

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

***Cicer spp.*'de *Fusarium* SOLGUNLUĞU *Fusarium oxysporum f.sp. ciceris*'e
DAYANIKLILIĞIN BELİRLENMESİ**

Ümran AKGÜN YILDIRIM

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2022**

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	8
2.1. Nohut Bitkisi Botaniği ve Yabani Akrabaları Üzerine Yapılan Çalışmalar	8
2.1.1. Abiyotik stres unsurları	13
2.1.1.1. Soğuk stresi	13
2.1.1.2. Kuraklık stresi	14
2.1.2. Biyotik stres unsurları	15
2.1.2.1. <i>Fusarium</i> solgunluğu	15
2.1.2.2. <i>Ascochyta</i> yanıklığı	16
2.1.2.3. Nohutta zarar oluşturan diğer önemli hastalıklar	17
2.1.2.4. Nohut zararlıları	18
2.2. <i>Fusarium Oxysporum</i> f.sp. <i>Ciceris</i> ile İlgili Çalışmalar	20
3. MATERYAL ve YÖNTEM	36
3.1. Materyal	36
3.1.1. Çalışmanın yürütüldüğü yer	36
3.1.2. Bitkisel materyal	36
3.1.3. Dayanıklılık taraması için kullanılan <i>fusarium</i> izolatları	40
3.1.4. İnokulasyon metotlarının kıyaslanmasında kullanılan materyaller	41
3.1.5. Nohut genotiplerinin FOC reaksiyonlarının belirlenmesinde kullanılan materyaller	42
3.1.6. İnokulasyon metotlarının uygulanmasında kullanılan materyaller	42
3.2. Yöntem	42
3.2.1. Çalışmada kullanılan <i>fusarium</i> izolatlarının morfolojik özelliklerinin belirlenmesi	42
3.2.2. FOC'a dayanıklılık taramasında kullanılan skalanın belirlenmesi.....	43
3.2.3. Yabani genotiplerde tohum çoğaltılması	43
3.2.4. Nohut genotiplerinin foc reaksiyonlarının belirlenmesinde kullanılan fungal izolatların spor süspansiyonlarının hazırlanması	44
3.2.5. İnokulum yöntemlerinin kıyaslanmasında kullanılan fungal izolatların ve spor süspansiyonlarının hazırlanması	45
3.2.6. Saksıların ekime hazırlanması	46
3.2.7. Nohut genotiplerinin FOC reaksiyonlarının belirlenmesi	47
3.2.8. İnokulasyon bitkilerinden re-izolasyon	49
3.2.9. İnokulasyon metotlarının kıyaslanması	50
3.2.9.1. Kök daldırma yöntemi	51
3.2.9.2. Toprak inokulasyonu yöntemi	51
3.2.9.3. Suda inokulasyon yöntemi	53
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	54
4.1. Çalışmada Kullanılan <i>Fusarium</i> İzolatlarının Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi	54
4.2. Yabani Genotiplerin FOC İzolatlarına Gösterdikleri Reaksiyonlar	55
4.3. Tescilli Çeşit/Hatların FOC İzolatlarına Gösterdikleri Reaksiyonlar	60
4.4. FOC İzolatlarının Re-İzolasyonu	62
4.5. İnokulasyon Yöntemlerinin Kıyaslanması	62
4.5.1. Kök daldırma metodu.....	62
4.5.2. Toprak inokulasyon yöntemi.....	64
4.5.3. Suda inokulasyon metodu.....	66
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	69
KAYNAKLAR	80

ÖZGEÇMİŞ	94
EKLER	95
Ek 1.....	95



ÖZET

Doktora Tezi

Cicer spp.'de *Fusarium* SOLGUNLUĞU *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris*' e DAYANIKLILIĞIN BELİRLENMESİ

Ümran AKGÜN YILDIRIM

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Ertuğrul GÜLDÜR
Yıl: 2022, Sayfa: 95

Nohutta verimi ve kaliteyi olumsuz yönde etkileyen biyotik hastalık unsurları ülkemizde de nohut üretiminin olumsuz etkilemektedir. *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* nohut bitkisinde solgunluk ve sararmalara sebep olan fungal bir hastalık etmenidir. *Fusarium* solgunluğu etmeni toprak kökenli saprofit bir patojendir. Verimi olumsuz yönde etkileyen *Fusarium* solgunluğu hastalığı ile mücadelede en ekonomik ve etkin mücadele yöntemi dayanıklı çeşit kullanımıdır. Yabani türler, kültür bitkisi olarak yetiştirilen akrabalarına nazaran biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanıklılığı içeren birçok genleri barındırırlar. Yabani *Cicer* türleri, nohutta solgunluğa ve sararmalara sebep olan *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*'e dayanıklılığı sağlayan genlere sahiptir. Ülkemiz *Cicer* türlerinin gen kaynağıdır. Nohutun birincil gen havuzunu oluşturan Güneydoğu Anadolu Bölgesi nohutla melezlenebilir türlerin yaygın olarak doğal florada bulunması nedeniyle genetik çeşitliliğin artırılması ve yeni gen kaynaklarının belirlenmesinde önemli bir gen merkezi olma potansiyeline sahiptir. Bu tezde kültürü yapılan nohut ile melezlenebilen *Cicer reticulatum*, *Cicer echinospermum* ve *Cicer pinnatifidum* türlerine ait 66 genotipte dayanıklılık taraması yapılmıştır. Aynı zamanda ülkemizde üretimi yapılan tescilli 34 çeşide de dayanıklılık taraması yapılmıştır. Şiddetli solgunluk ırklarından olan üç *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* izolatu ile tarama yapılmış ve genotiplerin her bir izolat için reaksiyon durumları farklı olmuştur. Tescilli çeşitlerde yapılan taramada kullanılan izolatlarla karşı dayanıklılık tespit edilememiştir. Yabani genotiplerde dayanıklılık reaksiyonları açısından 11 genotipin öne çıktığı bu çalışmada, öne çıkan hatların 9 tanesi *Cicer reticulatum*, 2 tanesi ise *Cicer echinospermum* türüne aittir. *Cicer pinnatifidum* türüne ait genotiplerde dayanıklılığa rastlanmamıştır. Sonuç olarak *Cicer reticulatum* türünde *Fusarium* solgunluğuna dayanıklılık için geniş bir genetik varyasyon olduğu tespit edilmiş ve ıslah çalışmalarında *Fusarium*'a dayanıklı yeni çeşitlerin gelişmesinde değerlendirilebilir.

ANAHTAR KELİMELE: Nohut, *Fusarium* solgunluğu, dayanıklılık, yabani türler

ABSTRACT

PhD Thesis

DETERMINATION OF RESISTANCE TO *Fusarium* WILT *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* in *Cicer* spp.

Ümran AKGÜN YILDIRIM

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Plant Protection

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Ertuğrul GÜLDÜR
Year: 2022, Page: 95

Biotic disease factors that negatively affect the yield and quality of chickpeas also negatively affect chickpea production in our country. *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris* is a fungal disease that causes wilting and yellowing in chickpeas. *Fusarium* wilt is a soil-based saprophyte pathogen. The most economical and effective method of fighting against *Fusarium* wilt disease, which negatively affects yield, is the use of resistant varieties. Wild species contain many genes that contain resistance to biotic and abiotic stress conditions compared to their relatives grown as cultivated plants. Wild *Cicer* species have genes that provide resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris*, which causes wilting and yellowing in chickpeas. Our country is the gene source of *Cicer* species. Southeastern Anatolia region is an important gene center for chickpeas. This region has significant potential for increasing genetic diversity and finding new gene sources, since the species that make up the primary gene pool of chickpeas are widely available. In this thesis, resistance screening was performed on 66 genotypes of *Cicer reticulatum*, *Cicer pinnatifidum*, and *Cicer echinospermum* species that could be hybridized with cultured chickpeas. Besides, resistance screening was also carried out in 34 registered varieties produced in our country. Three *Fusarium oxysporum ciceris* isolates were screened and the reaction status of genotypes was different for each isolate. In the screening of the registered varieties, resistance could not be determined against the used isolat. In this study, in which 11 genotypes are prominent in terms of resistance reactions of isolates, 9 of the prominent lines belong to *Cicer reticulatum* and 2 belong to *Cicer echinospermum*. No resistance was found in the genotypes of the *Cicer pinnatifidum* genus. As a result, it has been determined that there is a wide genetic variation for resistance to *Fusarium* wilt in *Cicer reticulatum* and that it can be evaluated in the development of new *Fusarium* resistant varieties in breeding studies.

KEY WORDS: Chickpea, *Fusarium* wilt, resistance, wild species

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın tüm evresinde bilgi birikiminden faydalandığım tez danışman hocam sayın Prof. Dr. Mehmet Ertuğrul GÜLDÜR'e, çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Abdullah KAHRAMAN'a teşekkürlerimi sunarım.



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. 10 yıllık Periyot İçerisinde Dünyadaki Nohut ekim alanı (hektar) ve üretimi (Ton)	3
Şekil 1.2. 10 Yıllık Periyotta Türkiye Nohut İhracat ve İthalat Miktarındaki Değişimler	4
Şekil 2.1. <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Ciceris</i> 'in hastalık döngüsü.....	26
Şekil 3.1. Yabani nohut genotiplerine ait tohumların morfolojik görüntüsü.....	38
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan şiddetli solgunluk ırklarına ait <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>ciceris</i> izolatların geliştirilmesi. (a) FMT 93/16 İzolatına ait makrokonidi, (b) FMT 78/16 İzolatına ait makrokonidi, (c) FMS37/16 İzolatına ait makrokonidi, (d) FMT93/16 İzolatının PDA ortamındaki kolonileri, (e) FMT 78/16 İzolatının PDA ortamındaki kolonileri (f) FMS37/16 İzolatının PDA ortamındaki kolonileri.....	40
Şekil 3.3. Yabani genotiplerin çoğaltılması.	44
Şekil 3.4. Fungal izolatların spor süspansiyonlarının hazırlanması. (a) Stok izolatların PDA ortamına ekilmesi, (b) izolatların PDA ortamında 7-14 günde gelişmesi, (c) Thoma lamında sayım.....	45
Şekil 3.5. Saksıların ekime hazırlanması. (a) %5'lik NaCO'nun dezenfektan olarak hazırlanması, (b) saksıların dezenfekte edilmesi, (c) saksıların su ile çalkalanması	46
Şekil 3.6. Denemede kullanılan toprak/torf karışımının hazırlanması. (a) araştırmada kullanılan toprak, (b) toprağın elenmesi, (c) toprağın 1/3 oranında tor file karıştırılması.....	47
Şekil 3.7. Denemede Kullanılan Toprak/Torf Harcının Fümigasyonu. (a) tablet halindeki toprak fümigatörü, (b) tabletin toprak yığınlarına yerleştirilmesi, (c) toprak yığının üzerinin örtülmesi, (d) saksıların doldurulması ve seraya taşınması.....	47
Şekil 3. 8. Yabani genotip tohumlarında dormansinin kırılması, tohumların ekimi ve bitkilerin geliştirilmesi. (a) yabancınohut genotiplerine ait tohumlarda mekanik aşındırma, (b) tohum ekilen viyollerin bitki büyütme kabinine yerleştirilmesi, (c) bitkilerin kabinde büyümesi	48
Şekil 3.9. Bitki inokulasyonları. (a) yabani genotiplerin viyolden sökülerek kök uçlarının temizlenmesi, (b) steril makas yardımı ile kök uçlarının kesilmesi ve spor süspansiyonuna daldırılması, (c) genotiplerin inokulasyondan sonra saksılara aktarılması.....	49
Şekil 3.10. FOC İzolatlarının Re-İzolasyonu. (a) denemeye ait bitkilerin sökülmesi, (b) hastalık belirtilerinin makro olarak görülmesi, (c) hastalıklı bitki örneklerinin PDA ortamına ekilmesi, (d) bulaşık bitkilerden alınan örneklerden gelişen fungal kültür.....	50
Şekil 3.11. Kök daldırma metodunun uygulanması. (a) bitkilerin viyollerden çıkarılması, (b) bitkilerin kök uçlarının temizlenmesi, (c) steril makas yardımı ile kök uçlarının kesilmesi, (d) hastalık belirtilerinin gözlemlenmesi.....	51
Şekil 3.12. Toprak İnokulasyon Yönteminin uygulanması.....	52
Şekil 3.13. Suda inokulasyon yönteminin uygulanması.....	53
Şekil 4.1. Şiddetli solgunluk belirtisi gösteren izolatların muamelesi sonucu bitkilerdeki belirtiler. (a) Sararma, (b) Sararma ve solgunluk, (c) Akropetal sararma, (d) Sararma	57
Şekil 4.1. (devam).....	58
Şekil 4.2. İnokulasyon sonucu tescilli çeşitlerin zaman reaksiyon grafiği	61
Şekil 4.3. FOC İnokulumu uygulanmış bitkilere Re-izolasyon uygulaması. (a) enfekteli bitki, (b) bitkinin iletim demetlerindeki enfeksiyon durumu, (c) enfekteli bitki parçalarının PDA'da oluşturdukları fungal kültürler.....	62
Şekil 4.4. FOC izolatlarının kök daldırma metodu ile uygulanması.....	63
Şekil 4.5. FOC izolatlarının toprak inokulasyonu metodu ile uygulanması	64
Şekil 4.5. (devam)	65
Şekil 4.6. Toprak İnokulasyonu Uygulanmış Bitkiler Ait Solgunluk ve Sararma Belirtiler. (a) İnokulasyon ortamının hazırlanması (b) bitkilerde akropetal sararma, (c) bitkilerde solgunluk belirtisi	66
Şekil 4.7. FOC izolatlarının suda inokulasyon metodu ile uygulanması.....	66
Şekil 4.7. (devam).....	67

