organic seed production manual for seed growers in the Mid-Atlantic and southern U.S. Distribution ve licensing information, page: 1-6.
- Mustafa, Z., Erdoğan, P., Sarıkaya, M.F. (2022). Bezelye (*Pisum sativum* L.) yetiştiriciliği. In: Karaköy, T. (Ed.) Yemeklik Tane Baklagil Yetiştiriciliği ve Islahı. 111-126, Iksad Publishing House, ISBN 978-625-8213-46-1.
- Nadeem, M.A., Karaköy, T., Yeken, M.Z., Habyarimana, E., Hatipoğlu, R., Çiftçi, V., Nawaz, M.N., Sönmez, F., Shahid, M.Q., Yang, S.H., Chung, G., Baloch, F.S. 2020. Phenotypic characterization of 183 Turkish common bean accessions for agronomic, trading, and consumer-preferred plant characteristics for breeding purposes. Agronomy 10 (2): 272.
- Nadeem, M.A., Çilesiz, Y., Yüce, İ., Baloch, F.S., Karaköy, T. 2021. Macro and micronutrients diversity in the seeds of field pea germplasm. Pakistan Journal of Botany 53 (5): 1655-1664.
- Nadeem, M.A., Yeken, M.Z., Shahid, M.Q., Habyarimana, E., Yılmaz, H., Alsaleh, A., Hatipoğlu, R., Çilesiz, Y., Khawar, K.M., Ludidi, N., Ercişli, S., Aasim, M., Karaköy, T., Baloch, F.S. 2021. Common bean as a potential crop for future food security: an overview of past, current and future contributions in genomics, transcriptomics, transgenics and proteomics. Biotechnology & Biotechnological Equipment 35 (1): 759-787.

- Nadeem, M.A., Habyarimana, E., Karaköy, T., Baloch, F.S. 2021. Genetic dissection of days to flowering via genome-wide association studies in Turkish common bean germplasm. *Physiology and Molecular Biology of Plants* 27 (7): 1609-1622.
- Pekşen, E. (2005). Samsun koşullarında bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin tane verimi ve verimle ilgili özellikler bakımından karşılaştırılması. *Ondokuzmayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (3): 88-95.
- Sarıkaya, M.F., İleri, O., Erkovan, Ş., Erkovan, H.İ., Koç, A. (2023). Growing forage pea (*Pisum arvense* L.) for hay: Different sowing dates and plant densities in Central Anatolia. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54 (2): 75-80.
- 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.
- Şehirli, S. (1988). Yemelik Dane Baklagiller. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1089, Ders Kitabı: 314 (3): 132.

BÖLÜM 8

FASULYE ISLAHI

Prof. Dr. Tolga KARAKÖY¹

Arş. Gör. Dr. İlker YÜCE²

Prof. Dr. Ercan CEYHAN³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14285739>

¹ Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Sivas, Türkiye E-mail: tkarakoy@sivas.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-5428-1907

² Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sivas, Türkiye E-mail: ilkeryuce001@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-9761-3561

³ Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye E-mail: eceyhan@selcuk.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-9154-9984

1. FASULYE ISLAHI

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), baklagiller familyasına ait bir tür olup dünya genelinde birçok farklı çeşidiyle yetiştirilen önemli bir tarım ürünüdür. Fasulyenin kökeni Amerika kıtasına, özellikle Orta ve Güney Amerika'ya dayanır. Yapılan arkeolojik ve genetik araştırmalar, fasulyenin ilk defa yaklaşık 7.000 ila 10.000 yıl önce Meksika ve Peru civarında kültüre alındığını göstermektedir (Sözen, 2022). Kolomb öncesi dönemde, fasulye bu bölgelerde temel bir gıda kaynağı olarak kullanılmış ve yerel halklar tarafından mısır ve kabakla birlikte yetiştirilmiştir (Alexandratos ve Bruinsma, 2012; Bellucci ve ark., 2014; Sözen ve ark., 2018).

Fasulye, özellikle Maya, Aztek ve İnka uygarlıklarının tarım sistemlerinin önemli bir parçasıydı. Bu uygarlıklar, fasulyeyi, toprağı azot açısından zenginleştiren bir bitki olarak mısır ve kabakla birlikte yetiştirmişlerdir. Bu üçlü tarım sistemi, bitkilerin birbirlerini destekleyici nitelikleri sayesinde oldukça verimli bir yöntemdi. Kolomb'un Amerika kıtasına gelmesinden sonra, fasulye Avrupa, Afrika ve Asya'ya taşınmış ve burada hızla yayılmıştır (Nadeem ve ark., 2021; Sözen ve Bozoğlu, 2021).

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), dünya genelinde yaygın olarak yetiştirilen ve insan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan bir baklagil türüdür. Fasulye, özellikle protein, vitamin ve mineral içeriğı açısından zengin bir besin kaynağıdır (Sözen ve Karadavut, 2020). Ayrıca, tarımsal üretimde toprak verimliliğini artıran önemli bir bitki olarak da bilinir, çünkü atmosferik azotu bağlayabilme yeteneğı sayesinde toprağı azot katkısında bulunur. Bu nedenle fasulye, hem ekonomik hem de çevresel açıdan değerli bir tarım ürünüdür (Karadavut

ve Sözen, 2019). Ancak fasulye üretimi, çeşitli biyotik ve abiyotik stres faktörlerinden etkilenir. Bu nedenle, fasulye ıslahı, verimliliğin ve kalite özelliklerinin iyileştirilmesi, hastalıklara ve zararlılara karşı dayanıklılığın artırılması gibi hedefler doğrultusunda yönlendirilmelidir. (Motto ve ark., 1978; Karaköy ve ark., 2012; Sözen ve ark., 2022; Çilesiz ve ark., 2023; Yüce ve Dumlupınar, 2023; Ceyhan ve ark., 2024).

Fasulye çiçekleri kendine döllek olduğu için tek bitki seçme işlemi kolaylıkla yapılır. Kendilenmiş materyalde açılmanın çok az olması nedeniyle, istenmeyen varyantların seçilip atılmasıyla, saf hatların elde edilmesi kolaydır. Bazen büyük böcekler ve arılar, kapalı çiçekleri açarak yabancı döllenebilir ve böylece yeni genetik kombinasyonlar meydana gelebilir. Ya da koşullara göre çiftçiler yeniden seçmeler yapmıştır. Amerikan yerlileri büyük tohumlu büyük baklalı, çabuk pişme yeteneği, gösterişli tohum rengi ve bodur bitki habitusu gibi açıkça görülen karakterleri dikkate alarak tabii florada geniş ölçüde rastlanan varyetelerde seçmeler yapmışlardır. Bölgesel çevre koşulları da bu seçmeler üzerinde etkili olmuştur. Örneğin, çok kurak bölgeler kısa yağmur mevsimli olduklarından bu gibi yerlerde erken olgunlaşan bodur formlar, ilkbahar ve yazlık olarak yetiştirilmiştir. Kuru fasulye olarak kullanılan ve geç olgunlaşan sarılıcı formlar, halen geniş ölçüde uzun yağmur mevsimli olan nemli bölgelerde yaygınlaşmıştır. Böylece fasulyenin evölüsyonu, insanlığın seçmesi kadar yetiştirme bölgelerindeki iklim koşullarının da kontrolü altında olmuştur. Bodur bitki formu, önemli birçok genetik değişiklikler ve birçok genlerin kaybolmasına sebep olmuştur. Böylece yetiştiricilerin seçenekleri varyantları azalmıştır. Bodur fasulye diğer bölgelere dağıldıktan sonra birçok yaygın çeşit ortaya çıkmış ve ıslah kaynağı

olarak sınırlı seçmeler yapılmıştır. Eski anaçlardaki genetikçe zengin kaynaklar bilinçsiz olarak yok edilmiştir. Zayıf, hastalık ve böceklere dayanıklı olmayan, tropik Amerika'nın birçok bölgelerinde yetiştirilen fakat artan nüfusun besin ihtiyacını sağlayacak çeşitler bunun en açık delilidir. Amerika yerlileri bizim anladığımız anlamda fasulye ıslahı yapmamışlar kendilerine tabiatın verdiğini zekice kullanmışlardır. Hiçbir genetik bilgisine sahip olmadıklarından melezleme de yapmamışlardır. Bitki hastalıkları hakkında da bilgileri olmadığından hastalık ıslahı da yapamazlardı (Beebe ve ark., 2012).

Binlerce yıldan beri yabani formlar bitki ıslahında kullanılmıştır. Son yıllarda fasulye koleksiyonları elde bulunan genetik stokun dünyanın bu önemli besin kaynağının ıslahına başlangıç yapılabileceğini göstermiştir. Dolayısıyla fasulye ıslahında yeni bir çağ başlamaktadır. Bu, diğer bitkilerden elde ettiğimiz deneylere dayanan bir tahmindir. İlkel formlardan elde ettiğimiz çeşitlere genler transfer edildikten sonra üründe yeni bir dirilme ve kararlılık ortaya çıkmaktadır. Örneğin, sadece fasulyenin bitki habitusu ve yapısı, tarlamızdaki verim artışına, kuraklığa ve diğer iklim koşullarına, hastalık ve böceklere dayanıklılığa, makineli hasada uygunluğa etkili olmuştur (Sözen ve Karadavut, 2017; Nadeem ve ark., 2021; Nadeem ve ark., 2020).

Fasulye ıslahı, fasulye bitkisinin (*Phaseolus spp.*) genetik özelliklerini geliştirmek amacıyla yapılan bilimsel ve teknik çalışmaları kapsar. Islah, verimi artırmak, hastalıklara karşı direnç sağlamak, çevresel koşullara uyum yeteneğini iyileştirmek, besin değerini artırmak veya ticari değerini yükseltmek gibi çeşitli hedefler doğrultusunda yapılır. Fasulye ıslahı birkaç ana adımdan oluşur:

Hedeflerin Belirlenmesi

Fasulye ıslahı çalışmalarında ilk adım, yetiştirici ya da araştırmacının ne tür özellikleri geliştirmek istediğine karar vermesidir.

Bu hedefler şunlar olabilir:

- Yüksek verim: Birim alanda daha fazla ürün almak.
- Hastalıklara ve zararlılara karşı direnç: Fasulyenin yaygın hastalıklara (örneğin antraknoz, pas) ve zararlılara (örneğin fasulye sineği) karşı dayanıklı olması.
- Kuraklık ve soğuk gibi çevresel strese dayanıklılık: İklim değişikliklerine ve su kısıtlılığına karşı dayanıklılık kazandırmak.
- Tanelerin besin değeri: Protein, lif, vitamin ve mineral içeriğini artırmak.
 - Kalite özellikleri: Pişirme süresi, lezzet, dış görünüş gibi pazarlama açısından önemli özellikleri geliştirmek.

b. Genetik Kaynakların Seçimi

Islah için kullanılacak genetik kaynakların belirlenmesi çok önemli bir adımdır. Bu kaynaklar, yerel veya yabancı fasulye çeşitleri olabilir. Ayrıca, yabani fasulye türleri de genetik çeşitlilik sağlamak için kullanılır. Araştırmacılar, bu çeşitlerden faydalı özellikler taşıyan bitkileri seçer ve bunları birleştirerek daha üstün özelliklere sahip yeni çeşitler elde etmeye çalışır.

c. Melezleme (Hibridizasyon)

Melezleme, iki farklı ebeveyn bitkisinin genetik özelliklerini birleştirmek için yapılan bir işlemdir. Örneğin, yüksek verimli bir fasulye çeşidi ile hastalıklara dayanıklı bir başka çeşit çaprazlanır. Bu

işlem, genellikle elle tozlaşma yoluyla yapılır. Melezleme sonucunda elde edilen tohumlar, hedeflenen özelliklerin bir kombinasyonunu taşıyabilir.

d. Seçim (Seleksiyon)

Melezleme sonucu elde edilen bitkiler arasında istenen özelliklere sahip olanlar seçilir. Bu süreç, birkaç yıl sürebilir ve tarla denemeleri, laboratuvar analizleri ve sera koşullarında yapılır. Seçim aşamasında, bitkilerin hastalık direnci, verim, kalite ve diğer özellikleri gözlemlenir.

e. Moleküler Markörlerin Kullanılması

Günümüzde fasulye ıslahında moleküler biyoloji teknikleri önemli bir rol oynar. Moleküler markerler (belirteçler) kullanılarak bitkilerin DNA düzeyinde hangi özellikleri taşıdığı tespit edilebilir. Bu yöntem, geleneksel seleksiyon yöntemlerinden daha hızlı sonuç alınmasını sağlar. Örneğin, bir fasulye çeşidinin hastalık direncini belirleyen genler moleküler markerlerle tanımlanabilir ve bu özelliklere sahip bitkiler daha kolay seçilebilir.

f. Verim Denemeleri ve Tescil

Islah edilen yeni çeşitler, tarla koşullarında çok sayıda denemeden geçirilir. Bu denemelerde verim, kalite ve diğer önemli özellikler değerlendirilir. Eğer bu denemelerde başarılı sonuçlar alınır, yeni fasulye çeşidi resmi olarak tescil edilir ve üreticilere sunulur.

g. Islah Yöntemleri

Klasik Islah: Melezleme ve seleksiyon yöntemlerine dayanır.
Mutasyon Islahı: Genetik çeşitliliği artırmak için mutasyonların tetiklenmesi (örneğin, radyasyon veya kimyasal maddelerle) ve

mutasyon sonucu oluşan yeni özelliklerin seçilmesi. Hibrit Tohum Üretimi: İki farklı saf hattın melezlenmesi ile elde edilen hibrit tohumlar, daha yüksek verim ve direnç sağlayabilir. Genetik Mühendislik: Fasulyenin belirli özelliklerini doğrudan değiştirmek için genetik modifikasyon teknikleri kullanılabilir. Örneğin, genetik mühendislikle hastalıklara karşı direnç genleri eklenebilir (Singh, 1999; Singh ve Schwartz, 2010).

h. İklim Değişikliği ve İslah

İklim değişikliği, fasulye gibi hassas bitkiler için yeni zorluklar yaratmaktadır. Artan sıcaklıklar, kuraklık ve aşırı hava olaylarına karşı dayanıklı fasulye çeşitlerinin geliştirilmesi gelecekte ıslah çalışmalarının önemli bir hedefi olacaktır.