Şekil 4.8. Suda İnokulasyon Uygulanmış Bitkilere Ait Solgunluk ve Sararma Simptomları. (a) enfeksiyonun iletim demetlerini sarması, (b) suda inokulasyon ile bitkilerin gösterdikleri simptomlar, (c) 10.günde toprak inokulasyonuna göre bitkide sarama ve solgunluk68



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Tek yıllık ve çok yıllık nohut türlerinin coğrafik dağılımı	10
Çizelge 2.2. Nohut türlerinin çeşitli biyotik ve abiyotik stres unsurlarına dayanıklılığı	19
Çizelge 3.1. Tescilli nohut çeşitlerine ait bilgiler	36
Çizelge 3.1. (devam)	36
Çizelge 3.2. Yabani genotiplere ait bilgiler	38
Çizelge 3.2. (devam)	39
Çizelge 3.2. (devam)	40
Çizelge 3.3. Çalışmada kullanılan <i>Fusarium</i> izolatlarına ait izolat kodları ve lokasyon bilgiler.....	41
Çizelge 3.4. İnoklasyon metodlarının kıyaslanmasında kullanılan Gaziantep Üniversitesi Biyoloji Bölümü Fungus Koleksiyonuna ait bilgiler	41
Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan <i>fusarium</i> izolatlarına ait morfolojik özellikler	54
Çizelge 4.2. <i>Cicer reticulatum</i> türünün şiddetli solgunluk gösteren FOC izolatlarına gösterdiği reaksiyon	55
Çizelge 4.3. <i>Cicer echinospermum</i> türünün şiddetli solgunluk gösteren FOC izolatlarına gösterdiği reaksiyon	56
Çizelge 4.4. <i>Cicer pinnatifidum</i> türünün şiddetli solgunluk gösteren FOC izolatlarına gösterdiği reaksiyon	57
Çizelge 4.5. Yabani genotiplerin FOC izolatlarına gösterdikleri reaksiyonlar	58
Çizelge 4.5. (devam)	59
Çizelge 4.5. (devam)	60
Çizelge 4.6. Tescilli Çeşit ve Hatların Şiddetli solgunluk İzolatlarına Gösterdikleri Reaksiyonlar .	61
Çizelge 4.6. (devam)	62

1. GİRİŞ

Dünya tane baklagil yetiştiriciliği içerisinde 14.75 milyon hektar ekim alanı ile ikinci sırada yer alan nohut (*Cicer arietinum* L.)’da, 2020 yılı itibari ile 15.2 milyon tonluk bir üretim gerçekleşmiştir (FAO, 2021). Dünyada başlıca nohut üreticisi ülkeler Hindistan, Pakistan ve Avustralya’dır. Türkiye FAO 2019 verilerince nohut üretimi alanı bakımından dünyada 4. sırada üretimde 7 ve verimde ise 21. sırada yer almaktadır (FAO, 2019). Nohut bitkisi 478 885 hektar üretim alanı ve 475 000 ton üretim miktarı ile ülkemizde yetiştiriciliği yapılan yemeklik tane baklagiller arasında ön sıralarda yer almaktadır (TÜİK, 2021).

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde gıda ve besin sorunun çözülmesinde geniş bir yer tutan nohut, insan ve hayvan beslenmesinde önemli bir gıda unsurudur. Nohut yüksek protein miktarının yanında insan beslenmesinde doymamış yağ asitleri olan linoleik ve oleik gibi önemli yağların ve kalsiyum, magnezyum, fosfor ve potasyum gibi mineralleri ve vitamin riboflavin, vit-niasin, vit-tiamin, vit-folat ve provitamin olarak bilinen ve A vitaminine dönüşen β -karoten gibi değerli besin öğelerini ihtiva etmektedir. Nohut çeşitli tüketim alanlarına sahip olup özellikle tane kuru baklagil halinde yemeklik olarak değerlendirilirken bunun yanında humus, leblebi yapımı ve bitki taneleri henüz olgunlaşmadan ise taze çerezlik olarak tüketimi bulunmaktadır. Sap ve samanı hayvan beslenmesinde kullanılan nohutun samanındaki protein içeriği daha yüksektir (Ak ve ark., 2012).

Diğer baklagillerde olduğu gibi nohut yetiştiriciliği tarımsal faaliyetler açısından birçok avantajlar sunmaktadır (Tullu,1996). Örneğin; yetiştirilme sezonu boyunca ihtiyacı olan azotun %80’nini havadaki serbest azottan fikse edebilmekte (Singh ve ark., 2014), kök yapısı sayesinde toprak strüktürünün iyileşmesine katkıda bulunmaktadır. Yüksek adaptasyon kabiliyetine sahip olan nohut toprak ve iklim özellikleri bakımından çok seçici olmaması üretim maliyeti düşürmektedir. Bu özelliklerinin de katkısı ile Asya, Afrika, Avrupa ve Kuzey-Güney Amerika olmak üzere dünya üzerinde geniş bir alanda yetiştiriciliği yapılabilmektedir (Saxena, 1990;

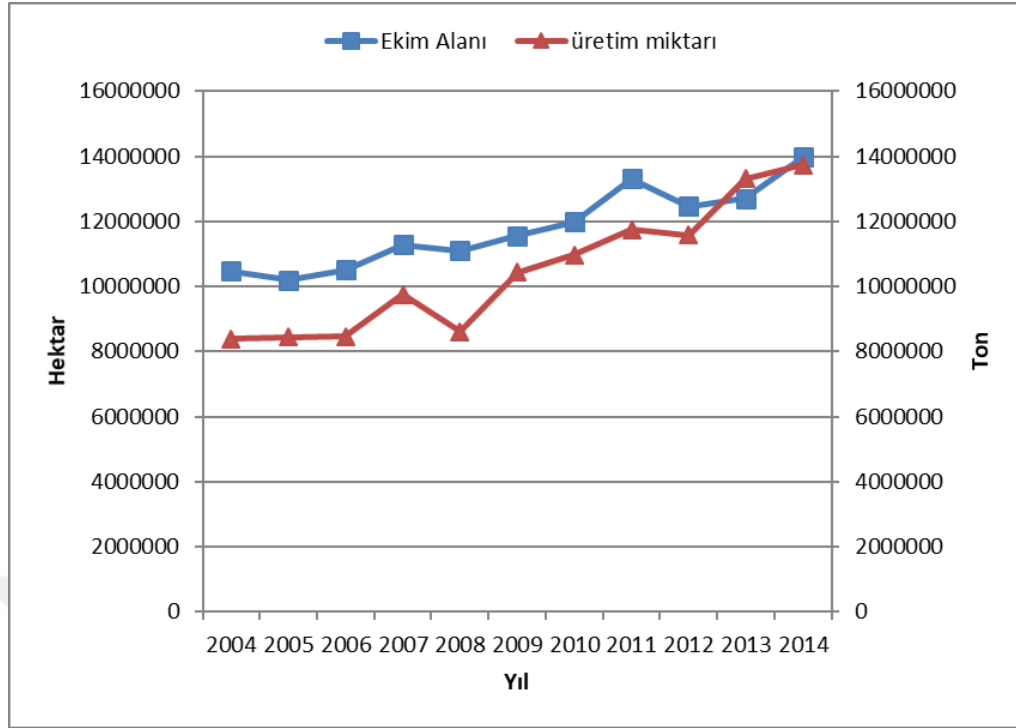
Tullu, 1996). Bunların yanında nohut iyi bir münavebe bitkisidir. Mızrak (2018) münavebenin buğdayda hastalık kontrolünde önemli bir etken olduğunu belirterek özellikle nohut, mercimek ve baklagil yem bitkileri gibi konukçu olamayan bitkilerin buğday yetiştiriciliğinde münavebeye katılmasının önemine değinmiştir. Hastalık kontrolü açısından buğday ile münavebesinde nohut bitki artıklarının buğday ekim alanların da sorun olan kök çürüklüğü hastalığı *Bipolaris sorokiniana*, kök ve kök boğazına etkili olan *Fusarium culmorum* ve yine kök ve kök çürüklüğüne sebep olan *F. graminearum*'un gibi fungal kökenli hastalıkların misel gelişimini (%71.89 oranında) önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir (Demirci ve Dolar, 2003).

Dünyada nohut üretim alanı ve üretim miktarı dalgalanmalar göstermektedir. Nohut verimlilik açısından ortalama %0.95 t/ha ile soya fasulyesi, bakla, bezelye, fiğ, acı bakla ve mercimekten sonra yedinci sıraya yerleşmektedir. Ülkemizde ise ortalama 1.2 t/h'lık verimle altıncı sıradadır. Yıllar içerisinde nohut üretim alanı ve üretiminde bir azda olsa bir yükselme söz konusudur (Şekil 1.1.). Çetin ve Karadeniz 2012'de hazırladıkları rapora göre; bu artışlarda tarım alanlarında meydana gelen teknolojik yenilikler başta olmak üzere, bitki hasadının tam otomatik makinelerle yapılması ve bitki hastalık ve zararlılarına dayanıklı çeşitlerin ıslah yolu ile geliştirilip üretimde tercih edilmesi önemli rol oynamıştır. Küresel anlamda bu artışın yine de verim kapasitesinin altında olduğu kabul edilmektedir (Jendoubi ve ark., 2017). Dünya nohut ekim alanlarında pozitif yönlü dalgalanmalar yaşanmasına rağmen verimde istenilen seviyenin yakalanmasına engel teşkil eden unsurların başında bitki hastalık ve zararlıları, iklim şartlarına uygun çeşitlerin tercihi, bitki hasadındaki teknolojik gelişmeler ve tarımda meydana gelen otomasyonların takibi ve uygulanması gibi unsurlar gelmektedir (Çetin ve Karadeniz, 2012). Özellikle verim kapasitesinde yaşanan bu düşüklüğün ana nedeni kültür çeşitlerinin stres koşullarına hassas olmasıdır.

Nohutta üretiminde sınırlayıcı stres unsurların başında fungal hastalıklar (*Ascochy* yanıklığı, *Fusarium* solgunluğu, *Botrytis* gri küf hastalığı, *Phytophthora* kök çürüklüğü, kuru kök çürüklüğü, *Sclerotnia* gövde çürüklüğü ve pas), böcekler (yeşil kurt, nohut sineği) ve kuraklık ile soğuk stresi olduğu bildirilmektedir (Gaur ve ark.,

2012; Singh ve ark., 2014; Millan ve ark. 2015; Jendoubi ve ark., 2017). Özellikle toprak kökenli hastalıklara sebep olan patojenler ile mücadele oldukça zordur ve önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Bayraktar ve ark., 2007). 55 farklı ülkede nohutta hastalık yapan unsurların araştırıldığı çalışmalarda nohutta fungal olarak 67, bakteri olarak 22, virüs ve mikoplazmanın yanı sıra 80 nematod türü olmak üzere toplamda 172 patojenin hastalığa neden olduğu ve bu etkenlerden birçoğunun ekonomik anlamda öneme sahip olduğu bildirilmiştir (Nene ve ark., 1996).

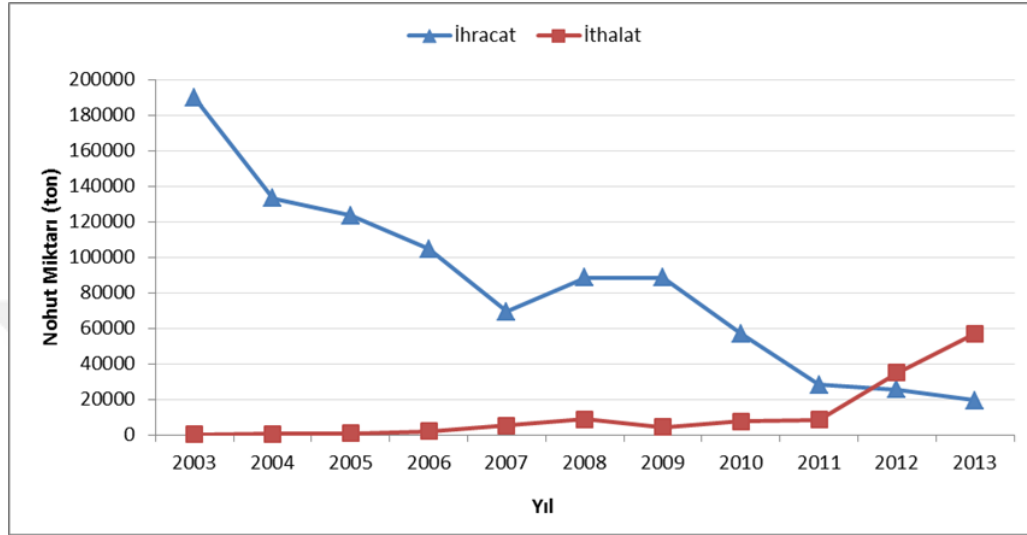
Dünyada nohut tarımı yapılan bütün alanlarda *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*, *Fusarium solani* ve *Rhizoctania solani* bitki genelinde solgunluk ve bitki köklerinde çürüklülük belirtilerine neden olan önemli problemlere sebep olmaktadır (Trapero-Casas ve Jimenez-Diaz, 1985; Haware ve ark., 1986; Jimenez-Diaz ve ark., 1991). Bunun yanında nohut üretimine ket vuran diğer etmenlerin *Fusarium moniliforme*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Macrophomina phaseolina*'nın olduğu bildirilmiştir (Abou-Zeid ve Hallila, 2003; Singh ve ark., 2003). Ülkemizde de nohutlarda solgunluk ve kök çürüklüğüne neden olan etmenlerin ‘‘*Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*, *F. solani*, *F. acuminatum*, *Macrophomina phaseolina*, *F. sambucinum*, *F. equiseti*, *Rhizoctonia solani*, *F. moniliforme* ve *Cylindrocarpon tonkinense*’’nin olduğu saptanmıştır (Soran, 1977; Dolar, 1997; Dolar ve Nirenberg, 1998).