Sonuç olarak, fasulye ıslahı, bitkinin biyolojik ve çevresel koşullara daha iyi uyum sağlamasını, verim ve kalite özelliklerinin artırılmasını hedefleyen çok yönlü bir bilimsel süreçtir.

Fasulyenin İslah Amaçları

Fasulye ıslahının temel amacı, çiftçilere daha verimli, dayanıklı ve kaliteli fasulye çeşitleri sunmaktır. Tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından fasulye ıslahı, şu başlıca hedeflere odaklanmaktadır:

a. Fasulye üretiminde verim, birçok çevresel ve genetik faktöre bağlıdır. Yüksek verimli çeşitlerin geliştirilmesi, üreticilerin daha az alandan daha fazla ürün elde etmesini sağlar. Üstün verimli çeşit elde etmek (iklim ve toprak koşulları altında üstün verim sağlama). Fasulye yetiştirildiğinde saptanan sorunlar parasal olanakların yeterliliği oranında kısa ya da uzun sürede çözümlenebilir. Fakat iyileştirilmesi önerilecek koşulların tam karşılığının alınabilmesi, çeşitlerin genetik

yapılarının da değişikliğini gerektirmektedir. Bu amaçla yeni çeşitlerin geliştirilip ya da ıslah edilerek çiftçilerimize ulaştırılması zorunludur.

b. Çok çeşitli tüketim olanakları bulunan fasulyede ideal çeşit tanımını yapılamamıştır. Tüketici çevrelerinin isteklerine göre ıslah çalışmalarının yapılması

Taze tüketim (yeşil toplanan baklalar),

Konservelik veya dondurulmuş gıda sanayi için (olgunlaşmamış daneler (shell beans))

Kuru dane için (olgun daneleri).

Fasulyenin taze sebze olarak tüketimi ya da konserve endüstrisinde kullanılması farklı yönlü çalışmalar gerektirir. Ayrıca çeşitli tüketici yörelerde bakla ya da danenin büyüklük form ve rengine göre istenen çeşitlerin geliştirilmesi de farklı çalışmaları gerektirir. Kuru dane ürünü için çeşit ıslahında genellikle bodur fasulye formları seçilmektedir. Kuru danede renk, irilik ve şekil kullanma gayesine bağlı olarak değişir (Bizde iri beyaz ve böbrek şeklinde tohumlar tercih edilir). Danenin kalitesi yönünden dane kabuğunun inceliği, iyi pişme kalitesi, lezzetlilik ve besleyicilik istenen özelliklerdir. Ayrıca danelerin tüketici çevrelerce aranan renk ve biçimde olması da önemlidir. Bazı tüketiciler beyaz daneli çeşitleri aradığı halde bazıları mermer desenli (örneğin barbunya) ya da kahverengi daneli çeşitleri aramaktadır. Konservelik çeşitlerde fasulye meyvelerinin uzun yuvarlak ve düzgün olması lazımdır (Yassı fasulyeler asla konserve kullanılmaz).

c. Besin Kalitesinin Artırılması: İnsan beslenmesi açısından önemli olan fasulyenin protein, vitamin ve mineral içeriğinin artırılması da ıslah çalışmalarının hedeflerinden biridir. Kalitesi yüksek çeşitler geliştirmek, kuru dane ürününde eş zamanlı pişme, bitkide

olgunlaşmanın mümkün olduğunca kısa süreli olması sonucudur. Çiçeklenme ve meyve bağlama süresi uzun olan çeşitler bu gereksinimi güçlkle karşılarlar. Beslenme yönünden de danedeki protein oranı ve protein içindeki kükürt kapsamlı animoasitler (*methonine* ve *cytstine*) oranının yüksek olması gerekmektedir.

d. Abiyotik Stres Koşullarına Dayanıklılık: Kuraklık, tuzluluk, sıcaklık değişiklikleri gibi çevresel stres faktörleri, fasulye verimini olumsuz etkileyebilir. İslah çalışmaları, bu tür streslere dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesine odaklanır. Stres koşullara dayanıklı çeşitler geliştirmek (yörenin yüksek ve düşük sıcaklıklara toleranslı, kurağa dayanıklı ve önemli hastalık ve zararlılarına karşı dayanıklı ya da toleranslı).

e. Hastalıklara ve Zararlılara Dayanıklılık: Fasulye bitkileri, özellikle kök çürüklüğü, pas, bakteriyel yanıklık gibi çeşitli hastalıklardan ve böcek zararlılarından etkilenebilir. Bu nedenle, dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi, hem üretimde kayıpları azaltır hem de pestisit kullanımını düşürerek çevresel fayda sağlar.

f. Makinalı tarıma uygunluk yönünden bitki gövdesinin dikliği, baklaların toprak yüzeyinden yüksekte oluşması, danelerin eş zamanlı olgunlaşması ve baklaların çatlayarak ürün kaybına neden olmayan çeşitler geliştirmek (Trabanco ve ark., 2015).

ISLAH YÖNTEMLERİ

Fasulye kendi çiçek tozları ile tozlaşan bir bitki olduğu için şu ıslah metotları uygulanmaktadır.

İntrodüksiyon

Seleksiyon

Melezleme

İntrodüksiyon

Bu yöntem tür ve form zenginliğine sahip olan köken bölgelerinden fasulye yetiştirilen yörelere çeşitlerin getirilip denenmesi ve uyum gösterenlerinin seçilmesi işlemlerini kapsar getirilen çeşitler iyi uyum gösterdiklerinde doğrudan doğruya üretimi alınır. Buna introdüksiyon denir. Bu metottan amaç; çevre şartlarına uyabilen verimi ve kalitesi yüksek olan fasulye çeşitlerini tespit etmek ve bu çeşitlerin tohumlarını üreterek çiftçiye ulaşmasını temin etmektir. İntrodüksiyon yolu ile temin edilen fasulye çeşitleri üç amaç için kullanılmaktadır.

- a. Getirilen fasulye çeşitlerinin ülke şartlarında yetişebildiği kontrol edildikten sonra çeşitleri olduğu gibi kullanmak
- b. Getirilen fasulye çeşitlerinden ülkemiz şartlarına en uygun karakteri gösteren bitkileri seçerek bunlardan yeni bir varyete meydana getirmek (Seleksiyon).
- c. Getirilen fasulye çeşitleri, yerli fasulye çeşitleri ile melezlenmek suretiyle; verimi, kalitesi yüksek, hastalıklara dayanıklı yeni varyeteler elde etmek amacıyla kullanılmaktadır.

Bazen gelen materyal karışım halindedir. Bu kez öncelikle gelen materyalin saflaştırılması gerekir. Bazen introdüksiyonla sağlanan materyal melezleme çalışmalarında anaç olarak kullanılacaktır. Bu kez materyal istenen karakterleri etkin biçimde taşımalıdır. Çünkü birçok durumda genlerin genetik çevresi değişince etkileri kaybolmaktadır.

Seleksiyon

Bütün bitkilerin ıslahında kullanıldığı gibi, fasulye çeşitlerinin ıslahında da başarıyla kullanılan en eski bir metottur. Seleksiyon, ister tabii olsun, ister insan eli ile yapılmış olsun esası aynıdır. Yani arzu edilen karakteri taşıyan bitki veya bitki grubunu karışık bir popülasyondan ayırıp çıkarmaktan ibarettir. Yapılan seleksiyonun etkisi ve başarısı popülasyondaki genetik varyabiliteye (değişkenliğe) bağlıdır. Fasulye çeşitlerinde kullanılan iki seleksiyon metodu vardır.

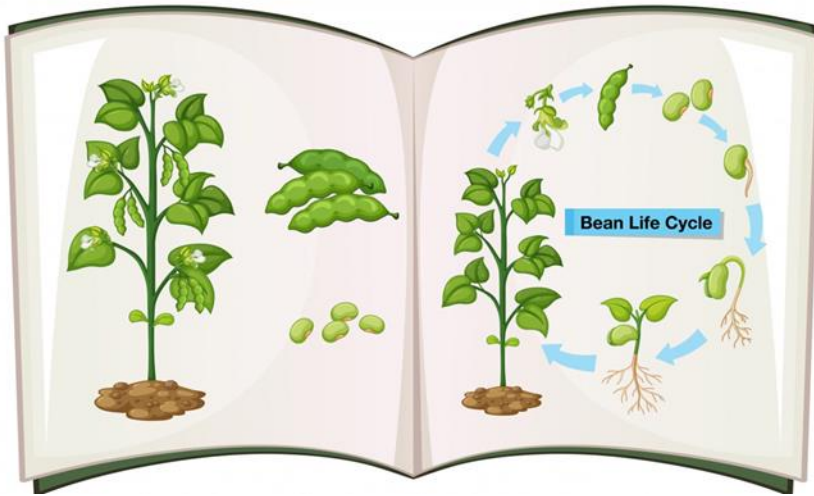
Saf-Hat seleksiyonu (Teksel seçme)

Toptan Seçme (Mass seleksiyonu)

Saf-Hat seleksiyonu (Teksel seçme): Saf-Hat seleksiyonunda protein, saf-hat adı verilen ve homozigot olan sadece tek bitkiden meydana gelir. Böylece saf-hat varyete bir tek bitkiden çoğaltılan tohumdan meydana gelmiştir. Saf-hat seleksiyonu ile elde edilen varyete, toptan seleksiyonla elde edilen varyeteden daha üniformdur. Çünkü varyetenin bütün fertleri aynı genotipe sahiptirler. Saf-hat seleksiyonunda projenin kontrolü şarttır. Çünkü, seçilen bitkinin heterozigot olması durumunda açılım yapar. Bu tip seleksiyonda yeni genotipler meydana getirilemez. Bu seleksiyonun başarısı seleksiyonu yapılan popülasyonun genetik varyasyonuna bağlıdır. Popülasyonun genetik varyasyonu geniş ise saf-hat seleksiyonu da o orada başarılı olur.

Saf-hat Teorisi: Bu teori 1903 yılında “Johansen” tarafından ortaya atılmıştır. Bu ıslahçı denemesinde “Princes” fasulyesini kullanmıştır. Önce fasulye popülasyonundan tesadüfi olarak fasulyeler dane büyüklüklerine göre sıralanmıştır. Farklı büyüklükteki fasulye

danelerinden elde edilen fasulye bitkileri de değişik büyüklükte fasulyeler vermiştir. Büyük tohumların, büyüklük yönünden döl ortalamaları, küçük tohumların döl ortalamasından yüksel olmuştur. Bunun anlamı, seçme ile büyük tohumlu olmaya etki eden genlerin seçilebilmesidir. Fasulye bitkisi kendine döllek olduğu için, tohumluk başlangıçta farklı saf-hatların karışımından tekssel seçme ile elde edilmiştir. Büyüklük yönünden yapılan seçme, bitkiler homozigot olduğu için başarılı olmuştur.



Şekil 1. Fasulye bitkisinin yaşam döngüsü

Johansen, bu çalışmaya karışık fasulye tohumlarından seçmiş olduğu 19 saf-hattı ayrı ayrı ekmek suretiyle gelecek generasyonlarda yetiştirmiş. Sonuçta, bu küçük ve büyük fasulyelerin saf-hat dölleri arasında yine değişiklik görmüş, fakat aynı saf-hat içerisindeki büyük tohumlu fasulyelerin müteakip dölllerinde, dane büyüklüğü ortalama ağırlık bakımından, küçük tohumlu döllerin fasulyeleriyle aynı olduğunu görmüştür. Bundan da anlaşıldığına göre; karışık genotipi bulunan bir

populasyonda, kalıtları farklı olan hatların elde edilmesinde seçme etkilidir. Fakat bir kez saf-hatlar ayrıldıktan sonra aynı hat içerisinde yapılacak olan seçimler, ortalama olarak birbirlerinden aynı olması bakımından etkisizdir. Burada orijinal karışık fasulye populasyonundaki varyasyon hem çevre hem de genotipik şartlardan meydana gelmiştir. Fakat saf-hat içerisindeki ise sadece çevre şartlarından ileri gelmiştir. Bunların genotipleri, kendine dölleme devam ettikçe, oldukça sabit kalmaktadır. Büyük tohumlu fasulyeleri, bitki başına düşen mahsul miktarını artırır ve her fasulyenin de ağır olmasını sağlar. Büyük tohumlar, küçük tohumlara göre bitki başına düşen bakla sayısını arttırmaktadır (De Ron ve ark., 2015).

Autogam olan fasulye populasyonları az ya da çok sayıda farklı genotipteki bitkilerden oluşmaktadır. Böyle bir populasyondan bitki seçilir ve saf-hat meydana getirilir. Uzun yıllar boyunca köylerde nesilden nesile geçmiş olan “Yerel Çeşitler” seleksiyon için çok değerli kaynaklardır. Çünkü bu yerel çeşitler farklı genotipite olan fasulye safhalarını kapsarlar.

Fasulye ıslah çeşitlerinin bazı stres şartlara (hastalık ve kuraklık) dayanıksız olması, nedeniyle köylümüz, fasulye yetiştiriciliğinde yerel çeşitleri kullanmaktadır. Bu çeşitler asırlar boyunca aynı bölgede yetiştirildiklerinden bölge şartlarına çok iyi adapte olmuşlardır. Teksel seçmede ortaya çıkan çeşit, kendini döllemesi sonucu ortaya çıkan döllerin çoğaltılması ile sağlandığından, toptan seçme ile elde edilen çeşide oranla genetik yönden çok daha uniformdur.

Saf-hat (Teksel Seçme) seleksiyonunun fasulyede uygulanması yıllara göre şöyledir:

Autogame bir bitki olan fasulye populasyonları az ya da çok sayıda farklı genotipteki bitkilerden oluşmaktadır. Böyle bir populasyonda belirli kriterlere göre üstünlük gösteren farklı bitkilerden yeteri kadar seçilerek saf hat seleksiyonu uygulanır. Yurdumuzda yetiştirici tohumluğunu, genelde “yerel çeşitlerden” sağlamaktadır. Köylerimizde nesilden nesile geçmiş olan bu yerel çeşitler seleksiyon için çok değerli kaynaklardır. Uzun yıllar çevre koşullarına uyum göstermiş farklı genotipteki fasulye saf hatlarını kapsarlar. Böyle bir materyalden teksel seçme ile ortaya çıkan çeşit genetik yönden toplu seçme sonucu elde edilen çeşide oranla daha saftır. Ancak daha fazla emek harcama ve zamanı gerektirir.

Yöntemin fasulye ıslahında yıllara göre uygulaması şöyle yürütülmektedir:

Birinci yıl: Karışık olan fasulye populasyonu (yerel çeşit ya da etki bir çeşit) tohum istenilen özelliklere göre tiplere ayrılır ve her tip eldeki tohumluk miktarı dikkate alınarak 2 m’lik bloklara 60 x 20 cm ekim sıklığında en az ikişer sıra halinde ekilir. Her 10 hatta bir kontrol çeşidi ekilmelidir. Subjektif gözlemlere göre her tipte üstünlük gösteren bitkiler seçilerek ayrı ayrı hasat ve harman edilir.

İkinci yıl: Seçilen her hattın sağlanan tohumlar ayrı sıralar halinde 2 m’lik bloklara ekilir. Ekim sıklığı bodur formlarda 50 x 15 cm, yarı sarılıcı formlarda 60 x 20 cm, sarılıcı formlarda ise 80 x 25 cm olmalıdır. Yetiştirme süresince yapılan gözlemlerde tip dışı bitki bulunduran sıralar atılır. Kalan sıralar ayrı ayrı hasat ve harman edilir.

Üçüncü Yıl: Her hattın elde edilen tohumlu 10 hatta 1 kontrol çeşidi eklenerek 5 m’lik bloklara ekilir. Ekim sıklığı bodur formlarda 50 x 10 cm, yarı sarılıcı formlarda 60 x 15, sarılıcı formlarda 80 x 20 cm

olmalıdır. Bu dönemde yeterli tohumluk bulunuyorsa ekim, üçer sıralı ve tekrarlamalı ön verim dönemleri biçiminde yapılır. Her hasat yılında, yabancı tozlanma ve mekanik karışımlar nedeniyle tohumluğun bozulmaması için parsellerde kenar sıralar tohumluğa katılmalıdır.

Dördüncü Yıl: Üstünlük göstererek seçilen iyi hat sayısı oldukça azalmış, tohumluk miktarı yeterince artmıştır. Bu nedenle dördüncü yıl çeşit verim denemelerine geçilir. Çeşit verim denemelerinde ekim sıklığı önverim denemelerinde olduğu gibidir. Ancak, parsel büyüklüğü en az 20 m², 6 sıralı ve tekrarlama sayısı 4-6 olmalıdır. Altıncı yılın sonuna dek süren bu dönemde hatların tarımsal, teknolojik ve patolojik karakterlerinin kontrolü tamamlanır.

Yedinci yıldan başlayarak üstün saf hatlar bölge çeşit verim denemelerine alınır. Bu denemelerin değişik çevrelerde olması önerilir. Ekim sıklığı ve parsel boyutları çeşit verim denemelerinde olduğu gibidir.

Dokuzuncu yıl sonuna dek süren bu denemelerde üstünlük gösteren saf hat ya da hatlar seçilir ve tescile gönderilir. Bölge çeşit verim denemelerinin birinci ve ikinci yılında üstünlük gösteren saf hatların tohumları, elde edildikleri kurumlarca küçük çapta üretilir. Böylece saf hat, “çeşit” olarak tescil edildiğinde üretim için yeterli tohumluğun bulunması sağlanmış olur.

Onuncu yıl, tescil edilen çeşidin tohumlukları üreticiye dağıtılır. Teksel seçme ile elde edilen çeşitler mutasyonlar, ara sıra oluşan tabii melezlemeler, tarlada hasat-harman ve ambarlama sırasında meydana gelen mekanik karışımlar nedeniyle, zamanla saflıklarını yitirebilirler. Bu nedenle çeşidin saf tohumluğunu devamlı olarak elde bulundurabilmek için, zaman zaman seçme işlemi uygulanır. Buna

“Muhafaza ıslahı” denilir. Bu çeşit ıslahıta, çeşidin kendi özelliklerini taşıyan bitkiler dışında tip dışı bitkiler seçilerek atılır. Çeşidin tüm karakterlerini taşıyanlar ise, topluca hasat ve harman edilirler. Örneğin Tombul, Çalı, Horoz, Dermason, Selanik, Battal, Şeker ve Barbunya uzun bir devre içinde seçilerek ortaya konan çeşitlerdir.

1.1. Toptan Seçme (Mass Seleksiyonu)

Bu seleksiyonun amacı, üstün genotipleri seçmek ve bunların tohumlarını karıştırmak suretiyle populasyonun genel seviyesini inkişaf ettirmektir. Toptan seçmenin iki zayıf yanı vardır.

a). Seçilen fasulye bitkilerinin genotiplerinin homozigot mu yoksa fenotipe bakılarak seçilen bitkilerin karakterlerinin ortam şartlarından mı yoksa genetik yapıdan mı ileri geldiğini kestirmek mümkün değildir.

b). Fasulye ıslahında toptan seçme ıslah amacına uygun olan bitkiler fenotiplerine göre toplu olarak seçilir, hasat ve harman edilir. Bu metodun teksel seçmeden olan farkı harmanı yapıp tohumlarını karıştırılan bitki sayısının birden fazla olmasından ileri gelmektedir. Bu seleksiyon metodu, fasulye tarımının tüm olarak çok sayıda yerel çeşitlere bağlı bulunduğu yurdumuzda, fasulye ıslahında çok önem taşımaktadır. Bu metotla çok sayıda genotip bulunduran fasulye yerel çeşitlerinin emniyetli ve hızlı biçimde ıslah edilmesi imkanı vardır. Bu tip seçme geniş tutulduğunda başarı oranı daha da artar. Bu nedenle bu tip çalışmada çok sayıda bitkinin toptan seçilmesi önerilir. Metodun yıllara göre uygulanması şöyledir:

Birinci yıl: fasulye populasyonu istenen özelliklere göre tiplere ayrılır. Her tip 2 m’lik bloklara tohumluğun yettiği kadar 60 x 20 cm ekim sıklığında ekilir. Aynı tip içinde aynı morfolojik görünümdeki

mümkünse 200 - 500 bitki seçilir ve bunlar topluca hasat ve harman edilir. Gerek duyulursa bu işlem birkaç yıl devam eder.

İkinci yıl: Standart çeşitlerle seçilen çeşit verim denemesine alınır. Eğer toptan seçme eski bir çeşidi saflaştırmak için yapılıyorsa, bu kez standart çeşit olarak saflaştırılması istenen çeşit kullanılır. Verim denemeleri 5 m'lik parsellerde, 6. sıra ve 4-6 tekrarlamalı olarak yapılır. Ekim sıklığı bodur formlarda 50 x 10 cm, sırık formlarda 80 x 20 cm olmalıdır.

Üçüncü ve Altıncı Yıllar: İkinci yıl sonuçlarına göre seçilen çeşit adayları, standart çeşitlere bölge çeşit verim denemelerine alınır. Çeşidin adaptasyon ve üniformitesi saptanır. Denemelerin uygulanması verim denemelerinde olduğu gibidir.

Yedinci Yıl: Standart çeşitlerden üstünlük gösteren çeşitlerin tohumları çiftçiye dağıtılmak üzere üretime geçilir. Toptan seçmesi daha iyi yapabilmek için birinci yıl yerel çeşitten seçilen çok sayıdaki fasulye bitkisi, ayrı ayrı hasat ve harman edilir. Seçilen bu bitkiler ikinci yıl ayrı ayrı ekilir.

Gözlemlere göre üstünlük gösterenler üçüncü yıl birleştirilerek yerel çeşitle karşılaştırılır. Üstün bulunursa yeni çeşit olarak tescil edilir.

1.2. Melezleme

Melezleme, seleksiyonla sağlanmayan karakterlerin (hastalıklara dayanıklılık, dane karakterleri, erkencilik, verimlilik vb) çeşitlere aktarılması için uygulanması zorunlu bir ıslah yöntemidir.

1.2.1. Melezleme ve Açılan Generasyonlarda Seleksiyon

Kendi çiçek tozu ile tozlaşan bitkilerde uygulanan melezleme metodu, iki varyeteyi çaprazlamak ve melez açılımında ortaya çıkan

bitkilerden ana ve babanın arzu edilen karakterlerini taşıyan bitkileri seçmekten ibarettir. Melezleme ile ana ve baba fasulye varyetelerinin üstün karakterlerini bir tek bitkide toplamak mümkündür. Melezlemede esas olan ana olarak seçilen fasulye bitkisinin erkek organlarının çiçek tozu açmadan önce koparılması, izolasyon torbasına alınması ve bilahare baba bitkiden alınan çiçek tozlarını öldürmeden ana bitkinin stıgması üzerine taşınmasıdır. Melezleme ıslahı, seleksiyonla sağlanamayan karakterlerin (hastalıklara dayanıklılık, tohum karakteri, erkencilik, verimlilik vb) çeşitlere aktarılması için uygulanması zorunlu bir ıslah metodudur. Bu metot da ilk ve önemli nokta anaçların seçimidir.



Şekil 2. Fasulye bitkisinde farklı tane tipleri

1.2.2. Melezleme Islahında Etkili Faktörler

a) Anaçların seçimi: Melezleme ile elde edilecek çeşit, eski çeşidin yerini alacağından, o bölgede yetişen çeşit anaçlardan biri olacaktır. İkinci anaç noksan olan karakteri kuvvetli biçimde taşımalıdır. Çünkü birçok durumlarda genlerin genetik çevresi değişince etkiler ortadan kalkmaktadır.