Şekil 1.1. 10 yıllık Periyot İçerisinde Dünyadaki Nohut ekim alanı (hektar) ve üretimi (Ton) (Çetin ve Karadeniz, 2012)

İnsan diyetinde önemli ve sağlıklı bir bitki kaynaklı protein kaynağı niteliğindeki nohut (*C. arietinum* L) yine, ülkemizde de geniş ekim alanlarına sahiptir fakat verimin istenilen miktarlarda olmadığı belirtilmektedir (Çetin ve Karadeniz, 2012). Ülkemizde nohut ekim ve üretiminde bir azalma söz konusudur. TÜİK 2021 verilerince nohut üretimi bir önceki yıla nazaran %24.6 oranında azalmıştır. Bu durum çeşitli faktörlere bağlıdır. Araştırmalar, diğer tarım ürünleri ve baklagillerde olduğu gibi nohutta da bu azalışta ana unsurun girdi fiyatları ve hastalıklardan dolayı yaşanan ürün kayıpları oluşturmaktadır. Ülkemizde nohut üretiminde yaşanan fungal hastalıkların (*Ascochyta* yanıklığı, *Fusarium* solgunluğu) üretimde ciddi kayıplara neden olduğu belirtilmiştir. Nohutta kişi başı tüketim miktarı, 2011/2012 piyasa yılında 5 kg olmuştur. Yeterlilik derecesinde yıldan yıla giderek azalmaktadır. Nohut ihracatımız yıldan yıla düşmüştür. Bunun yanında ithalat ise ihracatın tersine yükselen bir ivme göstermiştir (Çetin ve Karadeniz, 2012) (Şekil 1.2.). Bayraktar (2006) göre ise de; nohut üretimindeki azalışın başlıca nedeni yetiştiriciliği yapılan bölgesel çeşitlerin hastalıklara karşı direnç gösterememesi, çevresel stres koşulları, kuraklık, hastalıklar ve zararlıların yanında hatalı ürün yönetimi olduğunu savunmuştur. Nohut ekim alanlarında

Ascochyta yanıklığından sonra oldukça tahripkâr ve giderek yaygınlaşarak dikkatleri üzerine çekerek yoğun bir şekilde çalışılmaya başlanan nohut solgunluk patojeni *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* (FOC), etmeni ülkemizde önemli ürün kayıplarına sebep olagelen bir patojendir (Dolar, 1997).



Şekil 1.2.10 yıllık periyotta türkiye nohut ihracat ve ithalat miktarındaki değişimler (Çetin ve Karadeniz, 2012)

Nohutta üretimi ve üretimde sürekliliği etkileyen önemli bir hastalık unsuru haline gelen ve etmeni *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* olan *Fusarium* solgunluğu hastalığıdır. Bu hastalık dünya çapında ve ülkemizde nohut üretimini azaltan başlıca etmenlerdendir. Türkiye’de nohut yetiştiriciliği yapılan alanlarının ortalama %40’ı bu etmenle bulaşmıştır ve hastalığın yaygın olarak görüldüğü ekim alanlarında ciddi derecede ürün kayıplarına neden olmaktadır. Patojen ayrıca üretim yapmak üzere kullanılan tohumların büyük bir kısmına da bulaşık durumdadır (Maden, 1987). Türkiye’nin nohut yetiştiriciliği yapılan farklı bölgelerden temin edilen nohut tohumlarında yapılan incelemelerde tohumlarda “*Ascochyta rabiei*, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseolina*, *F. moniliforme*, *F. solani*, *F. equiseti*, *F. sambucinum*, *Fusarium oxysporum* ve *Verticillium dahliae*” ile bulaşıklık tespit etmiştir (Maden, 1987). Bu funguslardan *F. oxysporum* patojenin bulaşık oranı ise %50 olarak tespit edilmiştir. Kocalar ve ark. (2020) ülkemizde nohut ekimi yapılan 37 ilde *Fusarium* solgunluğu hastalığı taraması yapmışlardır. Bu örneklerin ait olduğu 31 ilin izolatları sararma simptomsu gösterirken 4 ile ait izolatlar ise solgunluk

göstermiştir. Çalışmaları sırasında toplanan 422 izolatın 416'sının patojenik olduğunu tespit etmişlerdir.

Fusarium solgunluğu ile mücadelenin zorluğunun ana nedeni tohum ve toprak kökenli bir fungus olması ve olumsuz koşullarda dayanıklı yapı oluşturarak en az 6 yıl toprakta canlı kalabilmesidir (Haware ve ark., 1986). Bu sebeple ürün rotasyonu solgunluk belirtilerini azaltmada etkili fakat yeterli değildir. *Fusarium* solgunluğu hastalığının önlenmesi için uygulanacak entegre mücadele yöntemleri ancak pek çok stratejiyi bir araya getirerek hastalığın önlenmesini sağlayabilmektedir.

Bu stratejiler;

Patojenin popülasyonunu hastalık riski seviyesinin altında tutmak için kimyasalların kullanımı,

Kültürel önlemler (münavebe, enfekte olmamış tohum ekimi, derin sürüm, geç ekim vb.),

Biyo ajanlar kullanarak biyolojik mücadele ve dirençli/tolerant çeşit kullanımıdır (Martin, 2004; Haware ve ark., 1990).

Günümüzde, pestisitlerin kullanımı hem çevreyi kirletmeleri hem de insan sağlığına olan riskleri sebepleri ile sınırlanmaktadır. Bu sebeple genetik olarak dayanıklı çeşitlerin kullanılarak dayanıklı kültür çeşitlerinin geliştirilmesi *Fusarium* hastalığının mücadelesinde kullanılması çevre ve insan sağlığının korunması açısından uygun mücadele yöntemidir.

Dayanıklı çeşit kullanımının nohutta *Fusarium* solgunluğunu mücadele etmek için tavsiye edilen en etkili ve bunun yanında en ekonomik yöntem olduğu bildirilmektedir. Bununla beraber dayanıklı çeşitlerin etkinliği ancak farklı patojen ırklarının varlığı belirlemektedir (Kaiser ve ark., 1994). Bu hastalık ile mücadelede dayanıklı genotiplerin geliştirilmesi, üretimin artması ile birlikte stabilizasyonu sağlamak amacı ile uygulanabilir bir yaklaşım olarak kabul edilmiştir (Kumar ve Haware, 1982; Sharma ve ark., 2014). Ancak dayanıklı kabul edilen çeşitlerin direnç performansları FOC izolatları arasındaki fizyolojik ırkların çeşitliliği nedeniyle

bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir (Sharma ve ark., 2009). Gözlemlenen bu durum ile birlikte araştırmalar yeni gen kaynaklarının tespiti veya doğadaki yakın atalarının hastalığa karşı dayanıklılık durumunun belirlenmesi yönünde hız kazanmaktadır.

Yabani nohutların sonbahardan, yaza süren yaşam döngüsünün olması birçok geni kaybeden kültür nohudu için kullanılabilir bir genetik kaynak olmalarını sağlamaktadır (Saraçoğlu, 2007). Halihazırdaki çalışmalar kültürü yapılan nohut çeşitlerinin daralan genetik temellerini genişletmeye dayalı araştırmalarda yabani nohutların performansları ile ilgi keşifler önem kazanmaktadır (Robertson ve ark., 1997; Singh ve ark., 1998; Berger ve Turner, 2007).

Yabani nohut türleri kültürü yapılan akrabalarına nazaran hastalıklar ve böcekler gibi biyotik ile sıcak ve kuraklık gibi abiyotik unsurlara direnci sağlayan birçok dayanıklı geni taşıdığı bilinmektedir (Muehlbauer ve ark., 1994; Singh ve ark., 1998). Bu bağlamda Güneydoğu Anadolu Bölgesi, diğer birçok tarım ürünü olduğu gibi nohudunda önemli bir gen merkezidir (Ladizinsky ve Adler, 1976). Bölge nohutun melezlenebilir birincil gen havuzunu oluşturan türlerin yaygın olarak bulunduğu bölgedir. Genetik çeşitliliğin artırılmasında ve yeni gen kaynağı olabilecek genotiplerin bulunmasında Güneydoğu Anadolu Bölgesi önemli bir potansiyele sahiptir. Ancak *Fusarium* solgunluğu hastalığının yaygınlığına bakılacak olunursa bu genetik potansiyel yeterince değerlendirilemediği kanaatine varılmaktadır. Dünya gen bankalarında mevcut bulunan nohut genetik kaynaklarının dayanıklılık kaynağı sağlamada yetersiz olduğu gözlemlenmektedir. Sonuç olarak *Fusarium* solgunluğuna tam dayanıklılığı sağlamak için yeni ve uygulanabilir gen kaynaklarının tespitine ihtiyaç duyulmaktadır. Buna ilaveten Türkiye’de tescil edilen nohut çeşitlerinin *Fusarium*’a karşı dayanıklılıkları ile ilgili kapsamlı bir çalışma mevcut bulunmamaktadır.

Bu çalışma ile;

Türkiye’deki tescilli nohut çeşitlerinin *Fusarium*’a karşı dayanıklılıklarının belirlenmesi,

Bazı yabani nohut türlerinin *Fusarium* 'a dayanıklılığının saptanması,
Fusarium 'a dayanıklılığın belirlenmesinde en çok kullanılan metotların hız ve etkinlikleri bakımından karşılaştırılması amaçlanmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Nohut Bitkisi Botaniği ve Yabani Akrabaları Üzerine Yapılan Çalışmalar

Nohut dünya çapında ‘desi’ ve ‘kabuli’ olmak üzere iki ana tip olarak gruplandırılmıştır. Söz konusu olan bu tiplerden ‘desi’ genel olarak Etiyopya ve Hint yarımadasında yetiştirilmekte olup pembe çiçek rengi, yuvarlak ve küçük (12-18 g/100) tohumlu, koyu tane rengi ve sert tohum kabuğu ile karakterize edilmektedir. Yeşil aksamlarının bazı kısımlarında da antosiyanin pigmentasyonu görülmekte olan desi tip nohutların büyüme habitusu dik veya yarı yatık olabilirken bazen de toprak yüzeyine de yayılmış şekilde bir büyüme alışkanlığına sahiptir. ‘Kabuli’ tip nohutlar Kuzey Afrika, Batı Asya ve Güney Avrupa dâhil olmak üzere Akdeniz bölgesinde yetişmektedir. Kabuli (macrosperma) tip nohut morfolojik olarak beyaz çiçek rengi, koçbaşı şeklinde iri taneler (20-60 g/100 tohum), açık tane rengi ve tohum kabuğu pürüzsüz yüzeyli olarak karakterize edilmektedir. Bitki yeşil aksamında antosiyanin bulunmamaktadır ve yarı yatık habitusa sahiptir (Pundir ve ark., 1985; Singh ve ark., 1985).

Dünya genelinde desi ve kabuli nohut tiplerinin üretimdeki payları, sırasıyla %80 ve %20 oranındadır. Kabuli tip nohutlar genellikle ılıman bölgelerde yetişirken, desi tip nohutlar çoğunlukla yarı kurak tropik bölgelerde yetiştirilir (Singh ve ark., 2014). Dünyada Asya, Afrika, Avrupa, Kuzey ve Güney Amerika olmak üzere geniş bir alanda yetiştiriciliği yapılan nohut yetiştirildiği bölgelerde Bengal Gram (Hindistan), Chickpea (İngilizce), Garbanzo (Latin Amerika), Humus, Hamas (Arapça), Shimbira (Etiyopya) ve Nohut, Leblebi (Türkiye) gibi farklı isimlerle adlandırılmaktadır.

Nohut bitkisi *Cicer* cinsi *Leguminosea* familyasına ait, *papilionidea* (kelebek çiçekliler) alt familyasının *Cicereae* takımına aittir. Nohut ile ilgili ayrıntılı taksonomik bilgiler aşağıda verilmiştir (CABI, 2019);

Alem (Kingdom): Bitkiler Alemi
Alt Alem (Subkingdom): *Tracheobionta*
Süper Bölüm (Superdivision): *Spermatophyta*
Bölüm (Division): *Magnoliophyta*
Sınıfı (Class): *Magnoliopsida*
Alt sınıf (Subclass): *Rosidae*
Takım (Order): *Fabales*
Aile (Family): *Fabaceae* (Leguminosae)
Alt Aile (Subfamily): *Faboideae* (Papilionaceae)
Kabile (Tribe): *Cicereae*
Cins (Genus): *Cicer*

Cicer cinsi 9'u çok yıllık ve 35 tek yıllık olmak üzere 44 tür içermektedir (Muehlbauer ve ark., 1994; Toker ve ark., 2021). Bu türlerin çoğu Türkiye, Etiyopya, Pakistan ve Morocco'yu kapsayan Batı Asya ve Kuzey Afrika'da bulunmaktadır. Çizelge 2.1'de tek yıllık ve çok yıllık farklı *Cicer* türlerinin coğrafik dağılımı verilmektedir (Singh ve ark., 2014). Tek yıllık *Cicer* türleri; *C. arietinum*, *C. reticulatum*, *C. echinospermum*, *C. pinnatifidum*, *C. yamashita*, *C. bijugum*, *C. cuneatum*, *C. chorassanicum* ve *C. judaicum*'dir. Burada yetiştiriciliği yapılan tek tür ise ve *C. arietinum*'dur. Nohut bitkisinin progenitörleri ise tek yıllık türlerden *C. reticulatum* iken çok yıllık türlerden ise *C. anatolicum* olduğu öne sürülmektedir (Tayyar ve Waines, 1996). Bunun yanında *Cicer* türleri ki buna yetiştiriciliği yapılan ve yabani türler de dahil olmak üzere, yaşam döngüleri ve morfolojileri göz önüne alınarak dört sınıfta gruplandırılmışlardır (Vander Maesen, 1987). *C. arietinum*, *C. reticulatum*, *C. echinospermum*, *C. pinnatifidum*, *C. cuneatum*, *C. judaicum*, *C. yamashitae* ve *C. bijugum* tek yıllık 8 tür *Monocicer* sınıfına, *C. chorassanicum* ve *C. incisum* çok yıllık türler *Chamaecicer* sınıfına, *Polycicer* sınıfında 23 çok yıllık tür ve *Acanthocicer* sınıfına da kalan 7 odunsu çok yıllık tür dahil olmuştur.