Bir bölgede yalnız verimi artırma yönünden bir melezleme yapılır da diğer karakterler dikkate alınmaz ise, aynı bölgede yetiştirilen iki fasulyede çeşidi anaç olarak seçilebilir. Böylelikle her iki çeşitteki verim genleri yeni çeşitte toplanmış olur. Bu gibi melezlemelerde ikinci anaç farklı ekolojiden de seçilebilir Bu gibi bazı majör verim genlerinin bölgede yetişen çeşide aktarılması istenir.

b) Sağlıklı Bitki: Melezlemeden sağlanacak tohum miktarını azaltabilen bir faktör de, bitkilerin sıhhatli olmamasıdır. Bu nedenle iyi sonuç için, anaç bitkilerin hastalık ve böceklerden korunması gereklidir.

c) Kuruma: Düşük dane tutma üzerinde en etkili faktör kurumadır. Eğer melezlemeden sonra çiçeğin iç kısımları kuruyacak olursa, çiçek dane tutmaz ve dökülür. Bu nedenle kısırlaştırma ve tozlama sırasında çiçek dikkatle açılıp kapatılmalıdır. Yapılan araştırma sonuçlarına göre kuru çevre koşullarında melezlenen çiçeğin etrafında nemliliğin artırılması dane tutmayı artırıcı etkide bulunmuştur.

d) Sıcaklık: Fasulyede yüksek ya da düşük sıcaklıklar çiçeğin dökülmesine ve dane tutmanın azalmasına neden olur. Eğer başka özel bir durum yoksa, en iyi sıcaklık seçimi fasulye bitkilerinin normal çiçeklenmesindeki sıcaklık ya da hafif serin olmalıdır.

e) Işık: Gün ışığı ve ışığın miktarı çiçeklenme ve tohum tutma üzerinde etkilidir. Sıcaklığın yüksek olduğu durumlarda, tozlanmadan sonra çiçeklerin gölgede bırakılması ya da ışığın düşüklüğü sıcaklığın olumsuz etkilerini önleme yönünde yararlıdır.

f) Hormonlar: Bazı araştırma sonuçlarına göre bazı hormonlar tozlamadan sonra uygulandıklarında çiçeğin dökülmesini önleme yönünde yararlı olmaktadır. Örneğin, 1 kısım gliserin + 4 kısım Karo mısırı şurubu karışımı *Parachlorophenoxyacetic* asitle doyurulur. 37.40 °C'de erimemiş olan parçacıkların çökmesi için bolca PCPA eklenir. Berrak olarak hazırlanmış olan bu eriyik süzöldükten sonra Indolebutyric asit kullanılarak doyurulur. Böylece eriyik her iki büyüme hormonu yönünden doymuş duruma gelir. Eriyikten küçük bir damla tozlanmış olan çiçeğin *Calyx* ya da çiçek tablasına bage, çelik tel vb ile sürülür. Böylece tozlanmadan sonraki çiçek dökümü azaltılır.

g) Emaskülasyon (Kısırlaştırma): Bu amaçla açılmadan bir gün önceki büyüklüğe ulaşmış olan çiçek tomurcukları seçilir. Tomurcuk, sol elin baş ve işaret parmakları arasında, bayrak yaprağının (*vexillum*) kapanma yeri önde görülecek biçimde tutulur. Keskin fakat düz uçlu bir pensele, bayrak yaprak birleştiği yerden dikkatlice açılır ve kısımlar ayrılır. Bayrak yaprağının sol yarısı (çalışanın solundaki kısım) ters çevrilir ve sol elin baş parmağı ile aşağıya doğru bastırılır. Sol kanatçık açılarak birleşmiş olan kayıkçığın uç kısmının görünmesi sağlanır. Pensin bir ucu kayıkçık helezonunun son kıvrımına sokulur ve kayıkçığın iç kısmı döndürülerek soyulur. Böylece anterler ve dişicik borusuna bağlı bulunduğu yerden parça parça dikkatlice koparılıp çıkarılır ve atılır. Anterlerin pek azı direkt olarak kopartılabilir. Büyük çoğunluğu tepecik ve dişicik borusunun meydana getirdiği kıvrım içinde bulunduğundan, dişicik borusunun uç kısmı, anterler koparılınca kadar yukarıda tutulur. Bu işlemlerden sonra çiçek tozlama için hazırlanmış olur. Çiçeğe verilecek herhangi bir zarar, çiçek dökümünü artırır. Bunun

yanında melezleme yapılan çiçek salkımındaki diğer meyve ya da çiçek tomurcuklarının atılması, melezlemede tohum tutma oranını arttırmaktadır. Bu nokta, normalde çiçek meydana geldiği durumlarda önem taşır.

h) Çiçek tozlarının sağlanması: Bu iş için çiçek tozu keselerini yeni patlamış olan taze çiçekler seçilir. Çiçek kısırlaştırma işleminde olduğu gibi sol elle tutulur. Sağ elle çiçeğin sol kanatçığı aşağıya doğru bastırılarak patlamış olan çiçektozu keseleri ile tozlanmış olan tepecik ve dişicik borusunun bir kısmı, kayıkçığın ucundan dışarı çıkar. Dışarı çıkan dişicik borusu koparılır ve tozlayıcı fırça olarak kullanılır.

1.2.3. Tozlanma Yöntemleri

Melezleme ıslahında temel, değişik melezleme yöntemlerinin bulunmasıdır. Araştırmada yüksek oranda başarılı melez elde etmek uygun tozlama yönteminin seçimiyle sağlanır. Fasulyede melezleme ıslahında yaygın biçimde kullanılan tozlama yöntemleri aşağıda açıklamıştır.

A) Çiçekleri kısırlaştırdıktan sonra

a) Sürtme Yöntemi: Kısırlaştırma sırasında kayıkçık parça parça koparılıp atılır. Daha önce anıldığı biçimde sağlanan çok sayıda tozlanmış tepecik, tozlanacak olan tepeciğin üzerine dikkatlice sürülerek tozlama yapılır. Çiçeğin bayrak yaprağı tekrar kapatılır, çiçek sapına bağlanan küçük bir etikette tozlama kullanılan anaçlara ilişik bilgiler yazılır. Örneğin anaçların kütük numaraları ya da parsel numaraları gibi.

b) Bükme-Çengel Yöntemi: Bu yöntemin değişik olan yönü, tozlayıcı olarak kullanılan tepeciğin tozlanarak tepecik üzerine konulup bırakılmasıdır. Yöntemin sakıncalı yönü ise çiçektozu taşıyan tepeciğin tozlanacak tepecik üzerine takılma güçlüğü ve küçük bir hareketle tozlayıcı tepeciğin hemen düşmesidir.

c) Tekrar Tozlama: Hava koşullarına bağlı olarak tarladaki tozlama başarısı genellikle çok azdır. En uygun sonuç aynı tomurcuğun 1-2 gün arayla tekrar tozlanmasıyla sağlanabilir. Bu nedenle yukarıda anılan yöntemlerden herhangi biri kullanılarak çiçek iki kez tozlanır.

d) Sürtme Yöntemi: Bayrak yaprağının ve kıvrımcıklarının açılması; Kayıkçığın soldan koparılıp çevrilerek çıkarılması; Erkek organlarının kesilip çıkarılması; istenen çiçektozlarının tepeciğe sürülmesi; çiçeğin kapatılması ve anaçların etikete kaydı.

e) Bükme Yöntemi: Bayrak yaprağının ve kıvrımcıklarının açılması; Kayıkçığın soldan koparılıp çevrilerek çıkarılması; Erkek organlarının kesilip çıkarılmasına kadar aynı; açık tozlanmış m tepecik tozlanacak tepecik üzerine bükülür.

B) Çiçekleri Kısırlaştırmadan

a) Sürme Yöntemi Çiçeğin morfolojik yapısından yararlanarak bu yöntem uygulanır. Şöyle ki; çiçek tomurcuğu sol elde tutulduğunda çalışanın solunda olan kanatçık aşağıya bastırılır. Böylece tepecik kayıkçığın ucundan dışarı çıkar. Daha sonra isenilen çiçektozları tepecik üzerine sürülerek tozlama işlemi tamamlanır. Büyük çiçekli olan fasulye türleri bu yöntemle kolaylıkla melezlenebilir. *Phaseolus vulgaris* L.'nin değişik çeşitlerinde başarıyla uygulanabilmiş bir yöntemdir. Yöntemin

sakıncası, tozlanmak üzere kayıkçıktan dışarı çıkan tepeciğin tozlanmadan hemen sonra geriye çekilerek kendi çiçek tozlarıyla tozlanma olasılığının bulunmasıdır. Bu durumda tepecik verilen baba yerine kendi çiçektozlarıyla tozlanmış olur.

b) Bağlama Yöntemi: Bu yöntemde sol yöndeki kanatçığın aşağı bastırılması sonucu kayıkçıktan çıkan tepecik, baba olarak kullanılacak çiçeğin çiçektozu tepeciği ile bağlanır. Bu bağlama tozlayıcı tepeciğin tozlanacak tepecikle kayıkçık arasına sokulmasıyla sağlanır. Yöntemin büyük yararı, tozlayıcı tepecik tozlanan tepecikle kayıkçık arasında kaldığından, tozlanacak tepeciğin tekrar geriye çekilerek kendi çiçek tozlarıyla tozlanma olasılığı yoktur. Yukarıda anıldığı biçimlerde tepecik tozlandıktan sonra, sol kısmı ters döndürülmüş olan bayrak yapak eski durumuna getirilir. Tozlanmış olan tepecik ile iki kanatçık şişe gibi kapatılır ve çiçek normale yakın duruma getirilir. Havanın kurak olduğu yerlerde bayrak yaprak kısmen açıksa, genellikle ince olan dişicik borusunun kurumasını önlemek amacıyla, tozlanmış olan çiçek tomurcuğu çalışanın isteğine bağlı olarak sakızla, küçük selofan teyp parçasıyla, kâğıt bantla ya da erkek çiçeğin ıslatılmış bayrak yaprağı ile sanılır.

c) Melezlemede Başarı Oranı: Uzun yıllardır fasulye ile yapılan çalışmalarda melezlemenin çok güç ve sonucu belirsiz bir işlem olduğu anlatılmıştır. Bazı araştırmacılar, fasulye melezlemelerinde güçlükle karşılaşmışlardır. Tarla koşullarında yapılan melezlemeler genellikle başarılı olmamaktadır. Bu nedenle fasulye melezlemelerinin büyük çoğunluğu sera koşullarında yetiştirilen anaçlar arasında yapılmaktadır. Hollanda koşulları da %30-40; Almanya'da Max Blank Enstitüsü

tarafından uygulanan çengel yöntemiyle %70-80; selofan teyp yöntemiyle % 50-60; bayrak yaprağı ıslatılıp tozlanmış çiçeğe sarmakla % 48-75 oranında başarı sağlanmıştır.

1.3. Teksel Seçme (Pedigri) Yöntemi

Bu yöntemde istenen karakterlere uygun olarak seçilen anaçlar daha önce açıklanan yöntemlerin biriyle melezlenir. Melezlemeyi izleyen sürede F2’de açılma görülmeye başlandığında bu dönemde seçme işlemlerine başlanır. Yöntemin yıllara göre uygulanması şöyledir:

Birinci yıl: İstenilen karakterleri taşıyan anaçlar melezlenir.

İkinci yıl: Yeterli sayıda F1 bitkisi elde edebilmek amacıyla, tohumlar aralıklı olarak yetiştirilir. Ekim sıklığı bodur formlarda 60 x 20 cm, sırk formlarda 80x30 cm olmalıdır.

Üçüncü yıl: F2 dölünden seçilen herbir bitki ayrı sıralar halinde ekilir. Yetiştirme süresince yapılan gözlemlere göre fenotipik farklılık gösteren sıralar atılır. Kalan sıralar üzerindeki fertlere “aile” ya da “hat” adı verilir. Bu F3 dölü içinden tekrar uygun bitkiler seçilir.

Beşinci yıl: F4 bitkileri F3 bitkileri gibi yetiştirilir. Bu dönemde hatların çoğu homozigotiye yaklaşmıştır. Ancak homozigoti tam olmadığı için F4’de de seçme işlemleri uygulanır. F2 ve F3 dölllerinden seçilen hatların çoğu F4 dölü yetiştirilmesi sırasında atılır. Çünkü bu generasyonda hatlar arasındaki genetik farklılık F2 ve F3 generasyonlarından fazladır. F4 dölünde yapılan seçim sonunda genellikle 1-2 hat kalır.

Altıncı yıl: Seçilen hatlar F5 olarak genellikle ticari ekim sıklığında (bodur formlarda 50 x 10 cm, sırk formlarda 80 x 20 cm) yetiştirilir. Birçok araştırmacılar F5 bitkilerinin tümünü F6'da verim ve kalite testleri için yeterli dane sağlamak amacıyla hasat ederler. Bazı ıslahçılar ise F5'te 2-3 tekrarlamalı ön verim denemelerini uygulamayı önerirler.

Yedi ve sekizinci: Yıllar, F6 ve F7 döllerinde genellikle F5'deki işlemlerin uygulanmasına devam edilir. Kalite testleri F5'de başlayıp en geç F8'de tamamlanmalıdır.

Dokuz ve onuncu yıllar: F8-F10 hatları standart bir çeşitle verim denemelerine alınır. Standarttan üstünlük gösterenler seçilirler.

Onbir ve ondördüncü yıllar: En üstün çeşit adayları standart çeşitlere bölge çeşit verim denemelerine alınır.

Onbeşinci yıl: Seçilen çeşitlerin tohumlukları dağıtım amacıyla üretilir.

1.4. Toptan Seçme (Bulk) Yöntemi

Bu yöntemin uygulanmasında seçmeye homozigotluk sağlandıktan sonra başlanmaktadır. Yöntemin uygulanması yıllara göre şöyle olmaktadır:

Birinci yıl: Seçilen uygun anaçlar arasında melezleme yapılır

İkinci yıl: F1 bitkileri çoğaltılır

Üçüncü-altıncı yıllar: F2 bitkileri geniş parsellerde birkaç yüz bitki elde edilecek biçimde yetiştirilir. Burada ekim sıklığı bodur formlarda 50 x 10 cm sırik formlarda 80 x 20 cm olmalıdır. Sağlanan tohumlar her mevsim aynı biçimde yetiştirilir. Ancak son ekiliş olan F5’de amaca uygun olan fasulye bitkileri seçilir.

Yedinci yıl: F6’da bitkiler ayrı sıralar halinde yetiştirilir. Bu generasyonda açılma durulduğu için ıslahçı yeterli homozigot bitkiyi seçme olanağına sahiptir.

Sekizinci yıl: F6 ve F7 bitkileri standart bir çeşitle verim denemelerine alınır. Standarttan üstünlük gösteren çeşit adayları seçilir.

Dokuz ve onuncu yıllar: F8-F10’da üstünlük gösteren çeşit adayları bölge çeşit verim denemelerine alınır.

On ikinci yıl: Bölge çeşit verim denemelerinde standarttan üstünlük gösteren çeşit adayların tohumlukları dağıtım amacıyla üretilir.

Melezleme ıslahında fasulye için toplu seçme önerilen bir yöntemdir.

1.5. Geriye Melezleme Yöntemi

Bir bölgede ıslah edilmiş çeşitlerin bazı eksik ya da uygun olmayan karakterlerinin tamamlanmasında geriye melezleme yöntemi uygulanır. Geri melezleme F1 bitkilerinin tekrarlanan anaçla tekrar melezlenmesinde denilir. Geriye melezlemede iki tip anaç vardır. Birincisi melezlemede birkaç kez kullanılan “Tekrarlanan Anaç”tır. Bu anaç, ıslah edilmiş fakat eksik karakteri bulunan ticari çeşittir. Diğeri ise tekrarlanan anaca bir ya da birkaç karakteri veren “Donor” anaçtır. Bu

ıslah yöntemi genellikle fasulyede hastalıklara dayanıklılık ıslahında kullanılmaktadır (Brunner ve Beaver, 1989).

2. Moleküler Markörlerin Fasulye Islahında Kullanımı

Moleküler markörler, bitkilerin genetik yapısını analiz etmek için kullanılan belirteçlerdir ve fasulye ıslahında önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu teknikler sayesinde, bitkilerin genetik özellikleri hızlı ve doğru bir şekilde tespit edilerek ıslah süreci daha etkin hale getirilir. Moleküler markörlerin fasulye ıslahında nasıl kullanıldığına dair detaylar şöyledir.

3.1. Moleküler Markörler Nedir?

Moleküler markörler, bitkilerin DNA'sındaki spesifik bölgeleri temsil eden genetik işaretlerdir. Bitkinin genetik yapısında bulunan doğal varyasyonları ortaya çıkarırlar. Belirli bir özelliğe karşılık gelen genler, bu markörler sayesinde tespit edilebilir (Büyükakkaşlar ve ark., 2020). Fasulye ıslahında en çok kullanılan moleküler markörler şunlardır:

- RFLP (Restriksiyon Parça Uzunluk Polimorfizmi)
- AFLP (Amplifiye Fragman Uzunluk Polimorfizmi)
- SSR (Basit Dizi Tekrarları, Microsatellitler)
- SNP (Tek Nükleotid Polimorfizmi)

2.Fasulye Islahında Kullanım Alanları

Moleküler markörler, fasulye ıslahında birkaç temel amaç için kullanılır:

a) Hastalıklara Karşı Direnç Islahı

Fasulyede yaygın olarak görülen hastalıklara (örneğin, antraknoz, bakteriyel yanıklık, kök çürüklüğü) karşı dirençli çeşitler geliştirmek, ıslah çalışmalarının temel hedeflerinden biridir. Moleküler markörler, bu direnç özelliklerini taşıyan genleri tespit etmeyi ve bu genleri taşıyan bitkileri seçmeyi sağlar (Beaver ve Osorno, 2009; Aydemir ve ark., 2020). Bu sürecin aşamaları şu şekildedir:

- Hastalıklara karşı direnç gösteren genler belirlenir.
- Dirençli bitkilerde bu genler için spesifik moleküler markörler kullanılarak, bitkilerin taşıdığı genetik varyasyonlar analiz edilir.
- Markörler sayesinde, direnç genini taşıyan bitkiler, laboratuvar ortamında hızlıca tanımlanır ve tarla denemelerine gerek kalmadan ıslah sürecinde kullanılır.

b) Verim ve Kalite Özelliklerinin Geliştirilmesi

Moleküler markörler, fasulyenin verim ve kalite özelliklerini belirleyen genlerin tespitinde de kullanılır. Örneğin:

- Yüksek verim: Verim artışı sağlayan genetik özellikler moleküler markerler aracılığıyla seçilebilir.
- Besin içeriği: Protein, lif, mineral gibi besin değerlerini artıran genlerin hızlı bir şekilde tanımlanması ve seçilmesi mümkündür.
- Pişirme ve lezzet özellikleri: Pişirme süresi, fasulyenin kabuk kalınlığı gibi kalite kriterleri genetik düzeyde moleküler markörlerle analiz edilebilir.

c) Çevresel Strese Dayanıklılık

Kuraklık, tuzluluk ve sıcaklık gibi çevresel stres koşullarına dayanıklılık, fasulye üretimi için önemli bir faktördür. Moleküler markörler, bu stres koşullarına karşı direnç sağlayan genleri tanımlayarak, ıslah sürecini hızlandırır. Örneğin, kuraklık toleransı gösteren genler, moleküler markörler sayesinde erken aşamada tespit edilip ıslah sürecinde seçilebilir (Büyükakkaşlar ve ark., 2020).

4. Marker Destekli Seleksiyon (MAS)

Moleküler markörlerin en önemli kullanım alanlarından biri Marker Destekli Seleksiyon (MAS) yöntemidir. MAS, bitkilerin genetik yapısındaki belirli özelliklerin tespiti için moleküler markörlerin kullanıldığı bir seleksiyon yöntemidir (Karaköy ve ark., 2024). Bu yöntemin adımları şu şekildedir:

- İlk olarak, hedef özellikleri kontrol eden genler (örneğin, hastalıklara direnç genleri) ile bu genlerin yakınındaki moleküler markörler tanımlanır.
- Bitkilerden alınan DNA örnekleri üzerinde bu markörler kullanılarak genetik analiz yapılır.
- Markörlere sahip bitkiler, ıslah programında seçilerek melezleme ve seleksiyon aşamalarına dahil edilir.

MAS yöntemi, geleneksel seleksiyon yöntemlerine kıyasla daha hızlı ve etkilidir çünkü tarla denemelerine gerek kalmadan istenen özellikleri taşıyan bitkiler hızlı bir şekilde belirlenebilir. Bu, özellikle melezleme sonrasında genetik kombinasyonların çok fazla olduğu durumlarda büyük bir avantaj sağlar (Nadeem ve ark., 2021).

5. Genomik Seleksiyon

Genomik seleksiyon, moleküler markörler ile yapılan daha ileri bir yaklaşımdır. Bu yöntemde, bitkilerin tüm genomları taranarak, çok sayıda genin bir arada etkilediği özellikler tespit edilir. Genomik seleksiyon sayesinde, verim, kalite, hastalık direnci gibi karmaşık özellikler daha geniş bir genetik bakış açısıyla analiz edilir ve ıslah edilir (Ojwang ve ark., 2019; Güngör ve ark., 2020).

6. Avantajları

- **Hız:** Geleneksel yöntemlere göre daha hızlı sonuç alınır. Bitkinin olgunlaşmasını beklemeye gerek kalmadan, genç fideler veya hatta tohumlardan alınan DNA örnekleri ile seleksiyon yapılabilir.
- **Doğruluk:** İstenilen genetik özelliklerin taşınıp taşınmadığı laboratuvar ortamında kesin olarak belirlenir.
- **Zaman ve maliyet tasarrufu:** Tarla denemeleri daha az sayıda bitki üzerinde yapılır, böylece zaman ve kaynak tasarrufu sağlanır.
- **Çevreye daha az bağımlılık:** Tarla koşullarındaki değişkenliğin (örneğin, hava şartları) ıslah sürecine etkisi azalır.

7. Gelecekteki Potansiyel

Moleküler markörlerin fasulye ıslahındaki kullanımı, hızla gelişen teknolojilerle daha da etkin hale gelecektir. Yeni nesil dizileme teknolojileri ile daha fazla genetik bilgiye ulaşılabilir, bu da daha karmaşık özelliklerin bile hızlıca ıslah edilmesini sağlayabilir. Ayrıca, CRISPR gibi gen düzenleme teknolojileri ile birlikte moleküler

markörlerin kullanımı, fasulye ıslahında daha büyük atılımlar yapma potansiyeline sahiptir (Raggi ve ark., 2019).

Sonuç olarak, moleküler markörler, fasulye ıslahında hastalık direnci, verim, kalite ve çevresel strese dayanıklılık gibi özellikleri hızlı ve verimli bir şekilde geliştirmek için vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir.

8. Fasulye Islahında Başarı Sağlanan Alanlar

Fasulye ıslahı konusunda bugüne kadar birçok alanda önemli başarılar elde edilmiştir:

Hastalıklara Dayanıklı Çeşitler: Özellikle kök çürüklüğü, antraknoz ve bakteriyel yanıklık gibi hastalıklara karşı dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi, üretim kayıplarının önlenmesinde önemli bir adım olmuştur.

Kuraklık ve Tuzluluğa Dayanıklı Çeşitler: Abiyotik stres faktörlerine dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi, özellikle iklim değişikliklerinin olumsuz etkilerini azaltmada büyük rol oynamaktadır. Kuraklık ve tuzluluğa dayanıklı fasulye çeşitleri, daha geniş alanlarda üretim yapılmasına olanak tanır.

Verim Artışı Sağlayan Çeşitler: Yüksek verimli fasulye çeşitleri hem tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini hem de ekonomik kazancı artırmaktadır. Verimlilik artışı, özellikle küçük ölçekli çiftçiler için büyük önem taşır.

9. Islahın Karşılaştığı Zorluklar ve Gelecek Perspektifleri

Fasulye ıslahı, büyük başarılar elde etmiş olsa da bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Genetik çeşitliliğin sınırlı olması, yeni hastalıkların ortaya çıkması ve çevresel stres faktörlerinin artması, ıslah çalışmalarını zorlaştıran etkenlerdir. Ancak, biyoteknolojik gelişmeler, bu zorlukların aşılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle CRISPR-Cas9 gibi gen düzenleme teknolojileri, daha hassas ve hızlı ıslah çalışmalarına olanak tanımaktadır.

Gelecek yıllarda fasulye ıslahında sürdürülebilir tarım ilkelerine daha fazla odaklanması beklenmektedir. Bu kapsamda, çevre dostu ve iklim değişikliklerine dayanıklı fasulye çeşitlerinin geliştirilmesi, tarımsal üretimde verimliliğin artırılmasına ve gıda güvenliğinin sağlanmasına katkı sağlayacaktır.

Fasulye ıslahı hem üreticiler hem de tüketiciler açısından büyük öneme sahip bir süreçtir. Verim artışı, hastalıklara dayanıklılık, abiyotik streslere karşı direnç ve besin kalitesinin artırılması gibi hedeflerle sürdürülen ıslah çalışmaları, tarımsal üretimde sürdürülebilirliği sağlamak adına kritik rol oynamaktadır. Geleneksel yöntemlerin yanı sıra modern biyoteknolojik yöntemlerin de kullanıldığı fasulye ıslahı, gelecekte daha çevre dostu ve verimli çeşitlerin geliştirilmesi için önemli fırsatlar sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Alexandratos, N., Bruinsma, J. (2012). World agriculture towards. 2030/2050: the 2012 revision.
- Aydemir, G., Dumlupınar, Z., Yüce, İ., Narlı, T., Sunulu, S., Güngör, H. (2020). Evaluation of F5 Individuals Obtained from B28× Kunduru-1149 Reciprocal Cross Population by Functional Markers. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(4), 1005-1011.
- Beaver, J.S., Osorno, J.M. (2009). Achievements and limitations of contemporary common bean breeding using conventional and molecular approaches. *Euphytica*;168(2):145–175.
- Beebe, S.E., Rao I.M., Mukankusi C.M. (2012). Improving resource use efficiency and reducing risk of common bean production in Africa, Latin America, and the Caribbean. *Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)*.
- Bellucci, E., Bitocchi, E., Rau, D. (2014). Genomics of origin, domestication and evolution of *Phaseolus vulgaris*. In: Tuberosa R, Graner A, Frison E, editors. *Genomics of plant genetic resources*. Dordrecht: Springer; p. 483–507.
- Büyükakkaşlar, M., Yüce, İ., Başkonuş, T., Dokuyucu, T., Akkaya, A., Dumlupınar, Z. (2020). B27× Ege 88 resiprokal melez popülasyonunda F4 bireylerin allel spesifik markörlerle değerlendirilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(6), 1647-1655.
- Büyükakkaşlar, M., Yüce, I., Başkonuş, T., Dokuyucu, T., Akkaya, A., Dumlupınar, Z. (2020). Evaluation of F4 individuals obtained from B27× Ege 88 durum wheat (*Triticum durum* Desf.) reciprocal cross population by allele specific markers.
- Brunner, B.R., Beaver, J.S. (1989). Estimation of outcrossing of the common bean in Puerto Rico. *Hort Science*. 24(4):669–671.
- Ceyhan, E., Korkmaz, A., Ali, A., Karadaş, S., Harmankaya, M., Şimşek, D., Karaköy, T. (2024). Exploring genetic diversity: the inheritance of protein and mineral contents in dwarf common beans. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 48: doi: TJAF-2024-00183R2