Çizelge 2.1. Tek yıllık ve çok yıllık nohut türlerinin coğrafik dağılımı (Singh ve ark., 2014)

Tür	Coğrafik konum
Tek Yıllık Türler	
<i>C. arietinum</i>	Akdeniz bölgesi-Burma, Etiyopya, Meksika, Şili
<i>C. chorassanicum</i>	Afganistan'ın merkezi ve kuzeyi ve İran'ın kuzey doğu bölgesi
<i>C. bijugum</i>	Türkiye'nin Güneydoğu, Suriye'nin kuzeyi ve Kuzey Irak
<i>C. cuneatum</i>	Etiyopya, Mısır Güney doğu, Sudan Kuzey doğu ve Suudi Arabistan
<i>C. echinospermum</i>	Türkiye Doğu Anadolu, Kuzey Irak
<i>C. judaicum</i>	Filistin, Lübnan
<i>C. pinnatifidum</i>	Kıbrıs, Kuzey Irak, Türkiye ve Sovyet birliği olarak nitelendirilen bölge, USSR
<i>C. reticulatum</i>	Türkiye Doğu Bölgesi
<i>C. yamashitae</i>	Afganistan
Çok Yıllık Türler	
<i>C. acanthophyllum</i>	Afganistan, Pakistan, Sovyet birliği olarak nitelendirilen bölge USSR
<i>C. anatolicum</i>	Türkiye İran, Irak, Ermenistan
<i>C. atlanticum</i>	Fas
<i>C. balcaricum</i>	Kafkaslar (Sovyet birliği olarak nitelendirilen bölge) (USSR)
<i>C. korshinskyi</i> , <i>C. baldshuanicum</i> , <i>C. flexuosum</i> , <i>C. mogoltavicum</i> <i>C. grande</i> , <i>C. incanum</i> , <i>C. laetum</i> , <i>C. paucijugum</i> , <i>C. rassuloviae</i> , <i>C. songaricum</i>	Sovyet birliği olarak nitelendirilen bölge USSR
<i>C. canariense</i>	Kanarya adaları, Tenerife, Palma
<i>C. fedtschenkoii</i>	Sovyet birliği olarak nitelendirilen bölge USSR, Kuzey ve Kuzey doğu Afganistan
<i>C. floribundum</i> , <i>C. heterophyllum</i> , <i>C. isauricum</i>	Türkiye
<i>C. graecum</i>	Yunanistan
<i>C. incisum</i>	Yunanistan, Türkiye, İran, Lübnan, Sovyet birliği olarak nitelendirilen bölge USSR
<i>C. kermanense</i>	Güneydoğu İran
<i>C. macrocanthum</i>	Afganistan, Hindistan, Pakistan, Sovyet birliği olarak nitelendirilen bölge USSR
<i>C. microphyllum</i>	Doğu Afganistan, Tibet, Hindistan, Pakistan, Sovyet birliği olarak nitelendirilen bölge USSR
<i>C. montbretti</i>	Arnavutluk, Bulgaristan, Türkiye
<i>C. multijugum</i> , <i>C. rechingeri</i>	Afganistan
<i>C. nuristanicum</i>	Afganistan, Hindistan, Pakistan
<i>C. oxyodon</i>	İran, Afganistan, Kuzey Irak
<i>C. pungens</i>	Afganistan, Sovyet birliği olarak nitelendirilen bölge USSR
<i>C. spyroceras</i> , <i>C. stapfi anum</i> , <i>C. subaphyllum</i>	İran
<i>C. tragacanthoides</i>	İran, Sovyet birliği olarak nitelendirilen bölge USSR

Nohutta Morfolojik Yapı; *Cicer arietinum* genel itibari ile boyu 1 metreyi geçmeyen kısa habituslu bir bitkidir. Dal yapısı ve toprak yüzeyine bağlı olarak bitki dik, yarı dik, yarı yayılan ve yayılan olmak üzere 4 şekil büyüme alışkanlığı varsayılmaktadır. Bitkide çiçek yaprakları hariç bitki yüzeyini oluşturan diğer kısımlar; kök, gövde, yaprak ve baklalar tüylerle kaplıdır. Bu tüyler bazı çeşitlerde salgı içerirken bazılarının da salgısızdır. Bu salgılar sayesinde bitki emgi yapan zararlılara karşı korunurken köklerde meydana gelen salgılar ise topraktaki besin elementlerinin çözünmesine yardımcı olur (Sajja ve ark., 2017).

Dal Yapısı; Bitki düz eğik veya şekilsiz dallanma gösterebilir ve bu durum hipodermal kollenkimaya bağlı olarak değişmektedir. Nohut bitkisinde birincil ikincil ve üçüncül olmak üzere üç tip dal mevcuttur.

Yaprak; Bileşik yaprak formuna sahip olan nohut bitkisinde yapraklar 3-8 çift yaprakçıktan oluşur. Yaprak boyutları 0.3-1.4 eninde ve 0.6-2.0 uzunluğundadır. Yaprakçıkların yüzeyi salgı tüyleri ile kaplı ve oval şeklindedir.

Kök; Yan kökler oldukça gelişmiş olup kazık köklüdür. Kök yapısı 3 metreye kadar uzayabilmekte ve bitkiyi nem stresine karşı koruyabilmektedir. Bunun yanında köklerde azot fiksasyonu yapabilen simbiyotik bakterileri bulunduran nodüller bulunmaktadır.

Çiçek yapısı; Nohutta koltuksal (axillary) çiçek durumu görülmektedir, her bir koltuktan salkım çiçek oluşur. Salkımlar iki veya üç çiçekten oluşur. Çiçek; çanak yapraklar, taç yapraklar, bayrak yapraklar, kayıkçık, kanatçık, erkek organlar, dişi organ ve çiçek tablasından oluşur. Tam çiçek formunda olan nohut çiçeğinde tozlaşma %0-1 oranında yabancı döllenme gerçekleşebilse de kendine döllenme mevcuttur. Çiçek beyaz, mor, mavi ve pembe renkte olabilir. Beş adet çanak, beş adet taç ila 10 erkek ve bir dişi organa sahiptir (Bal ve Topal., 2021).

Bakla; Döllenmenin ardından 6 gün sonra baklalar oluşur. Bakla büyüklüğü 15-20 mm arasındadır. Her baklada 1-2 tohum bulunur. Bakla yüzeyi tüylerle kaplıdır.

Tohum; Koçbaşı şekli sebebi ile *arietinum* adı verilmiş olan nohut tohumunun yüzeyi genel olarak pürüzsüzdür. Birçok baklagilde olduğu gibi endosperm bulunmaz. Tohum büyüklüğü iklim şartlarına göre değişiklik gösterir.

Nohut yaklaşık 12 000 ila 10 000 yıl kadar önce verimli hilal olarak adlandırılan bölgede buğday, arpa, keten, mercimek ve keçi, sığır, koyun gibi tarım evriminin önemli parçalarından biri olarak kültüre alınmıştır (Whilford, 1997). Bereketli hilalde Türkiye, Irak, İran, Suriye, Lübnan, Ürdün ve İsrail'i kapsayan bölge birçok ürünün olduğu gibi nohutun da ana yurdu ve tarıma alındığı bölgedir (Diamond, 2005). Nohutun insan beslenmesinde kullanılmasına ait ilk kayıtlar M.Ö. 8000 yılında Suriye, Abu Hureyre; M.Ö. 7 500-6 800 Türkiye, Çayönü; M.Ö. 5 450 Türkiye, Hacılar'da elde edilmiştir. Tohum tanesinde yaşanan karbonlaşma sebebi ile arkeolojik kayıtlar azdır. Fakat nohut tarımının Mısır ve Orta doğu da M.Ö. 3 000 yılından itibaren yapıldığı belgelenmiştir (Van der Maesen, 1972). *Cicer* türleri, deniz seviyesinden (örneğin, *C. arietinum*, *C. montbretii*) ve Himalayalardaki buzulların yakınında 5 000 m'nin üzerindeki rakıma (*C. microphyllum*) kadar geniş bir alanda görülebilmektedir (Uncuoğlu ve ark., 2009). Vavilov (1926), nohutun Güney Doğu Asya birincil ve Etiyopya ikincil olmak üzere iki gen merkezi olduğunu savunmuştur. Daha sonra sitogenetik ve tohum proteini analizine dayanarak, Ladizinsky ve Adler (1976), *C. reticulatum*'u nohutun yabani progenitoru ve Türkiye'nin güneyinin de nohutun gen merkezi olduğunu belirtmiştir. Kültür nohudu ile yakın akrabalıkları bulunan *C. bijugum*, *C. chinospermum* ve *C. reticulatum* tek yıllık üç yabani *Cicer* türü Türkiye'nin güneyinde doğal florada bulunmaktadır (Singh ve ark., 2008).

Tek yıllık *cicer* türlerinde melezleme, tohum protein elektroforezi, izoenzimler ve moleküler belirteç kullanılarak genetik çeşitlilik ve akrabalık araştırmaları gibi çalışmalar yapılmıştır (Ladizinsky ve Adler, 1976; Van der Maesen, 1987; Kazan ve ark., 1993; Labadi ve ark., 1996; Sudupak ve ark., 2002; Rajesh ve ark., 2002; Nguyen ve ark., 2004). Bu çalışmalar neticesinde *Cicer* türleri arasında 3 grup oluşturulmuştur. Bunlar; birincil ve ikincil melezlenebilir türler olan *C. reticulatum* ve *C. echinospermum*; ikinci grup *C. pinnatifidum*, *C. judaicum* ve *C. bijugum* içerirken

üçün grup ise çok yıllık türlerin yanında tek yıllık *C. cuneatum* ve *C. yamashitae*'yi içermektedir. Eklenmesi gereken bir diğer konu ise bu türlerin kültürü yapılan nohut ile melezlenebilme olasılıklarıdır. Birincil gen havuzunu oluşturan türler (*C. arietinum*, *C. reticulatum*, ve *C. echinospermum*) kendi içinde başarılı bir şekilde melezlenebilir aynı zamanda ikincil gen havuzunu oluşturan türlerde (*C. bijugum*, *C. pinnatifidum*, ve *C. judaicum*) kültürü yapılan *C. arietinum*'la hibrit bireyleri muaf tutmak koşulu ile melezlenebilmektedir. Bununla birlikte birincil gen havuzu ile ikincil gen havuzu arasında yapılan melezlemeler genellikle kısır (steril) döl oluşturmaktadır. Kültürü yapılan *C. arietinum* ile üçüncü gen (*C. cuneatum*, *C. yamashitae*, ve diğer türler) havuzunu oluşturan türler arasında melezleme gerçekleştirilememektedir (Uncuoğlu, 2009). Kültürü yapılan nohut yabani progenitorü olan *Cicer reticulatum*'dan evrilirken bir dizi dar boğazlar geçirerek kışlık yetiştiricilikten yazlık yetiştiriciliğe geçilmiştir. Bu değişim nohutta genetik çeşitliliğin daralması sonuçlarını doğurmuştur. Yaşanan bu ekim zamanı değişikliği nedenin özellikle *Ascochyta* yanıklığından kaçmak ve ıslahçı davranışları olduğu bildirilmektedir (Kocalar, 2020). Diploid (2N=16) kromozomlu nohut 732 Mbp büyüklüğüne sahiptir (Arumuganathan ve Earle, 1991).

Yarı kurak, sıcak ve ılıman bölgelerin önemli tane baklagil bitkisi ve insan beslenmesinin ana bileşenlerinden birini oluşturan nohutun yetiştiriciliğini kısıtlayan çeşitli etkenler bulunmaktadır. Dünyada ve Türkiye'de nohut verimini ve verimde sürekliliği etkileyen başlıca abiyotik stres unsurları Soğuk ve kuraklık iken biyotik stres unsurları ise hastalık etmenleri ve zararlılardır. Bu unsurlara aşağıda kısaca değinilmiştir.

2.1.1. Abiyotik stres unsurları

2.1.1.1. Soğuk stresi

Nohut Akdeniz havzasında geleneksel olarak yazlık ekim yapılmaktadır. Ancak kışlık ekimlerde uzun büyüme mevsimi ve yüksek oranda nem sayesinde nohut verimi yazlık yetiştiriciliğe oranla yüksektir (Singh ve ark., 2008). WANA (The West Asia

and North Afrika; Batı Asya ve Kuzey Afrika) bölgesi, Avrupa ve Orta Asya’da kışlık veya erken ilkbaharda ekimlerde don stresi ile karşı karşıyadır. Yetiştiriciliğin yapıldığı alan karla kaplı değil ise 0 ila 12°C derece arasındaki sıcaklıklar nohutta soğuk stresine yol açmaktadır (Singh ve ark. 2014). Kışlık ekimde yaşanan soğuk stresinin sebebi günlük ortalama sıcaklığın 15°C derecenin altına düşmesi sonucunda çiçeklenme döneminde çiçek ve baklaların dökülmesine sebep olmaktadır. Bu durum verimi ciddi derecede olumsuz etkilemektedir. Soğuk toleransı sağlayan genlerin eklemeli ve eklemeli olmayan en az beş gen tarafından kontrol edildiği bildirilse de soğuk toleransının tek resesif genle kontrol edildiğini bildirmiştir (Bhardwaj ve Sandhu, 2009).