- Çilesiz, Y., Nadeem, M.A., Gürsoy, N., Kul, R., Karaköy, T. 2023. Assessing the cooking and quality traits diversity in the seeds of faba bean germplasm. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 47 (4), 448-466
- De Ron, A.M., Papa R., Bitocchi, E. (2015). Common bean. In De Ron AM, editor. *Grain legumes*. New York (NY): Springer; p. 1–36
- Güngör, H., Akbudak, M.A., Filiz, E., Yüce, İ., Dumlupınar, Z. (2020). Genetic diversity in sodium azide (NaN₃) induced barley mutants using ISSR markers.
- Güngör, H., Akbudak, M.A., Filiz, E., Yüce, İ., Dumlupınar, Z. (2020). Sodyum azid (NaN₃) ile muamele edilen arpa mutantlarının genetik çeşitliliğinin ISSR markörler ile belirlenmesi. *Derim*, 37(1), 27-32.
- Karadavut, U., Sözen, Ö. (2019). Samsun ekolojik koşullarında yetiştirilen bazı kuru fasulye genotiplerinin verime etki eden karakterleri arası çoklu bağlantı probleminin incelenmesi. 2. Uluslararası Türk Dünyası Mühendislik ve Fen Bilimleri Kongresi, 4, 282-285.
- Karaköy, T., Toklu, F., Karagöl, E.T., Uncuer, D., Çilesiz, Y., Ali, A., Nadeem, M.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
- Karaköy, T., Erdem, H., Baloch, F.S., Toklu, F., Eker, S., Kilian, B., Özkan, H. (2012). Diversity of macro-and micronutrients in the seeds of lentil landraces. *The Scientific World Journal* (1), 710412
- Motto, M., Soressi, G.P., Salamini, F. (1978). Seed size inheritance in a cross between wild and cultivated common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Genetica*. 49(1):31–36.
- Nadeem, M.A., Yeken, M.Z., Shahid, M.Q., Habyarimana, E., Yılmaz, H., Alsaleh, A., Hatipoğlu, R., Çilesiz, Y., Khawar, K.M., Ludidi, N., Ercişli, S., Aasim, M., Karaköy, T., Baloch, F.S. (2021). Common bean as a potential crop for future food security: an overview of past, current and future contributions in genomics, transcriptomics, transgenics and proteomics. *Biotechnology & Biotechnological Equipment* 35 (1), 759-787

- Nadeem, M.A., Çilesiz, Y., Yüce, İ., Baloch, F.S., Karaköy, T. (2021). Macro and micronutrients diversity in the seeds of field pea germplasm. *Pakistan Journal of Botany* 53 (5), 1655-1664.
- Nadeem, M.A., Habyarimana, E., Karaköy, T., Baloch, F.S. (2021). Genetic dissection of days to flowering via genome-wide association studies in Turkish common bean germplasm. *Physiology and Molecular Biology of Plants* 27 (7), 1609-1622.
- Nadeem, M.A., Karaköy, T., Yeken, M.Z., Habyarimana, E., Hatipoğlu, R., Çiftçi, V., Nawaz, M.N., Sönmez, F., Shahid, M.Q., Yang, S.H., Chung, G., Baloch, F.S. (2020). Phenotypic characterization of 183 Turkish common bean accessions for agronomic, trading, and consumer-preferred plant characteristics for breeding purposes. *Agronomy* 10 (2), 272.
- Ojwang, P.P., Eldridge, T., Corredor-Moreno, P., Njung'e, V. (2019). Genome-wide association study of resistance to bean fly and population structure of market classes of common bean. *BioRxiv*, 633545.
- Raggi, L., Caproni, L., Carboni, A. (2019). Genome-wide association study reveals candidate genes for flowering time variation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Front Plant Sci.* 10:962.
- Singh, S.P. (1999). Integrated genetic improvement. In: Singh SP, editor. *Common bean improvement in the twenty-first century*. Dordrecht: Springer; p. 133–165.
- Singh, S.P., Schwartz, H.F. (2010). Breeding common bean for resistance to diseases: a review. *Crop Sci.* 50(6):2199-2223.
- Sözen, Ö., Karadavut, U. (2017). Determination of yield and yield components of some dry bean (*Phaseolus vulgaris* L) genotypes grown in Central Anatolia ecological conditions. *Scholars Bulletin*, 3(11), 603-609.
- Sözen, Ö., Karadavut, U., Akçura, M. (2018). A study on the determination of the performance of some yield components in dry bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) in different environments. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27 (12), 8677-8686.
- 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.

- Sözen, Ö., Bozoğlu, H. (2021). Akademik perspektiften tarıma bakış, Bölüm adı: (Kelkit vadisi ve Artvin ilinden toplanan yerel kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) popülasyonları içinden şeker tane tipinde çeşit geliştirme çalışmaları), İksad Publishing House, Editör: Doç. Dr. Gülşah BENGİSU, Basım sayısı:1, 45 s.
- Sözen, Ö. (2022). Tarımda değişen yapılar ve beklentiler, Bölüm adı: (Kelkit vadisi ve Artvin ilinden Toplanan yerel bodur kuru fasulye popülasyonlarında verim ve verim özellikleri arasındaki ilişkilerin korelasyon ve path analiz ile ortaya konulması), İksad Publishing House, Editör: Serap Doğan ve Nazlı Kalender, Basım sayısı:1, 26 s.
- 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.
- Trabanco, N., Campa, A., Ferreira, J.J. (2015). Identification of a new chromosomal region involved in the genetic control of resistance to anthracnose in common bean. *Plant Genome*, 8(2), plantgenome2014-10.
- Yüce, İ., Dumlupınar, Z. (2023). Evaluation of agronomic traits and allele specific DNA markers related to some disease and quality traits in mutant Karakılçık M4 individuals. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 26(4), 861-869.

BÖLÜM 9

AGRONOMİ VE KALİTE İLE İLGİLİ GEN VE QTL'LER

Arş. Gör. Dr. İlker YÜCE¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14285748>

¹ Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sivas, Türkiye
E-mail: ilkeryuce001@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-9761-3561

GİRİŞ

Dünya hızla değişiyor ve bu hızlı değişimler, kontrolsüz nüfus artışını ve dengesiz gelir dağılımını da beraberinde getiriyor; bu da tarım alanlarının hızla yok olmasına ve dolayısıyla bu alanların tarıma elverişsiz hale gelmesine neden oluyor (Sozen ve ark., 2017). Son yirmi yılda fenotipik ve DNA markör analizlerinde kaydedilen sürekli ilerleme, hem genetik araştırmalar hem de bitki ıslahı için bir dizi yararlı araç sağlamıştır. Bu araçlar aynı zamanda çoğu bitki türü için, özellikle de değerli özelliklerle ilgili genlerin bulunduğu fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) gibi baklagil türleri için genetik bağlantı haritalarının oluşturulmasına yol açmıştır. Günümüzde, DNA markörü geliştirme, bitki ıslahı üzerine çalışan çoğu kamu araştırma kurumu ve özel şirket için ana hedefi oluşturmaktadır. DNA markörlerinin haritalanması sadece etkili bir genotip seçimine değil, aynı zamanda özellikler için kantitatif özellik lokuslarının (QTL) tespit edilmesine de olanak sağlar. QTL analizi, linkage analizi ile moleküler ve istatistiksel genetiği birleştirerek, varyansa katkıda bulunan kromozom bölgeleri ve bu tür özelliklerin kalıtım modeli hakkında tutarlı bilgiler sağlar. Bu temel genetik bilgi, bitki ıslahçıları tarafından arzu edilen özelliklerin introgresyonunu hızlandırmak ve çevresel etkileşimleri yönetmek için kullanılabilir. Fasulyenin genom dizisi çalışmalarını sırasıyla And (Schmutz ve ark., 2014) ve Mezoamerikan (Vlasova ve ark., 2016) gen havuzlarını temsil eden 'G19833' ve 'BAT93' genotiplerine odaklayan iki dizileme konsorsiyumunun sonuçlarında yayınlanmıştır. Buna ek olarak, Kanadalı bir konsorsiyum da üçüncü bir genotipi ('OAC-Rex9') dizilemiştir.

AGRONOMİK VE KALİTE ÖZELLİKLERİ İLE İLGİLİ GENLER VE QTL

I. Bitki Boyu ve Vejetatif Büyüme ile İlgili Özellikler

Belirlilik, LG01 üzerinde bulunan ve baskın allellin belirsiz bir büyüme alışkanlığına neden olduğu FIN geni tarafından kontrol edilir (Koinange ve ark., 1996). PvTFL1y, Arabidopsis TFL1 ile homologdur (Kwak ve ark., 2008) ve fasulyede belirleyicilikten sorumludur (Repinski ve ark., 2012; González ve ark., 2016). TOR geni bükülmeyi kontrol eder ve FIN ile korelasyon gösterir, bu da ya FIN'in bükülme üzerinde pleiotropik bir etkisi olduğunu ya da TOR'un FIN ile sıkı bir şekilde bağlantılı olduğunu düşündürür (Koinange ve ark., 1996). Benzer şekilde, Koinange ve ark. (1996) FIN'in bitki boyu, çiçeklenme ve olgunluğa kadar geçen gün sayısı, bakla sayısı ve hasat indeksi üzerinde pleiotropik etkileri veya sıkı bağlantıları olduğunu bildirmiştir. Büyüme alışkanlığı için bir başka gen LG11'in sonunda yer almıştır ve çiçeklenme ve olgunluğa kadar geçen gün için QTL ile önemli ölçüde ilişkilendirilmiştir (Tar'an ve ark., 2002). Büyüme alışkanlığı LG04 üzerinde haritalanmıştır (Kolkman ve Kelly, 2003). Tar'an ve ark. (2002) LG02 üzerinde toplam dal için bir QTL ve LG11 üzerinde dal açısı için bir QTL haritalamıştır. LG07 üzerinde dallanma deseni için QTL tespit edilmiştir (Kolkman ve Kelly 2003). Beattie ve ark. (2003) LG 03 ve 04 üzerinde bitki boyu için iki QTL ve LG 03 ve 05 üzerinde dal açısı için üç QTL haritalamıştır. Bitki boyu için QTL LG01 üzerindeki ATA5 lokusunda, LG06 üzerindeki V lokusunda ve LG07 üzerindeki Phs lokusunda bulunmuştur (Blair ve ark., 2006). Bitki boyu, tırmanma yeteneği, boğum arası uzunluğu ve dal sayısı için 03, 04, 08 ve 11 numaralı LG'lerde QTL bulunmuştur (Checa ve Blair, 2008). Chavarro

ve Blair (2010) LG01 üzerinde farklı bitki boyu özellikleri için bir QTL kümesi keşfetmiştir.

II. Çiçeklenme Tarihi ve Fotoperiyot Tepkisi

Çiçeklenme zamanı, fasulyesinin adaptasyonuna ve genişleme aralığına katkıda bulunan önemli bir konudur (Vadez ve ark., 2012; Weller ve Ortega, 2015). İki lokusun, PPD ve HR, fasulyede fotoperiyot tepkisini etkilediği bilinmektedir. PPD, LG01 üzerindeki FIN lokusunun 5 cM içinde haritalanmıştır (Koinange ve ark., 1996; Kwak ve ark., 2008), burada resesif alleller uzun günler altında azalmış fotoperiyot tepkisi ve erken çiçeklenme sağlar. Bu bölge soya fasulyesinde E3/PHYA3 genini içeren bölge ile sinteniktir (McClellan ve ark., 2010) ve beklendiği gibi fasulye E3 ortologunu içerir, bu da PPD lokusu için çekici bir aday olduğunu düşündürür. İkinci lokus HR daha az tanımlanmıştır ancak ELF3 ve FTa/c kümesinin homologlarını içeren bir bölge olan aynı bağlantı grubunun diğer ucuna doğru konumlandırılmıştır (Gu ve ark. 1998). HR'yi haritalanması zorlu bir süreç olmuştur. Çünkü homozigot *ppd*, HR üzerinde epistatiktir ve bu nedenle genotipler, fotoperiyoda karşı aynı duyarsız tepkiyi verir. Buna ek olarak, HR'nin ifadesi çevreden etkilenerek orta ve yüksek derecede hassas genotiplerin örtüşmesine neden olur. LG9 üzerinde QTL olarak tanımlanan üçüncü bir lokus, Arabidopsis'te sirkadiyen saat düzenlemesi için önemli bir gen olan ZEITLUPE'nin fasulye ortologunun yakınında yer almaktadır (Tar'an ve ark., 2002; Kwak ve ark., 2008). Çiçeklenme zamanını ve çiçeklenme ile ilgili diğer özellikleri kontrol eden QTL fasulyede tanımlanmıştır (Koinange ve ark., 1996; Tar'an ve ark., 2002, Chavarro ve Blair, 2010; Pérez-Vega ve ark., 2010). Blair ve ark. (2006)

LG09 üzerinde fenotipik varyasyonun %13 ve %22'sini açıklayan iki QTL tespit ederken, Chavarro ve Blair (2010) FIN genomik bölgesine yakın LG01 üzerinde çiçeklenme zamanı için bir QTL kümesi bulmuştur. Pérez-Vega ve ark. (2010) ve González ve ark. (2016) tarafından LG01 (FIN genine yakın) ve LG02'de (I genine yakın) ve Blair ve ark. (2012) tarafından LG 04, 05, 06, 07 ve 11'de çiçeklenme zamanı için QTL kümeleri de bulunmuştur.

III. Tohum ve Bakla Büyüklüğü

Danimarkalı bitki bilimci Wilhelm Johannsen (1911), genetik bir etkinin kendi kendine döllen fasulyelerde tohum büyüklüğünü etkileyebileceği sonucuna varmış ve büyük bir küçük tohum büyüklüğü popülasyonundan elde edilen bir dölde tohum büyüklüğü için ayrışmayı tespit etmiştir. Birkaç yıl sonra, tohum büyüklüğü fasulyede poligenik bir özellik olarak tanımlanmış (Sax, 1923) ve genetik kontrolünde en az 10 gen yer almıştır (Motto ve ark., 1978). Tohum büyüklüğünün kantitatif kalıtımı Vallejos ve Chase (1991) tarafından rapor edilmiştir. Tohum büyüklüğü için QTL LG 01, 03, 04, 07 ve 11 üzerinde haritalanmıştır (Nodari, 1992; Koinange ve ark., 1996). Park ve ark. (2000) LG 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08 ve 11'de tohum büyüklüğü özellikleri için QTL'ler bulmuşlardır. LG07 üzerindeki QTL, fazolin tohum proteinini kodlayan PHS lokusunu kapsamaktadır (Nodari, 1992; Koinange ve ark., 1996; Park ve ark., 2000). Guzmán-Maldonado ve ark. (2003) tohum ağırlığı için fenotipik varyasyonun %42'sini açıklayan beş QTL bildirirken, Blair ve ark. (2006) sekiz LG'de fenotipik varyasyonun %4 ila 17'sini açıklayan 10 QTL tanımlamıştır ve bu da önceki çalışmalarla uyumludur (Koinange ve ark., 1996; Park ve ark., 2000;

Tar'an ve ark., 2002). Tohum büyüklüğü QTL'si LG 02 ve 06'da üst uca; LG 03, 07, 08 ve 10'da alt uca; LG 06 ve 08'de merkeze yakın olarak eşleşmiştir (Park ve ark., 2000; Blair ve ark., 2006; Pérez-Vega ve ark., 2010). Yuste-Lisbona ve ark. (2014a) LG 01, 02, 06, 07, 09 ve 10 üzerinde tohum ağırlığı için Park ve ark. (2000) ve Pérez-Vega ve ark. (2010) tarafından haritalanan QTL ile uyumlu QTL tespit etmiştir.

Dört gen (*Ea*, *Eb*, *Ia* ve *Ib*), kesin genetiği belirsiz olmasına rağmen bakla kesit şeklini kontrol etmektedir (Leakey, 1988). Bakla büyüklüğü için QTL, Koinange ve ark. (1996) tarafından LG 01, 02 ve 07 üzerinde rapor edilmiştir. Bakla uzunluğu ve yüksekliği için QTL, LG 01 ve 03 üzerinde birlikte kümelenmiştir (Hagerty, 2013). Yuste-Lisbona ve ark. (2014b) bakla büyüklüğü özelliği için LG02 hariç LG'lerin çoğuna dağılmış 17 QTL tespit etmiştir. Bakla büyüklüğünü etkileyen QTL'lerin çoğu LG 01 ve 04 üzerinde kümelenmiştir, bu da bu genomik bölgelerin bağlantılı genler veya bu özellikleri yöneten pleiotropik etkilere sahip bir gen içerebileceğini göstermektedir.

IV. Bakla ve Tohum Verimi

Verim, birçok gen tarafından etkilenen kantitatif bir özelliktir ve temel olarak üç bileşen tarafından koşullandırılır: bitki başına bakla sayısı, bakla başına tohum sayısı ve 100 tohum ağırlığı (Adams, 1967). Koinange ve ark. (1996) LG 01 (FIN ile ilişkili), 04, 08 ve 11 üzerinde bitki başına bakla sayısı için QTL tanımlamıştır. Tar'an ve ark. (2002) 05, 09 ve 11 numaralı LG'lerde tohum verimi için toplam fenotipik varyasyonun %28'ini açıklayan üç QTL, LG02'de bitki başına bakla sayısı için bir QTL ve LG05'te bakla başına tohum için bir QTL haritalamıştır. Tohum verimi için altı QTL ve hasat indeksi için dört QTL

LG 05, 06, 07 ve 11 üzerinde tespit edilmiştir (Johnson ve Gepts, 2002). Beattie ve ark. (2003) LG 03 ve 05 üzerinde üç verim QTL'si ve LG 02, 03 ve 05 üzerinde bitki başına bakla sayısı için üç QTL bildirmişlerdir. Blair ve ark. (2006) LG 02, 03, 04 ve 09 üzerinde tohum verimi için fenotipik varyasyonun %9 ila %21'ini açıklayan dokuz QTL ve bitki başına bakla sayısı için fenotipik varyasyonun %64'ünü açıklayan üç QTL bildirmişlerdir. Benzer şekilde, LG 06, 07, 09 ve 11 üzerinde bulunan bitki başına tohum sayısı için fenotipik varyasyonun %15 ila %29'unu açıklayan üç QTL bildirmişlerdir. Wright ve Kelly (2011) 03, 05, 10 ve 11 numaralı LG'lerde tohum verimi için yedi QTL bildirmişlerdir. Checa ve Blair (2012) LG 03, 04 ve 10 üzerinde verim için dört QTL; LG 04 ve 05 üzerinde salkım başına bakla sayısı için iki QTL; ve LG 04 ve 10 üzerinde bitki başına bakla sayısı için iki QTL tanımlamışlardır. Mukeshimana ve ark. (2014) LG 03 ve 09'da tohum verimi için QTL bildirmiştir. Bitki başına bakla sayısı ve hasat indeksi için üç QTL, LG 01, 03 ve 08 üzerinde haritalanmıştır. Kullanılan farklı prosedürlere rağmen, çeşitli çalışmalar LG03 üzerinde bitki başına bakla sayısı ve tohum verimi ile ilişkili QTL bulmuştur (Beattie ve ark., 2003; Blair ve ark., 2006; Wright ve Kelly, 2011; Checa ve Blair, 2012). Yakın zamanda Qi (2015), tohum verimini etkileyebilecek bir cbZIP transkripsiyon faktörünü kodlayan BnMicEmUp/AT1G74730 geninin *A. thaliana* homologunu fasulyede (Phvul.009G190100) karakterize etmiştir.

V. Tohum ve Bakla Rengi

Fasulye tohumlarının farklı desen ve renklerinin genetik kontrolü Beninger ve ark. (2000) tarafından incelenmiştir. P geni tohum

kabuğunda flavonoidlerin varlığını ya da yokluğunu belirler ve spesifik renk diğer genlerdeki allellerin epistatik etkileşimlerine bağlıdır (Erdmann ve ark., 2002). Asp geni tohum kabuğunun parlaklığını kontrol eder. Her iki gen de LG07 üzerinde yer alır (Koinange ve ark., 1996). P₋ bireylerinde, V genindeki multiallelic bir seri, V₋ (mor) > v_{lae}- (pembe) > v_v (beyaz) genotipleri ile çiçek rengini kontrol eder (Beninger ve ark., 1999, 2000). Diğer genlerdeki (Gy, C, R, J, G, B ve Rk) alleller, tohum kabuğunda bulunan birçok rengi belirlemek için V ile ve birbirleriyle etkileşime girer (Bassett ve ark., 2002). Ana, Ane, Bip, L, T ve Z tohumun desen ve renk genleridir (McClearn ve ark., 2002). Tohum kabuğu parlaklığı için J lokusu LG10 üzerinde yer almaktadır (Freyre ve ark., 1998; Galeano ve ark., 2011). Renk değiştirici B geni LG02 üzerinde BCMV direnci için I genine bağlıdır (Nodari ve ark., 1993). Tohum kabuğu renk genleri C, G, V ve Gy sırasıyla LG 08, 04, 06 ve 08 üzerinde haritalanmıştır (McClearn ve ark., 2002). Z ve T genlerinin tohum deseni LG 03 ve 09'da, Bip ve L lokusları ise LG10'da yer almaktadır. Balmumu fasulyesi bakla rengi tek bir resesif gen (y) tarafından kontrol edilir, ancak ikinci bir genden (arg) ve belki de diğer genlerden etkilenebilmektedir (Currence, 1931). P ve V genleri, [C Prp] kompleks lokusundaki allelle bağlı olarak düz mor rengi veya mor çizgileri kontrol eder (Bassett, 1996; Bassett ve ark., 2005). Prp (mor bakla) lokusu LG 08 üzerinde yer almaktadır (Kelly ve Vallejo, 2004).

Tohum rengindeki varyasyonlardan sorumlu pigmentler flavonoidler, esas olarak flavonol glikozitler, antosiyaninler ve yoğunlaştırılmış tanenlerdir (Beninger ve ark., 1999). Tanen içeriği için dört QTL tespit edilmiştir ve fenotipik varyasyonun %42'sini açıklamaktadır (Guzmán-Maldonado ve ark., 2003). Caldas ve Blair

(2009) tanen içeriği için fenotipik varyasyonun %10 ila %64'ünü açıklayan on iki QTL bulmuştur. Yuste-Lisbona ve ark. (2014a) tohum renginin P lokusunun yakınında bulunan ve fenotipik varyasyonun %27 ila %42'sini açıklayan bir QTL tarafından kontrol edildiğini göstermiştir. Ayrıca, Prp ve V genlerine karşılık gelebilecek LG 06 ve 08'de bakla rengi için QTL ve P lokusunun daha önce tanımlandığı LG07'de büyük bir QTL bulunmuştur (Erdmann ve ark., 2002; Koinange ve ark., 1996; Vallejos ve ark., 1992; Yuste-Lisbona ve ark., 2014a). Bir QTL analizi, LG07'deki Asp geninin (tohum kabuğu parlaklığı) yakınındaki bölgenin 141 gen içerdiğini, Asp için en iyi gen adayının bir yağ asidi elongazı olarak işlev gören FAE1/Tip III poliketit sentaz benzeri bir protein olduğunu ortaya koymuştur (Cichy ve ark., 2014).

VI. Diğer Kalite Özellikleri

En yaygın fasulye kalite özelliklerinin genetik karmaşıklığına rağmen, son zamanlarda birçok çalışma bu konuyla ilgili ilginç moleküler ve fonksiyonel sonuçlar bildirmiştir. Koinange ve ark. (1996) bakla sütür liflerinin eksikliğinin LG02 üzerindeki bir ana gen (St lokusu) tarafından kontrol edildiğini bulmuştur. Gioia ve ark. (2012), St lokusunun yanında haritalanan INDESHICENT (IND, Arabidopsis'te silique shattering için gerekli bir faktör) ile homolog bir gen çoğaltmıştır. Homolog PvSHP1 (Arabidopsis'te SHATTERPROOF-1) LG06 üzerinde haritalanmış, tohum renk geni V ile bağlantılı (Nanni ve ark., 2011) ve bakla dizisi için bir QTL'ye yakın olup fenotipik varyasyonun %26'sını açıklamaktadır (Davis ve ark., 2006). Hagerty (2013) LG01 üzerinde bir bakla QTL'si ve LG04 üzerinde bakla uzunluğu, yüksekliği ve kalınlığı için kümelenmiş bir bakla lifi QTL'si tespit etmiştir. Tohum

ağırlığı ve uzunluğu için QTL LG08 üzerinde haritalanmıştır (Park ve ark., 2000; McClean ve ark., 2002).

Son yirmi yılda, su emilimi ve kabuk oranından (Pérez-Vega ve ark., 2010) pişirme süresine (Vasconcelos ve ark., 2012) kadar farklı nitelikteki organoleptik kalite özellikleriyle çeşitli belirteçler ve QTL ilişkilendirilmiştir. Renk tutma için ana QTL'nin dört flavonoid biyosentez geniyle (ikisi kalkon sentaz proteinlerini kodlayan) örtüşen pozisyonlarda eşleştiğini, diğer küçük etkili QTL'nin ise antosiyaninle ilgili genlerle birlikte lokalize olduğunu belirtmek ilginçtir (Wright ve Kelly, 2011). Buna ek olarak, kül, kalsiyum, diyet lifi, magnezyum ve üronik asit içeriği ile ilişkili beş QTL, LG07 üzerinde, P lokusu ve tanen içeriği ve tohum kabuğu oranı için QTL'ye yakın olarak haritalanmıştır (Caldas ve Blair, 2009; Pérez-Vega ve ark., 2010). Kül ve kalsiyum içeriği için iki QTL FIN genine (LG01) yakın tespit edilmiş ve protein içeriği için bir QTL Phs kümesine yakın LG07 üzerinde yer almıştır (Campa ve ark., 2011).