Yabani *Cicer* türlerinin soğuk stresine yüksek dayanım gösterdiği bildirilmiştir. Soğuk stresinin değerlendirilmesinde 1-9 skalası kullanılmaktadır. Özellikle *C. pinnatifidum*, *C. reticulatum*, *C. echinospermum* ve *C. bijugum* türlerinde önemli derecede soğuk toleransı bulunmaktadır. *C. bijugum* ve *C. reticulatum* türleri 2-3 skala değerini almıştır ve soğuk stresi ıslahı çalışmalarına alınabileceği bildirilmiştir (Singh ve ark., 1995). Kışlık ekim çalışmalarında üzerinde durulması ve atlanmaması gereken önemli konulardan biri de *Ascochyta* yanıklığıdır. Kışlık ekimlerde yüksek oranda zarara sebep olabilecek olan bu hastalık yazlık ekimlerde daha az ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple soğuk tolerans ıslahı çalışmalarında genetik materyal seçiminde *Ascochyta* ve soğuk stresini tolerans bitki seçimi önemlidir.

2.1.1.2. Kuraklık stresi

Nohutta verimi sınırlandıran en önemli ikinci abiyotik stres unsurudur. Çoğu zaman verime etki eden kuraklık terminal kuraklıktır. Erkenci çeşitler erken çiçeklenme ve olgunlaşma özellikleri sayesinde kuraklık stresinden daha az etkilenmektedirler. Uzun kök yapısı da toprak neminden daha iyi yararlanma sağlayarak bu stresten kaçınmayı sağlamaktadır (Singh ve ark. 2014). Yabani *Cicer* genotipleri kuraklık stersinden kaçınmayı sağlayan çeşitli genetik özelliğe sahiptir. Örneğin *C. judaicum* türü erken olgunlaşmaktadır (Robertson ve ark., 1997). Bunun yanında *C. pinnatifidum* ve *C. reticulatum* türleri ise yapılan çalışmalarda kuraklığa

dayanıklılık gösterdikleri belirtilmiştir (Toker ve ark., 2007). Kuraklığa dayanıklılık eklemeli veya eklemeli olmayan gen ile poligenik veya oligenik olarak kontrol edilmektedir. Erken çiçeklenme tek resesif genle kontrol edilirken, geç çiçeklenme dominant gen ile ifade edilmektedir. Bu genlerin haritalanması nohut ıslahçılarına kuraklığa dayanıklılık çalışmalarında büyük katkı sağlayacaktır (Singh ve ark., 2008; Toker ve ark., 2014).

2.1.2. Biyotik stres unsurları

2.1.2.1. *Fusarium* solgunluğu

Dünya çapında nohut üretimini etkileyen en önemli hastalıklardan biridir (Jimenez-Diaz ve ark., 2015). Etmen, *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris*'tir ve epidemi koşullarında %100'lere varan ciddi ekonomik kayıplara sebep olmaktadır (Jendoubi ve ark., 2017). Nohut *Fusarium* solgunluğu hastalığı toplam altı kıtada ve 32 ülkede görülmektedir (Tanyolaç ve ark., 2021). Hastalık ilk olarak Hindistan da tespit edilmiş daha sonra yayılarak Burma, Kaliforniya, Etiyopya ile Malavi, Meksika, Pakistan, Peru ve Tunus ile Türkiye'de de rapor edilmiştir. Günümüzde Asya, Afrika, Güney Avrupa, Avusturalya ve Amerika'daki önemli nohut üreticisi olan ülkelerde nohut üretim bölgelerinde yaygın hale gelmiştir. Butler tarafından 1918'de tespit edilen etmenin etiyolojisi 1940'da Padwick tarafından belirlenmiştir (Jimenez-Diaz ve ark., 2015). Şu ana kadar “0, 1A, 1B/C, 2, 3, 4, 5 ve 6” olmak üzere 8 ırkı tespit edilmiş olan etmen toprak kökenli bir fungus olup hastalıklı bitki artıkları ve tohumla taşınabilmektedir (Cunnigton ve ark., 2007). Etmen, konukçu yokluğunda toprakta canlılığını 6 yıl sürdürmektedir. Hastalık belirtileri bitki büyüme evresinin herhangi bir zamanında ortaya çıkabilir (Haware, 1990). Hastalık belirtileri çok hassas kültür çeşitlerinde ekimden yaklaşık 25 gün sonra ortaya çıkabilirken bazen de ekimden 6-8 hafta sonra çiçeklenme başlangıcında da görülebilmektedir (Jimenez-Diaz ve ark., 2015).

Kök boğazı bölgesinden nohut bitkisine giriş yapan FOC (*Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris*) iletim demetlerinde lokalize olarak melanin oluşturmak suretiyle mekanik

olarak zarar vermektedir. Özellikle ksilemde yaşanan bu tıkanıklık bitkinin su alışverişini engellemekte, solgunluk ve sararmalara sebep olmaktadır (Tullu, 1996). Hastalıkla mücadelede çeşitli stratejiler geliştirilmiştir. Fungusit kullanımı ile topraktaki inokulum seviyesi azaltılabilir. Ancak bu yöntem birim alanda daha fazla getirisi olan çilek, patates ve domates gibi pazar değeri daha yüksek ürünlerde tercih edilmektedir. Yine topraktaki inokulasyon seviyesi bitki rotasyonu ile de azaltılabilmektedir. Bununla birlikte FOC'un konukçu yokluğunda toprakta uzun süre canlılığını sürdürmesi ve aynı zamanda konukçu yokluğunda hiçbir belirti göstermeden mercimek, bezelye, maş fasulyesi, fasulye, bakla, kavun, patates, şeker pancarı, fiğ ve acı bakla gibi bitkilerin köklerini istila edip ve burada lokalize olarak bir sonraki ekim sezonuna geçebilmektedir. Bu geniş bitki yelpazesi göz önüne alındığında ürün rotasyonu etkisi azalmaktadır (Tullu, 1996). Toprak sterilizasyonu, ekim yapılan alanının su altında bırakılması, biyokontrol ajanlarının kullanımı hastalıkla mücadelede kullanılan bazı yöntemlerdir. Fakat her bir yöntemin kendi içerisinde uygulama zorlukları, etkin bir mücadele stratejisi olmayışı ve bunun yanında da ekonomik olmayışı ile ilgili sorunlar bulunmaktadır.

Dayanıklı çeşit kullanımı *Fusarium* solgunluğu hastalığının mücadelesinde en etkili ve ekonomik yöntem olarak görülmektedir (Kaiser ve ark., 1994). Dayanıklı çeşit kullanımının diğer bir önemli avantajı da entegre mücadele açısından diğer hastalık kontrol önlemlerinin etkinliğini arttırmasıdır (Jimenez-Diaz ve ark., 2015). Dayanıklılığın geliştirilmesinin başarısı genetik sistem ve/veya genetik kaynak ile sınırlıdır. FOC'e karşı dayanıklılığı sağlayan genler tekli, ikili, üçlü ve bağımsız gen olarak idare edilmektedir (Jimenez-Diaz ve Jimenez-Gasco, 2011). Dar genetik tabana sahip kültür nohutunun hastalık açısından ıslahında yabani *Cicer* türlerinden yararlanılması çok önemlidir (Singh ve ark., 2014). Dayanıklılığı sağlayan genler daha çok desi tipi olmak üzere; kabuli ve desi tipi yabani nohut formlarında bulunmaktadır (Jendoubi ve ark., 2016).

2.1.2.2. *Ascochyta* yanıklığı

Nohut yetiştiriciliğinde en tahripkâr fungal hastalık olarak bildirilmektedir. *Ascochyta* yanıklığı özellikle ekim mevsiminde serin bulutlu ve nemli havanın devam ettiği ekim bölgelerinde ciddi sorun oluşturmaktadır (Pande ve ark., 2005). Sıcaklık, Yağmur ve rüzgar gibi çevresel etmenler hastalığın yaygınlığı ve patojenitesi üzerinde en büyük etkiye sahip dış unsurlardır (Trapero-casas ve Kaiser, 1992). Hastalığın gelişmesi ve yayılmasında etkili olan unsurlar sıcaklık ve rüzgâr iken epidemilerinin gelişiminde yağmur en ciddi faktördür (Nene ve Reddy, 1987; Akem, 1999). En çok etkilenen bölgeler Hindistan ve Akdeniz bölgesi ile Akdeniz iklimi gösteren bölgelerdir. Hastalık Hindistan, Pakistan, ABD, Avustralya ve Suriye’de epidemiler yapmış salgın oluşturmuştur (Singh ve ark. 2014). Tüm dünyada 37 ülkede rapor edilen hastalık Türkiye’de de önemli kayıplara sebep olmuştur (Can ve ark., 2005; Bayraktar ve ark., 2007). Etmen enfekteli tohumlar hastalıklı bitki artıkları ile taşınmaktadır. Hastalık belirtileri yaprakta yaprak uçlarından başlayan solgunluk ve yaprak lezyonları, gövde kırılmaları sebep olan doku bozuklukları ve tohumda hastalıklara sebep olan pod lezyonları şeklindedir. En önemli tahribatlar gövde ve baklada oluşan lezyonlar sonucu meydana gelen zararlanmalardır (Reddy ve Singh, 1990). *Ascochyta* yanıklığı, nohut bitkisinin herhangi bir gelişme evresinde bitkinin toprak üstünde kalan tüm aksamalarını etkilemekte, dokuların hızla çökmesine sebep olarak nekrotik lezyonların hızla yayılmasını sonucunu doğurmaktadır (Shtienberg ve ark., 2000; Can ve Özkılınç, 2008). Nohut verimini artırmak için ülkemizde yapılan ıslah çalışmalarında istenilen düzeyde gelişmeler sağlanamamasının önemli nedenlerinden birisi *Ascochyta* yanıklığı hastalığı ile mücadelede kimyasal kontrol yöntemleri olumlu sonuç vermemektedir ve hastalık yönetiminde dayanıklı çeşit ıslahı ve bu çeşitlerin ekimi önerilmektedir (Can ve Özkılınç, 2008).

2.1.2.3. Nohutta zarar oluşturan diğer önemli hastalıklar

Nohutta zarar oluşturan diğer iki hastalık ise *Phytophthora* kök çürüklüğü ve *Botrytis* kurşuni küf hastalığıdır;

Phytophthora megasperma etmenin neden olduğu *Phytophthora* kök çürüklüğü özellikle kışlık ekimlerde zarar oluşturarak verimi düşürmektedir (Singh ve ark., 2008) Kök çürüklüğü ile mücadelede dayanıklı çeşit kullanımı çalışmaları kapsamında *C. echinospermum* türüne ait genotipler dayanıklılık göstermiştir (Singh ve ark., 1994).

Botrytis cinerea etmenin neden olduğu kurşuni küf hastalığı önemli yaprak hastalıklarındandır. Hindistan, Bangladeş, Nepal, Pakistan, Avustralya, Arjantin, Myanmar, Kanada, Kolombiya, Macaristan, Meksika, İspanya, Türkiye dahil 15 ülkede yaygındır (Singh ve ark., 2014). Hastalık bitki gelişiminin herhangi bir aşamasında gelişim gösterse de daha çok gölgelik, havanın nemli ve sıcak olduğu zamanlarda ve çiçeklenme döneminde yaygın olarak görülmektedir. Hastalık enfekteli tohumlarla taşınmaktadır (Kocalar, 2020). Kurşuni küf hastalığına karşı dayanıklılık kaynağı *C. pinnatifidum* ve *C. judaicum*'un genotiplerinde gözlenmiştir (Singh ve ark., 1982).

2.1.2.4. Nohut zararlıları

Nohutta zararlı olan nohut yaprak sineği; *Liriomyza Cicerina*, *Bruchidis* (Burukuslar) *Callosobruchus chinensis* ve Yeşil Kurt; *Helicoverpa armigera*'dır.

Yeşil Kurt; *Helicoverpa armigera*, nohuta zararlıları içerisinde en önemlisidir. Asya, Afrika ve Avustralya da çok yaygındır (Singh ve ark., 2014). Öyle ki Asya kıtasındaki zararı yıllık 400 milyon dolar iken ABD de bu zarar 1 milyon dolardır (Sharma ve ark., 2009). Polifag bir böcek olup 182 bitki türü ile beslenebilmektedir. Geniş beslenme yelpazesi bu böcek ile mücadeleyi daha önemli ve güç hale getirmektedir. Dirençli çeşit kullanımı tavsiye edilmekle beraber böceğin sindirim enzimlerinin tam olarak inhibe eden bir dayanıklılık kaynağı bulunamamıştır. *C. bijugum* en yüksek inhibisyon (%36) oluştururken, *C. echinospermum* ve *C. arietinum* ise (%33) daha düşük inhibisyon göstermiştir (Patankar ve ark., 1999).

Bruchidis (Burukuslar); *Callosobruchus chinensis*, depo zararlıları olarak bilinen burukuslar özellikle Akdeniz Bölgesinde önemli bir stres faktörüdür (Singh ve

ark. 2008). Bulaşıklık oranı %13'ü geçtiğinde tahıllarda önemli zarara sebep olmaktadır. Dirençlilik kaynağı belirlemek amacı ile yapılan çalışmalarda *C. echinospermum* ile *C. bijugum*, *C. judaicum*, *C. pinnatifidum*, *C. reticulatum* ve *C. cuneatum*'un bazı genotipleri bruchidlere karşı direnç göstermiştir. Bununla beraber tür arası (melezlemeden) aktarımdan kaynaklanan sorunlar nedeni ile daha çok ilaçlama tavsiye edilmektedir (Singh ve ark., 2014).

Nohut Yaprak Sineği; *Liriomyza Cicerina*, Güney Avrupa, Kuzey Afrika ve Batı Asya'da nohut ekim alanlarında önemli bir zararlıdır. Türkiye'de de önemli ve yaygın bir zararlıdır (İkten ve ark., 2015). Kültür çeşitleri yaprak sineğine karşı dayanıklılık gösterememektedirler. Koyu yaprak rengi ve çok yaprakçıklı mutant *C. reticulatum* genotipleri çok dayanıklı olarak tespit edilmiştir (İkten ve ark., 2015). Bunu yanında *C. cuneatum*, *C. judaicum*, *C. judaicum*, *C. pinnatifidum* ve *C. reticulatum* türlerinde de dayanıklılık tespit edilmiştir.

Yabani *Cicer*'lerin gen kaynaklarının belirlenmesi, toplanması ve değerlendirilmesi dar genetik tabanlı kültür nohutunun ıslah programlarının etkili verimli kullanılmasını garanti etmektedir (Singh ve ark., 2014). Yabani *cicer* türleri biyotik ve abiyotik stres unsurlarına dayanıklılığı sağlayan birçok geni bandırmaktadırlar (Çizelge 2.2.).

Çizelge 2.2. Nohut türlerinin çeşitli biyotik ve abiyotik stres unsurlarına dayanıklılığı

Karakter	Dayanıklılık Kaynağı	Referans
Ascochyta Yanıklığı	<i>C. echinospermum</i> , <i>C. pinnatifidum</i> , <i>C. bijugum</i> , <i>C. judaicum</i> ve <i>C. montbretii</i>	Singh ve ark., 1981,1998
<i>Fusarium</i> Solgunluğu	<i>C. bijugum</i> , <i>C. judaicum</i> , <i>C. pinnatifidum</i> , <i>C. reticulatum</i> , <i>C. echinospermum</i> ve <i>C. cuneatum</i>	Nene ve Haware, 1980, Singh ve ark., 1998
Yaprak sineği	<i>C. chorassanicum</i> , <i>C. cuneatum</i> ve <i>C. judaicum</i>	Singh ve Weigand, 1994, Singh ve ark., 1998
Bruchids	<i>C. echinospermum</i> , <i>C. bijugum</i> ve <i>C. judaicum</i>	Singh ve Weigand, 1994 Singh ve ark.,1998
Kist Nematodu	<i>C. pinnatifidum</i> , <i>C. bijugum</i> ve <i>C. reticulatum</i>	Singh ve ark., 1998

Çizelge 2.2. (devam)

Kurşuni Küf	<i>C. judaicum</i> , <i>C. pinnatifidum</i>	Singh ve ark., 1982
Phytophthora Kök Çürüklüğü	<i>C. echinospermum</i>	Singh ve ark., 1994
Soğuk Stresi	<i>C. bijugum</i> , <i>C. reticulatum</i> , <i>C. echinospermum</i> ve <i>C. pinnatifidum</i>	Singh ve ark., 1990 Singh ve ark., 1995

Nohut, yarı kurak ve sıcak-ılıman bölgelerinin önemli tane baklagillerindendir. İnsan beslenmesinde bitkisel proteinlerin ana bileşenlerinden biridir. Ulusal ve uluslararası birçok araştırma kurumundaki nohut ıslah programları için dayanıklı çeşit geliştirme büyük bir hedeftir. Özellikle verimi arttırma için yapılan birçok ıslah programı kültür nohudunun dar genetik tabanı sebebi ile ilerleyememektedir. Verimi önleyici faktörlerin olası çözümleri ve bu faktörlerin üstesinden gelmenin yolları yabani akrabalar ve yabancı genlerden geçmektedir. Gen aktarma önündeki engellerin aşılması için introgression, mutasyon ıslahının ve spesifik olmayan hibridizasyon stratejilerinin kullanılması genetik tabanın genişlemesini sağlayarak istenilen özelliklere ulaşılmasını sağlayabilecektir (Van Rheenen ve ark.,1993; Tullu, 1996; Singh ve ark., 2014).

2.2. *Fusarium Oxysporum* f.sp. *Ciceris* ile İlgili Çalışmalar

Birçok bitki patojenini kapsayan *Fusarium* cinsi 1809'da Link (Link, 1809; Leslie ve ark., 2006) tarafından tanımlanmıştır. Bu fungus cinsine ait türler birçok bitki, insan ve hayvanda hastalık oluşturmaktadır (Leslie ve ark., 2006). *Fusarium* mantarından kaynaklanan bitki hastalıkları, insanların sosyal hayatı üzerinde önemli etkiye sebep olan önemli sonuçlar doğurmaktadır. Örneğin muzlarda görülen ve Panama hastalığı olarak bilinen *fusarim* solgunluğu (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubens*) 1960'larda muz ticaretinde önemli zarara sebep olmuştur. Buğday başak yanıklığı etmeni “*Fusarium culmorum* (WG Smith) Sacc; *F. graminearum* Schwabe” ABD’de ekonomik zarara sebep olurken bölge çiftçisinin iflasına neden olmuştur. Avustralya yerli pamuk çeşitlerinde görülen *Fusarium* kaynaklı solgunluk ve kök çürüklükleri ciddi zarara sebep olmuştur. *Fusarium* türleri ülkemizde de özellikle Marmara Bölgesi, İç Anadolu Bölgesi, Ege Bölgesi, Karadeniz Bölgesi ve Akdeniz bölgelerinde de rapor edilmiştir. Hastalık tarlada verimi düşürmesinin yanı sıra

kalitede de ciddi azalmaya sebebiyet vermekte ekonomik kayıplara sebep olmaktadır (Özer ve Soran, 1991). Amerikan fitopatoloji derneğinin bildirdiği üzere genel bir ifade ile ekonomik önemi olan yaklaşık 101 bitki türünün yaklaşık 81'i *Fusarium* kaynaklı bir hastalık ile karşı karşıyadır (Leslie ve ark., 2006). Özer ve Soran (1991) Türkiye de içerisinde buğday, pirinç, mısır, nohut, mercimek, pamuk soya fasulyesi, domates patlıcan, biber gibi tarla bitkisi, endüstriyel bitkiler ve sebzegilleri içeren 54 bitki türü incelenmiş ve 28 *Fusarium* türüne rastlanmıştır. Araştırmacılar tüm bitkiler incelendiğinde, *Fusarium* ait birkaç tür dışında, Türkiye'de yaklaşık 60 *Fusarium* tür bulunmasının muhtemel olduğunu belirtmişlerdir.

Fusarium cinsi içinde birçok türü bulunduran geniş bir ailedir. *Fusarium oxysporum*'un tipik özelliği bol miktarda mikrokonidi, makrokonidi ve klamidiospor üretmek ve bunun yanında PDA (patates dekstroza agar) ortamında hızlıca büyümeleridir. *Fusarium* türü morfolojik karakter belirlemede önemli bir araç olan karanfil agarı ortamında özellikle saprofit formlarının bolca spor oluşturduğunun bunun dışında genel itibarı ile bol oluşan makrokonidilerin hilal şeklinde veya düz olduğu ve 3 septalı olduğu belirtilmiştir. Besi yeri, ışık ve sıcaklık gibi dış etkenler pigmentasyonda etkili olmakla birlikte PDA besi ortamında krem, açık pembe ve mor rengine kadar çeşitli renklerde olabilmektedir (Singh ve Gangwar 2017; Rodrigues ve Menezes 2005). Kuzey Kutbundan tropikal iklimlere veya çöl gibi marjinal bölgeler ile özellikle ekim alanlarında görülen bitki ve bitki artığının bulunduğu her toprak bünyesinde görülebilen geniş bir yayılıma sahip genel bir toprak saprofiti olarak ifade edilmektedir.

Fusarium oxysporum hişlerinde oluşan kısa konidiforlar, makrokonidi şekli, mikrokonidi yapısı ile klamidio spor yapısı ve oluşumu gibi belirli bir grup morfolojik kriterlerce tanımlanan anamorfik (eşeysiz üreme sonuncu spor oluşturan fungus) bir türdür. Bu morfolojik kriterler *Fusarium oxysporum* için sınırlayıcıdır fakat önemli morfolojik ve fizyolojik değişikliklerin olduğu göz ardı edilmemelidir. Morfolojik olarak karanfil agarındaki makrokonidiler orta büyüklükte, düze yakın hilal şeklinde, ince duvarlı, üç septalı ve soluk renklidir. Mikrokonidiler septasız, düz veya eliptiktir. Klamidiosporları agar ortamında bolca oluşur, özellikle de saprofit formlarında.

Fusarium oxysporum hem patojenik hem de patojenik olmayan ırkları (şusları) içeren bir türdür. Patojenik formları solgunluğa neden olur ve konak aralığına göre form özelliklerine göre de gruplandırılmıştır. Bu tür ekonomik açıdan çok önemlidir. *Fusarium oxysporum* patojenik ırkları genel itibarı ile bitkilerde vasküler solgunluğa sebep olmaktadır. Meydana gelen bu solgunluğu özetlemek gerekirse; Vasküler solgunluk daha çok bitkinin ksilem damarlarında meydana gelen tıkanıklık ve fungusun burada oluşturduğu ikincil metabolitlerin etkisi ile oluşmaktadır (Gordon ve Martyn, 1997).

Fusarium oxysporum f.sp. *ciceris* nohuta özelleşmiş bir fungustur ve sınıflandırmadaki yeri MycoBank'a göre şu şekilde bildirilmiştir (MycoBank, 2022):

Alem: Fungi

Şube: Ascomycota

Altşube: Pezizomycotina

Sınıf: Sordarromycetes

Alt Sınıf: Hypocreomycetidae

Takım: Hypocreales

Aile: Nectriaceae

Cins: *Fusarium*

Tür: *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris*

Nohutta üretimi engelleyen birkaç hastalık bulunmaktadır ve *Fusarium* solgunluğu en önemlilerden biridir. Anamorftoprak kökenli olan *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* (FOC) nohutta vasküler enfeksiyona neden olmaktadır. (Trapero Casas ve Jimenez Diaz., 1985; Jimenez-Diaz ve ark., 2015). Katma değeri yüksek bir bakliyat olan nohutun kültürü yapılan tek tür olan *Cicer arietinum*'a spesifik olan FOC, Nohutta solgunluğa ve sararmalara sebep olmaktadır (Cunnington ve ark., 2007). Bu mantar sistematiktir ve tohumda dahil olmak üzere enfekte olmuş hemen hemen tüm bitki dokularından izole edilebilir (Haware ve ark., 1996).

Hastalığın gelişimi bitkinin herhangi bir büyüme aşamasında meydana gelebilir. En tipik belirtileri; yapraklarda ani solgunluk, erken evrede kök dışında belirti oluşturmada kök ve gövdenin iç kısmında ksilem boyunca kahverengileşme meydana getirmesidir. Çok hassas bitkilerde ekimden sonra 25 gün içinde yapraklarda yumuşama sarkma ve gevşeme, donuk mat bir yeşil renk tonu ardından kuruma ile birlikte bitkinin ölümü gerçekleşebilir. Bu duruma erken solgunluk (early wilt) adı verilir. Bununla birlikte belirtiler ekimden sonra 6-8 hafta içinde çiçeklenme başlangıcından bakla aşamasına kadar da görülebilmektedir. Bu durum geç solgunluk (late wilt) olarak adlandırılır. Başlangıçta bitkinin üst bölgelerinde belirtiler görülmeye başlar ve daha ileriki zamanlarda ise bitkinin tamamında görülür. Yaprak ve yaprak saplarında solgunluk ve sarkma ile nekrozlar görülür. Bitki ciddi şekilde kurumadan sökülür ve kökü incelenecek olursa kök dışında renk değişikliği gözlemlenmez. Bununla birlikte kök ve gövde dikey olarak bölündüğünde veya bir kesit alındığında ksilem boyunca koyu kahverengileşme gözlemlenir. Fungus sadece *Cicer* spp. nin kültürü yapılan nohuta (*Cicer arietinum*) özelleşmiş (Kaiser ve ark.,1994) olsa da dışarıdan hiçbir belirti göstermeksizin bakla, mercimek, bezelye, fasulye ve bazı dikotiledon yabancı otlarda da görülebilir. Bu bitkiler FOC için taşıyıcı olabilirler (Haware ve Nene, 1982 (b)).

Fusarium oxysporum f. sp. *ciceris* tek bir atadan gelmiş olmasına rağmen kapsamlı patojenik değişkenlik göstermektedir. Duyarlı nohut çeşitlerinde iletim demetlerinde kahverengileşmeyi redükleyen fungus bitkide sararma ve solgunluk olmak üzere iki farklı sendrom oluşturmaktadır. Sararma sendromu yavaş ilerleyen yaprak sararması ve bitkinin uzun vadede ölmesi ile karakterize edilir. Sararmaya sebep olan *Fusarium* izolatların virülenslikleri daha düşük olmasına rağmen bitkilerin bakla bağlamasında önemli derecede azalmaya neden olarak verimde daha yüksek ölçüde azalmalara sebep olmaktadır Tanyolaç ve Ark., 2021; Kocalar, 2020). Sararmaya sebep olan ırklar 0 ve 1B/C ırklarıdır ve inokulasyondan sonra 40 günlük sürede bitkinin ölümüne neden olmaktadır. Solma sendromu hızlı ve şiddetli bir kloroz, sarkma ve bitkinin erken ölümü ile karakterize edilir. Solgunluk belirtileri gösteren izolatlar oldukça agresiftir ve hassas çeşitlerde bir ay kadar kısa bir sürede bitkinin ölümüne sebep olmaktadır. Solgunluğa sebep olan ırklar 1A, 2, 3, 4, 5 ve 6

ırklarıdır ve inokulasyondan sonra 20 gün içerisinde bitkinin öldüğü gözlemlenir (Kocalar 2020; Tanyolaç ve ark., 2021). *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* şu ana kadar sekiz ırkı tanımlanmıştır. FOC ırklarının patotipleri ve coğrafi dağılımları farklılık gösterir. Irk 0 ve 1B/C sararama patotipi gösterirken “1A, 2, 3, 4, 5 ve 6” ırkları da solgunluk patotipi meydana getirirler. Bu patojenik ırklar coğrafik olarak da farklılık göstermektedir.