KAYNAKLAR

- Adams, M. (1967). Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to the field bean, *Phaseolus vulgaris*. *Crop Sci* 7:505–510
- Bassett, M. (1996). List of genes—*Phaseolus vulgaris* L. *Annu Rep Bean Improv Coop* 39:1–19
- Bassett, M. (2005). A new gene (Prpi-2) for intensified anthocyanin expression (IAE) syndrome in common bean and a reconciliation of gene symbols used by early investigators of gene symbols for purple pod and IAE syndrome. *J Am Soc Hortic Sci* 130:550–554
- Bassett, M., Lee, R., Otto, C., McClean, P.E. (2002). Classical and molecular genetic studies of the strong greenish yellow seed coat color in ‘Wagenaar’ and ‘Enola’ common bean. *J Am Soc Hort Sci* 127:50–55
- Beattie, A., Larsen, J., Michaels, T., Pauls, K. (2003). Mapping quantitative trait loci for a common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) ideotype. *Genome* 46:411–422
- Beninger, C., Hosfield, G., Bassett, M. (1999). Flavonoid composition of three genotypes of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) differing in seed coat color. *J Am Soc Hortic Sci* 124:514–518
- Beninger, C., Hosfield, G., Bassett, M., Owens, S. (2000). Chemical and morphological expression of the B and Asp seedcoat genes in *Phaseolus vulgaris* L. *J Am Soc Hortic Sci* 125:52–58
- Blair, M.W., Iriarte, G., Beebe, S. (2006). QTL analysis of yield traits in an advanced backcross population derived from a cultivated Andean × wild common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cross. *Theor Appl Genet* 112:1149–1163
- Blair, M.W., Galeano, C., Tovar, E., Muñoz Torres, M.C., Castrillón, A.V., Beebe, S.E., Rao, I.M. (2012). Development of a Mesoamerican intra-genepool genetic map for quantitative trait loci detection in a drought tolerant. *Mol Breed* 29:71–88
- Caldas, G.V., Blair, M.W. (2009). Inheritance of seed condensed tannins and their relationship with seed-coat color and pattern genes in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Theor Appl Genet* 119:131–142

- Campa, A., Pañeda, A., Pérez-Vega, E., Giraldez, R., Ferreira, J.J. (2011). Mapping and use of seed protein loci for marker-assisted selection of growth habit and photoperiod response in ‘nuña’ bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Euphytica* 179:383–391
- Chavarro, M., Blair, M. (2010). QTL Analysis and effect of the *fin* locus on tropical adaptation in an inter-genepool common bean population. *Tropical Plant Biol* 3:204–218
- Checa, O., Blair, M. (2008). Mapping QTL for climbing ability and component traits in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Mol Breed* 22:201–215
- Checa, O., Blair, W. (2012). Inheritance of yield-related traits in climbing beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Crop Sci* 52:1998–2013
- Cichy, K.A., Fernandez, A., Kilian, A., Kelly, J.D., Galeano, C.H., Shaw, S., Brick, M., Hodkinson, D., Troxtell, E. (2014). QTL analysis of canning quality and color retention in black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Mol Breed* 33:139–154
- Currence, T. (1931). A new pod colour in snap beans. *J Hered* 22:21–23
- Davis, J., Kean, D., Yorgey, B., Fourie, D., Miklas, P.N., Myers, J.R. (2006). A molecular marker linkage map of snap bean (*Phaseolus vulgaris*). *Annu Rep Bean Improv Coop* 49:73–74
- Erdmann, P., Lee, R., Basset, M., McClean, P.E. (2002). A molecular marker tightly linked to P, a gene required for flower and seed coat color in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), contains the ty3-gypsy retrotransposon tpv3g. *Genome* 45:728–736
- Freyre, R., Skroch, P., Geffroy, V., Adam-Blondon, A.F., Shirmohamadali, A., Johnson, W.C., Llaca, V., Nodari, R.O., Pereira, P.A., Tsai, S.M., Tohme, J., Dron, M., Nienhuis, J., Vallejos, C.E., Gepts, P. (1998). Towards an integrated linkage map of common bean. 4. Development of a core map and alignment of RFLP maps. *Theor Appl Genet* 97:847–856
- Galeano, C.H., Fernández, A.C., Franco-Herrera, N., Cichy, K.A., McClean, P.A., Vanderleyden, J., Blair, M.W. (2011). Saturation of an intra-gene pool linkage map: towards a unified consensus linkage map for fine mapping and synteny analysis in common bean *PLoS ONE* 6:12

- Gioia, T., Logozzo, G., Kami, J., Zeuli, P.S., Gepts, P. (2012). Identification and characterization of a homologue to the Arabidopsis INDEHISCENT gene in common bean. *J Heredity* 104:273–286
- González, A., Yuste-Lisbona, F., Godoy, L., Fernández-Lozano, A., Rodiño, A., De Ron, A.M., Lozano, R., Santalla, M. (2016). Exploring the quantitative resistance to *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) *Mol Breed* 36:166
- Gu, W., Zhu, J., Wallace, D., Singh, S.P., Weeden, N.F. (1998). Analysis of genes controlling photoperiod sensitivity in common bean using DNA markers. *Euphytica* 102:125–132
- Guzmán-Maldonado, S., Martínez, O., Acosta-Gallegos, J., Guevara-Lara, F., Paredes-López, O. (2003). Putative quantitative trait loci for physical and chemical components of common bean. *Crop Sci* 43:1029–1035
- Hagerty, C. (2013) Mapping QTL for root rot resistance, root traits, and morphological trait in a common bean recombinant inbred population. Master of Science in Horticulture. Oregon State University. <http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/handle/1957/38263>
- Johannsen, W. (1911). The genotype conception of heredity. *Am Nat* 45:129–159
- Johnson, W., Gepts, P. (2002). The role of epistasis in controlling seed yield and other agronomic traits in an Andean _ Mesoamerican cross of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Euphytica* 125:69–79
- Kelly, J., Vallejo, V. (2004). A comprehensive review of the major genes conditioning resistance to anthracnose in common bean. *HortSci* 39:1196–1207
- Koinange, E., Singh, S., Gepts, P. (1996). Genetic control of the domestication syndrome in common bean. *Crop Sci* 36:1037–1045
- Kolkman, J.M., Kelly, J.D. (2003). QTL conferring resistance and avoidance to white mold in common bean. *Crop Sci* 43:539–548
- Kwak, M., Velasco, D., Gepts, P. (2008). Mapping homologous sequences for determinacy and photoperiod sensitivity in common bean (*Phaseolus vulgaris*). *J Hered* 99:283–291

- Leakey, C. (1988). Genotypic and phenotypic markers in common bean. In: Gepts P (ed) Genetic resources of Phaseolus Beans. Kluwer, Dordrecht, Netherlands, pp 245–347
- McClellan, P.E., Lee, R., Otto, C., Gepts, P., Bassett, M.J. (2002). Molecular and phenotypic mapping of genes controlling seed coat pattern and color in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J Hered* 93:148–152
- McClellan, P.E., Mamidi, S., McConnell, M., Chikara, S., Lee, R. (2010). Synteny mapping between common bean and soybean reveals extensive blocks of shared loci. *BMC Genom* 11:184
- Motto, M., Soressi, G.P., Salamini, F. (1978). Seed size inheritance in a cross between wild and cultivated common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Genetica* 49:31–36
- Mukeshimana, G., Butare, G., Cregan, P., Blair, M.W., Kelly, J.D. (2014). Identification of Quantitative Trait Loci associated with drought tolerance in common bean using SNP markers. *Crop Sci* 54:923–938
- Nanni, L., Bitocchi, E., Bellucci, E., Rossi, M., Rau, D., Attene, G., Gepts, P., Papa, R. (2011). Nucleotide diversity of a genomic sequence similar to SHATTERPROOF (PvSHP1) in domesticated and wild common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Theor Appl Genet* 123:1341–1357
- Nodari, R.O. (1992). Towards an integrated linkage map of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Ph.D. diss. University of California, Davis
- Nodari, R.O., Tsai, S., Guzmán, P., Gilbertson, R.L., Gepts, P. (1993). Toward an integrated linkage map of common bean. III. Mapping genetic factors controlling host-bacteria interactions. *Genetics* 134:341–350
- Park, S.O., Coyne, D.P., Jung, G., Skroch, P.W., Arnaud-Santana, E., Steadman, J.R., Ariyaratne, H.M., Nienhuis, J. (2000). Mapping of QTL for seed size and shape traits in common bean. *J Am Soc Hortic Sci* 125:466–475
- Pérez-Vega, E., Pañeda, A., Rodríguez-Suárez, C., Campa, A., Giraldez, R., Ferreira, J.J. (2010). Mapping of QTLs for morpho-agronomic and seed quality traits in a RIL population of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Theor Appl Genet* 120:1367–1380

- Sozen, O., Karadavut, U. (2017). The determination of some genotypic and phenotypic parameters for chemical composition of some bean genotypes. *Fresenius Environ Bull*, 26(10), 5761-8.
- Qi, Y. (2015). Characterization of a putative yield-related gene in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Master of Science in Plant Agriculture. Guelph, Ontario, Canada: The University of Guelph, <http://hdl.handle.net/10214/8727>
- Repinski, S., Kwak, M., Gepts, P. (2012). The common bean growth habit gene PvTFL1y is a functional homolog of Arabidopsis TFL1. *Theor Appl Genet* 124:1539–1547
- Sax, K. (1923). The association of size differences with seed coat pattern and pigmentation in *Phaseolus vulgaris*. *Genetics* 8:552–560
- Schmutz, J., McClean, P., Mamidi, S., Wu, G.A., Cannon, S.B., Grimwood, J., Jenkins, J., Shu, S., Song, Q., Chavarro, C., Torres-Torres, M., Geffroy, V., Moghaddam, S.M., Gao, D., Abernathy, B., Barry, K., Blair, M., Brick, M.A., Chovatia, M., Gepts, P., Goodstein, D.M., Gonzales, M., Hellsten, U., Hyten, D.L., Jia, G., Kelly, J.D., Kudrna, D., Lee, R., Richard, M.M.S., Miklas, P.N., Osorno, J.M., Rodrigues, J., Thareau, V., Urrea, C.A., Wang, M., Yu, Y., Zhang, M., Wing, R.A., Cregan, P.B., Rokhsar, D.S., Jackson, S.A. (2014). A reference genome for common bean and genome-wide analysis of dual domestications. *Nat Genet* 46:707–713
- Tar'an, B., Michaels, T.E., Pauls, K.P. (2002). Genetic mapping of agronomic traits in common bean. *Crop Sci* 42:544–556
- Vadez, V., Jens, D., Warkentin, T., Asseng, S., Ratnakumar, P., Rao, K.P.C., Gaur, P.M., Munier-Jolain, N., Larmure, A., Voisin, A.S., Sharma, H.C., Pande, S., Sharma, M., Krishnamurthy, L., Zaman, M.A. (2012). Adaptation of grain legumes to climate change: a review. *Agron Sustain Dev* 32:31–44
- Vallejos, C.E., Chase, C.D. (1991). Linkage between isozyme markers and a locus affecting seed size in *Phaseolus vulgaris* L. *Theor Appl Genet* 81:413–419
- Vallejos, C.E., Sakiyama, N.S., Chase, C.D. (1992). A molecular marker-based linkage map of *Phaseolus vulgaris* L. *Genetics* 131:733–740
- Vasconcelos, R.A., Nascimento, P., Zaczuk, P. (2012). QTL mapping for the cooking time of common beans. *Euphytica* 186(3):779–792

- Vlasova, A., Capella-Gutiérrez, S., Rendón-Anaya, M., Hernández-Oñate, M., Minoche, A.E., Erb, I., Câmara, F., Prieto-Barja, P., Corvelo, A., Sanseverino, W., Westergaard, G., Dohm, J.C., Pappas, G.J. Jr., Saburido-Alvarez, S., Kedra, D., Gonzalez, I., Cozzuto, L., Gómez-Garrido, J., Aguilar-Morón, M.A., Andreu, N., Aguilar, O.M., Garcia-Mas, J., Zehnsdorf, M., Vázquez, M.P., Delgado-Salinas, A., Delaye, L., Lowy, E., Mentaberry, A., Vianello-Brondani, R.P., García, J.L., Alioto, T., Sánchez, F., Himmelbauer, H., Santalla, M., Notredame, C., Gabaldón, T., Herrera-Estrella, A., Guigó, R. (2016). Genome and transcriptome analysis of the Mesoamerican common bean and the role of gene duplications in establishing tissue and temporal specialization of genes. *Genome Biol* 17:32
- Weller, J., Ortega, R. (2015). Genetic control of flowering time in legumes. *Front Plant Sci* 6:207
- Wright, E., Kelly, J. (2011). Mapping QTL for seed yield and canning quality following processing of black bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Euphytica* 179:471–484
- Yuste-Lisbona, F., González, A., Capel, C., García-Alcázar, M., Capel, J., De Ron, A.M., Lozano, R., Santalla, M. (2014a). Genetic analysis of single-locus and epistatic QTLs for seed traits in an Adapted _ Nuña RIL population of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Theor Appl Genet* 127:897–912
- Yuste-Lisbona, F., González, A., Capel, C., García-Alcázar, M., Capel, J., De Ron, A.M., Santalla, M., Lozano, R. (2014b). Genetic variation underlying pod size and color traits of common bean depends on quantitative trait loci with epistatic effects. *Mol Breed* 33:939–952



ISBN: 978-625-367-956-9