İrkların yaygın olduğu coğrafik bölgeler;

İrk 0; Amerika (Kaliforniya), İspanya, Etiyopya, Tunus, Meksika, Suriye, Lübnan, İsrail, Irak ve Türkiye

İrk 1A; Fas, İsrail, İspanya, Hindistan ve Kaliforniya

İrk 1B/C Irak, Tunus, Meksika, Kaliforniya, Suriye ve Türkiye

İrk 2 ve İrk 3; Hindistan, Etiyopya ve Türkiye

İrk 4; Irak, Etiyopya ve Türkiye

İrk 5; Irak, Fas, Meksika, İspanya ve Kaliforniya

İrk 6; Fas, İsrail, Meksika, İspanya, Kaliforniya (Halila ve Strange, 1996; Jimenez-Gasco ve ark., 2001; Haware ve Nene, 1982 (a); Bayraktar ve Dolar, 2012; Arvayo-Ortiz ve ark., 2011; Al-Taae ve ark., 2013; Kocalar ve ark., 2019; Tanyolaç ve ark., 2021).

Genetik açıdan FOC dar bir varyasyon göstermektedir; Kapsamlı patojenik çeşitlilik ve coğrafi dağılımlarına rağmen FOC ırkları çok az genetik çeşitlilik gösterir. Öyle ki coğrafi dağılımına bakılmaksızın elde edilen izolatlarda yapılan çalışmalarda izolatların mitokondriyal DNA’ları için aynı RFLP modellemesi kullanılmıştır, aynı vejetatif uyum grubundadır ve B-tubulin, histon 3, aktin ve kalomidin kodlayan genler için özdeş sekanslara sahip olduğu belirlenmiştir (Jimenez-Fernandez ve ark., 2011; Perez-Artes ve ark., 1995; Nogales-Moncada ve ark., 2009).

Vejetatif uyum grubu açısından FOC’a değinilecek olursa; Etmenin eşeysel evresi bilinmemektedir. Aynı türün farklı bireylerin hiflerinin birleştiği yerde heterokaryon form oluşturarak eşeysiz bir üreme şekli göstermektedir (Leslie, 1996). Yoğun havai misel gelişimi olarak gözlenen bu heterokaryon form iki hifin birleştiği

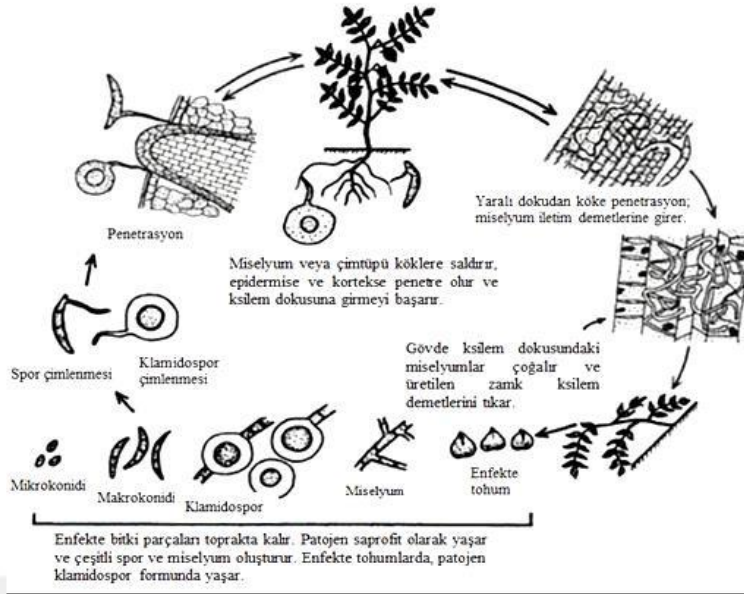
verde anastomoz yapılarak meydana gelir (Leslie, 1996). Anastomoz sonucu oluşan hücre çekirdeklerinde genetik benzerlik var ise bu tip hücreler homokaryon olarak adlandırılırken, hücre çekirdekleri genetik olarak birbirinden farklı bireylerden gelmiş ise bu tip hücrelere heterokaryon olarak adlandırılır (Katan, 1999). Fungal hifler arasında oluşan heterokaryon form stabil ise bu yapıyı oluşturan bireyler vejetatif olarak birbirleriyle uyumlu olup aynı vejetatif uyum grubuna (VCG) dahil edilirken birbirleriyle heterokaryon form oluşturmayanlar ve uyumsuzluk gösterenler ise farklı vejetatif uyum grubuna dahil edilirler (Puhalla, 1985; Correll ve ark., 1987; Leslie, 1996).

Bitki kökünde hastalık yapan fungusların davranışları komplekstir. Davranışlardaki bu değişiklikleri etkileyen faktörler; yoğunluk, inokulum dağılımı, bitki yaşı, konukçu bitkinin dayanıklılığı, hava ve toprak sıcaklığı, toprak nemi, toprağın besin durumu ve bitki yoğunluğu olarak sıralanabilir. Spesifik olarak vasküler mantarlar iletim dokusu içinde yaşayan diğer organizmalara nazaran daha az rekabet ile karşı karşıya olsa da nohutta *Fusarium* solgunluğunun gelişimi, patojenik ırkların saldırganlığı, patojenin topraktaki yoğunluğu, çevre koşulları ve çeşitlerin duyarlılığı etkileyebilir. Nohutta *Fusarium* solgunluğunun toprak sıcaklığı ve inokulum yoğunluğu arasındaki ilişkinin araştırılması adına bir dizi çalışmalar yapılmıştır (ICRISAT 1989; Bhatti ve Kraft, 1992; Navas Cortes ve ark., 2007). Çalışmalarda 10°C ve altındaki sıcaklıklarda hastalığın gelişmediği, yüksek sıcaklıklarda hastalığın nonsimptomatik oluşumlar gösterdiğini, değişen sıcaklık koşullarının klamidio spor sayısında değişikliğe sebep olabileceğinin ve sıcaklığın ırk agresifliği ile ilişkili olabileceğini ortaya koymuşlardır. Bu sonuçlar *Fusarium* solgunluğunun coğrafi bir alandaki potansiyel tehlikesini; toprakta sıcaklığına, topraktaki ırk ve inokulum yoğunluğuna ve çeşitlerin duyarlılığına bağlı olarak tahmin etmek için kullanılabilir (Jimenez-Diaz ve ark., 2015).

F. oxysporum f. sp. *ciceris*, toprakta klamidiospor aracılığı ile bitki dokularında veya serbest halde toprakta uzun yıllar canlı kalabilmektedir. Toprak kökenli fungusların oluşturduğu dayanıklı bu klamidiospor yapısı diğer fungal yapılara nazaran daha fazla enfeksiyon yapma yeteneğindedir (Akhter, ve ark., 2016). Özellikle

enfekteli toprakta bulunan klamidio sporlar *Fusarium* solgunluğu için birincil inokulum noktasıdır. Ağır bünyeli topraklar fusariumun yaygınlığı için diğer bir etkendir. Her gram topraktaki kil yüzdesi ile *Fusarium* solgunluk propagulleri ile ters orantılıdır (Tullu, 1996). İn vitro koşullarda fungusun büyüüp gelişmesi için optimum koşullar, sıcaklık 25-27°C derece ve pH 5.1-5.9 arasındadır (Duro Almaz, 2000).

Fungus bitkiyi hastalandırmak üzere içine giriş yapması için mekanik bir açıklık bulunmasına gerek yoktur. Klamidio sporların çimlenmesi toprakta bulunan konukçu (nohut) veya konukçusu olmayan (mercimek, bezelye gibi...) bitkilerin çimlenmesi ile gelişen köklerden salgılanan kök salgıları ile başlar. Penetrasyon için kotiledon ile epikotil ve hipokotil bölgelerinden ve daha az da kök uzama bölgesinden bitkiye giriş yapar. Bitki bünyesine giriş yapan fungus kök silindrine ulaşmak birincil meristeme ilerler ve burada ksileme girebilmek için kök korteksi (Epidermis ile merkezi silindir arasında kalan kök bölgesi) içerisinde hücre içi boşluklarda büyür. Daha sonra ksileme giriş yapan fungus burada kolonileşerek ksilem boyunca yukarı doğru ilerler. Patojen daha hızlı ve fazla miktarda kolonizasyonu enfekte olan komşu damarlara yayılan lateral misellerde oluşan hipalar ve damar akımı sayesinde ilerleyen mikrokonidialar olur. Daha sonra sistemik olarak ilerlemeye devam eden fungus tohumu enfekte edebilir. Bitkinin tüm dokularını istila eden fungus bitkinin su iletimini engellediği için bitkinin ölümü ile sonuçlanan stoma kapanması, bitki solması sarkması gibi belirtilere neden olur. Bu sayede fungusun hayat döngüsü de tamamlanmış olur (Şekil 2.1.). Etmen bir sonraki üretim sezonunda enfeksiyon oluşturmak üzere dayanıklı klamidiospor oluşturarak bitki artıklarında olumsuz çevre koşullarını geçirmek üzere bekler.



Şekil 2.1. *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris*'in hastalık döngüsü (Jalali ve Chand, 1992; Kocalar, 2020)

Özellikle FOC tarafından meydana getirilen solgunluk simptomunda sebep fungusun ksilem boyunca meydana getirdiği mekanik zarardır. Ksilemde kolonize olan fungus buradaki faaliyetleri sonucunda oluşan miselyumlar, solgunluk toksinleri ya da hidrolik enzimler damar boyunca tıkanıklığa sebep olmaktadır. 1957'de Paquin ve Waygood tarafından tanımlanan bu toksinlerin lycomarasmin ve fusaric asid olduğu belirtilmiştir. Fusaric asit; bitkide terlemeyi redükler ve iletim demeti boyunca bir çeşit çizi açılmasına sebep olur (Paquin ve Waygood, 1957; Tulu, 1996). Damar solgunluklarının tanılmal simptomları damar renksizleşmesi (renk bozulması) veya kahverengileşmedir. Kahverengileşme konukçu parankima hücresindeki koyu melanin pigmentinin birikmesi hem fenolik hem de polifenoloksidaz ve diğer enzimlerin aktivitelerindeki bir artıştan kaynaklanmaktadır.

Nohutta *Fusarium* solgunluğu ile mücadele son derece önemlidir. *Fusarium oxysporum* dünya çapında %10-40 arasında değişen önemli ekonomik kayıplara sebep olmaktadır (Bayraktar ve Dolar, 2012). Örneğin hastalıktan ötürü yaşanan yıllık verim kayıplarının kabaca Hindistan ve İspanya'da gibi ciddi nohut üreticisi ve ithalatçısı ülkelerde %10-15, (Trapero-Casas ve Jimenez-Díaz, 1985) ve Tunus'ta %40 (Bouslama, 1980)'tır, ancak toplam ürün kaybının şiddetli salgın yıllarında % 70'e

çıkabilmektedir (Halila ve Strange, 1996). Öte yandan patojenin gelişmesi için uygun çevre koşulları *Fusarium* solgunluğu hastalığının epidemi yapmasına verimi önemli ölçüde, %100'lere (Halila ve Strange, 1996; Landa ve ark., 2004) varacak seviyede düşmesine sebep olmaktadır (Farahani ve ark., 2015). *Fusarium* solgunluğu, tohum ağırlığını azaltarak da verimde düşüslere sebep olur (Haware ve Nene, 1980; Navas-Cortes ve ark., 2000). Erken solmanın (%77-94) geç solmaya (%24-65) göre daha fazla verim kaybına neden olduğu bildirilmiştir, ancak geç solmuş bitkilerden elde edilen tohumların sağlıklı bitkilerden elde edilenlerden daha hafif, pürüzlü ve mattır (Haware ve Nene, 1980).

Etmen toprakta nohut artıklarında 6 yıl hayatta kalabilmekte ancak semptom göstermeksizin dikotiledon yabancı otların köklerinde ve bazı kültür bitkilerinin köklerinde de kolonize olarak hayatta kalabilmektedir (Singh ve ark. 2007). Bu durum fungusun daha da uzun yıllar hayatietini sürdürmesine olanak tanır. Fungusun taşınmasında ve yayılmasında yabancı otların yanı sıra enfekteli tohumlar hastalığın taşınma ve yayılma kaynaklarındandır. Tohumun hilum bölgesinde klamidio benzeri yapılarla uzak mesafelere taşınan fungus kısa mesafelerde de insan faaliyetleri, makine, su ve rüzgar yolu ile de taşınmaktadır (Haware ve ark., 1996; Pande ve ark., 2007). Söz konusu bu hareketlilik hem mücadelenin zorluğunu hem de önemini arttırmaktadır.

Bu hastalıkla mücadelede temel olarak;

- (i) patojen içermeyen temiz tohumluk kullanımı,
- (ii) hastalıkla bulaşık yada yüksek riskli alanlarda üretimden kaçınılması,
- (iii) toprakta bulunun hastalık inokulumunun azaltılması veya yok edilmesi,
- (iv) ekimden önce veya ekim sonrasında yaşanan hastalık durumları, için biyolojik kontrol ajanlarının kullanılması,
- (v) bitkide enfeksiyon lehine sebep olacak durumların önüne geçebilmek için uygun yetiştirme koşullarını uygulamak,
- (vi) üretimde direnç seviyesine bakılmaksızın dirençli çeşitlerin kullanılması, yöntemleri uygulanmaktadır.

Kültürel mücadele yöntemlerinin tek tek veya birlikte kullanılarak yapılan yönetime rağmen *Fusarium* solgunluğu ile mücadele oldukça zordur. Bu zorluk hem toprak kökenli bir patojen olan fungusun yapısından dolayı hem de mücadele yöntemlerinin meşakkatli ve uzun zaman almasından dolayıdır (Jimenez-Diaz ve ark., 2015). Nohutta *Fusarium* solgunluğu tek döngülü olduğu için iyi bir mücadele yöntemi tercih edilmelidir. Bu yöntemlere dair uygulamalar aşağıda belirtilmiştir:

(i) Patojen içermeyen temiz tohumluk ve tarımsal araç gereç kullanımı; Birçok *Fusarium* türünde üretim için kullanılan enfekteli bitki materyali (tohum, vejetatif bitki aksamı, aşı gözü, vb.) hastalığın yayılmasına sebep olmaktadır. Nohut *Fusarium* solgunluğunda da özellikle hastalık görülen alanlardan temin edilen tohumlarda, tohumun hillium bölgesinde kışlamakta olan klamidiosporlar üretimin yeniden başlaması ile enfeksiyona sebep olmaktadır. Bu sebeple özellikle hastalığın görüldüğü alanlardan temin edilen tohumluk kullanılmamalıdır. Yine bu açıdan tarımsal araç gereçlerinde dezenfeksiyonu önem arz etmektedir. Bitki rotasyonu, toprak kaynaklı bitki patojenlerine karşı en eski kontrol önlemidir ve birçok hastalığa karşı etkilidir (Baker, 1981).

(ii) Yüksek riskli alanlarda ekim yapılmasından kaçınmak; üretim yapılacak olan alanın/tarlanın hastalık öyküsünün bilinmesi yetiştiriciliği yapılacak olan ürünün seçiminde konukçu olup olmaması faktörünü belirlemede önem taşımaktadır. Nohutta *Fusarium* solgunluğu hastalığı yönetiminde inokulum yoğunluğu yüksek olan bir alanda bu fungusun konukçusu olan bitkiler yetiştirmekten kaçınmak yoğunluğun düşmesine olanak tanımaktadır.

(iii) Toprakta inokulum seviyesini azaltılması veya yok edilmesi; bu durum üç yolla sağlanabilir.

- Kimyasal metot
- Fiziksel metot
- Organik değişiklikler

Kimyasal metotlar olarak; Metil bromid ve türevi geniş spektrumlu fumigantlara ile yapılan toprak sterilizasyonlarında başarı sağlanmıştır. Ancak kimyasalların etkinliği etkin fümigasyon derinliğinin altındaki katmanlarda patojenlerin hayatta kalabilirler. Diğer taraftan metil türevi kimyasallar toprakta ciddi bir biyobozunmaya sebep olmakta ve ozon tabakası üzerin zararlı etkileri olmaktadır. Ayrıca ekonomik açıdan da çok fazla tercih edilmemektedir.

Toprak sterilizasyonu için kullanılan fiziksel metotlar toprak solarizasyonu, su baskını, sanitasyon olarak sıralayabiliriz. Solarizasyon, nemli topraklarda toprak yüzeyinin polietilen bir örtü ile kaplanarak yüksek sıcaklı ve yoğun güneş ışması sonucu toprak sıcaklığının artırılarak toprağın sterilizasyonu ilkesine dayanır. Çalışmalar pamukta sararma ve solgunluğa sebep olan *F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum* ve *Verticillium dahliae* ye karşı yapılan solarizasyon işlemlerinde toprak derinliğine göre değişmekle birlikte %94 ila %100 arasında başarı sağlandığını göstermiştir (Katan ve ark., 1976). Bu yöntem küçük alanda daha yüksek gelir elde edilen örneğin çilek veya sera ürünleri gibi ürünlerde daha çok tercih edilmektedir.

Su baskını yöntemi toprak topraktaki O₂ seviyesini düşürüp CO₂ miktarını yükselterek toprak kökenli funguslarla mücadele yöntemidir. Bu yöntem için verilecek en güzel örnek Panama muz solgunluğu hastalığıdır. Bölge de yaşanan sel felaketi ile *F. oxysporum* f. sp. *cubense* seviyesinin düştüğü belirlemiştir (Stover, 1960). Bu mücadele metodu çok yağış alan bölgelerde uygulanabilir bir yöntemdir.

Sanitasyon topraktan inokulum kaynağı olabilecek bitki artıklarının yok edilmesidir. Örneğin, toprak yüzeyinde kalan artıkların yakma ile yok edilmesi bir sanitasyon uygulamasıdır. Bununla birlikte anız yakma toprak mikrobiyolojisi üzerine ciddi tahripler vermektedir

(iv) Nohutta *Fusarium* solgunluğu için biyolojik ajan kullanımı mücadele tekniği ileri bir basamak olarak düşünülebilir (Aydın, 2019). Özellikle *Trichoderma*'lar biyolojik mücadelede uygulamalarında en çok tercih edilen antagonistlerdir. Kontrollü şartlarda *T. viride* ile *T. harzianum* ait izolatlarının *F. oxysporum* f. sp. *ciceris*'in misel

gelişimini ciddi anlamda azalttığı, bitki gelişimi açısından kök ve gövde büyümesini teşvik ettiğini ve bitkide solgunluk oranını azalttığı görülmüştür (Harman, 2000).

(v) *Fusarium* solgunluğunun gelişiminde sıcaklık, besin maddesi ve toprak pH'sı gibi çevresel faktörler önem arz etmektedir. Uygun ekim koşullarının tercihi ile hastalıkla mücadeleye katkı sunmaktadır. Akdeniz çevre koşullarında ekim tarihinin ilk bahardan kış mevsime çekilmesi ile büyüme evresinde toprak sıcaklığının düşük olması ile salgın gelişmesini önlemede katkı sağlamıştır (Landa ve ark., 2004).

(vi) Dayanıklı çeşit kullanımı; Çalışmalar nohutta *Fusarium* solgunluğu hastalığı ile mücadele için en etkili ve ekonomik yöntemin dayanıklı çeşit kullanımı olduğunu belirtmektedir (Jimenez ve ark., 2015; Kaiser ve ark., 1994; Infantino ve ark., 1996). Dayanıklı çeşit kullanımı aynı zamanda çevre dostu bir yaklaşım olup uygulanabilir bir hastalıkla mücadelede stratejisidir. Son yıllarda birçok ülkede birçok araştırmacı tarafından *Ascochyta* yanıklığı, *Fusarium* solgunluğuna ve soğuk stresine dayanıklı nohut çeşitleri geliştirmiştir (Haware ve ark., 1992; Infantino ve ark., 1996). Yine ICARDA bünyesinde *Fusarium* solgunluğuna direnç için taranan 5174 kabulü tipi nohut gen kaynağında 110 hat dirençli olarak tespit edilmiştir (Singh ve ark., 1997; Jendoubi ve ark., 2017). Kabulü tipi nohut çeşidine ait hat ILC 9784 (0,1A ve 5 ırklarına); ‘‘ILC 9785, ILC 9786, FLIP 86-93C, FLIP 87-33C ve FLIP 87-38C’’ (0 ve 1A ırklarına) ve hattı ise CA-2954 (0 ve 5 ırkına) yine yüksek dirençli olarak tespit edilmiştir (Jimenez-Diaz ve ark., 1991; Singh ve ark., 1996; Rubio ve ark., 2004). Ulusal ve uluslararası merkezlerde ıslah programları, *Fusarium* solgunluğuna dayanıklı birkaç nohut çeşidi geliştirmişlerdir. Ancak bu çeşitler, solgunluk patojeni bölgeye özgü ırkların bulunması nedeniyle farklı bölgelerde yetiştirildiğinde aynı direnç seviyesini göstermez. Dayanıklı çeşitlerin dayanıklılık performansları patojen ırklarının varyasyonlarının oluşumu ile belirlenir (Infantino ve ark., 1996; Kaiser ve ark., 1994).

Ülkemizde de *Fusarium* solgunluğu ve dayanıklılık çalışmaları yapılmaktadır. *Fusarium oxysporum* moleküler tanılanması ile ilgili çalışmada Dolar (2006), Türkiye'nin 15 ilinden temin edilen izolatlarda RAPD markörleri ile karakterizasyon

yapmıştır. Çalışmaları sonucunda mevcut izolatların 3 ana gruba ayrıldığı rapor edilmiştir (Dolar, 2006). Yerli nohut çeşitlerin dayanıklılık durumunun tespiti için yapılan bir başka çalışmada tescilli nohut çeşitlerimizden Aydın 92, Küsmen, İzmir 92, Uzunlu 99, Canitez 87, Diyar 95, Sarı 98, Menemen 92, ILC 195/2, ILC 482, Cevdet Bey, Damla 89, Aziziye 94, Akçin 91, Er 99, ve Gökçe, olmak üzere 16 çeşidin gösterdikleri reaksiyon belirlenmiştir. Çalışma sonucunda İzmir 92, Diyar 95 ve Gökçe çeşitleri birer ırka dayanıklı ve 3 ırka orta dayanıklı reaksiyon göstererek taraması yapılan tescilli çeşitler içerisinde FOC'a en dayanıklı çeşitler olarak belirlenmiştir. ILC 482 ve Uzunlu 99 ise bu taramada en hassas çeşitler olarak belirlenmiştir (Martin, 2004). Tanyolaç ve ark. (2021), FOC'un 0 ve 2 nolu ırklarına karşı *Cicer reticulatum* genotipine ait 116 ve *Cicer arietinum*'a ait 201 genotiple dayanıklılık çalışması yapmışlardır. Çalışmada FOC 0 ırkına karşı *Cicer reticulatum*'a ait genotiplerin 107 adeti dayanıklı, 9 adetini dayanıklı/tolerant olarak tespit edilmiştir. Testlenen *Cicer arietinum* genotiplerinden 165 genotip dayanıklı, 22 genotip tolerant olarak tespit edilmiştir. Aynı çalışmada FOC 2 ırkına karşı yapılan dayanıklılık taramasında ise *Cicer reticulatum* türlerinden 2 adet dayanıklı, 2 adet dayanıklı/tolerant, 3 adet tolerant, 55 tolerant/hassas olarak tespit edilmiştir. *Cicer arietinum* türlerinden 8 dayanıklı, 23 dayanıklı/tolerant, 31 tolerant, 76 tolerant/hassas ve 63 hassas genotip tespit edilmiştir.

Dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi *Fusarium* solgunluğu hastalığı ile mücadelede, üretimde verimin artması ve üretim stabilizasyonu için tercih edilmesi gereken en ekonomik ve süreklilik açısından önem arz eden bir bakış açısı olduğu kabul edilmektedir (Sharma ve ark., 2014). FOC izolatlarının fizyolojik ırklarının varyasyonu dayanıklı olarak belirlenen çeşitlerin başarısını etkilemekte ve fizyolojik ırkların bulundukları bölgelerde değişiklik göstermektedir (Sharma ve ark., 2009). Doğadaki yabani atalar *Fusarium* solgunluğuna karşı dayanıklı genlerin bulunmasında önemli kaynaklardır. Bu genotiplerin belirlenmesi ve melezleme çalışmalarına alınması önem arz etmektedir.

Yabani nohutların stres koşullarına doğal bir dayanıklılık göstererek direnç açısından birçok geni seleksiyon sürecinde kaybeden kültür nohodu için uygulanabilir

bir genetik kaynak olmasını sağlamaktadır (Saraçoğlu, 2007). Günümüzde yetiştiriciliği yapılan kültür çeşitlerinin genetik temellerinde varyasyonu arttırmaya dayanan çalışmalar yapılmaktadır ve bu çalışmalarda yabancı nohutların performansı ile ilgi keşiflerin önemi artmaktadır (Robertson ve ark., 1997; Singh ve ark., 1998). Yabancı nohut türlerin kültürü yapılan çeşitlere göre hastalık, böcek, sıcak ve kuraklığa dayanıklılığı sağlayan çeşitli genleri taşıdığı bilinmektedir (Muehlbauer ve ark., 1994; Singh ve ark., 1997). Türkiye yabancı *Cicer* türlerinin yaklaşık %25'nin yayılım gösterdiği bir coğrafyaya sahiptir Davis, 1973). Güneydoğu Anadolu Bölgesi, nohut için önemli bir gen merkezi niteliğindedir (Ladizinsky ve Adler, 1976) ve bu bölge nohutun birinci derecede melezlenebilir yaygın olarak doğal florada bulunması nedeniyle, genetik çeşitliliğin artırılması ve yeni gen kaynağı olmasında önemli bir gen havuzu potansiyeline sahiptir. Dünya gen bankalarında mevcut bulunan nohut genetik kaynaklarının yeterli olmadığını bildiren çalışmalar göz önüne alındığında *Fusarium* solgunluğuna tam direncin sağlanması için yeni gen kaynaklarının belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Nohut bitkisinde hali hazırda üretimi yapılan çeşitlerin genetik tabanları dardır. Bu durum özellikle nohut iyileştirme programlarında verimi yüksek, biyotik ve abiyotik stres unsurlarına dayanıklı gibi iyi özellikler içeren çeşitlerin geliştirilmesi önünde engel teşkil etmektedir. İlkel çeşitler (köy popülasyonları gibi) ve yabancı çeşitler arzu edilen argonomik özellikler için daha geniş bir genetik çeşitliliğe sahiptir. Ve bu konuda oluşturulacak ıslah programları için geniş bir taban oluşturur. (Hawkes, 1977; Van der Maesen ve Pundir, 1984). Yabancı çeşitlerden istenilen genlerin kültürü yapılan çeşitlere aktarılmasında yaşanabilecek aksaklıkların giderilmesi için Van Rheenen ve ark., (1993) türler arası melezleme veya geniş melezleme tavsiye etmişlerdir. Yabancı türler kültürü yapılan türler için genetik varyasyonun artması ve direnç genlerinin kullanılması için potansiyel bir araç niteliğindedir.

Hastalığın doğru teşhisi mücadelesi için esastır. Patojen tanımlamadaki ilerlemeler sayesinde hastalığın teşhisi daha kolay hale gelmiştir. Bununla beraber toprak kökenli hastalıklarla mücadele genel itibari ile zordur. Sadece kimyasal kullanımı toprak kaynaklı hastalıklarla mücadelede etkin bir başarı sağlamamaktadır.

Toprak kökenli hastalıklarda mücadele etkin yöntem entegre mücadele yöntemi ile olabilmektedir (İnfantino ve ark., 2006).

Hastalıklarla mücadelede en güvenli yöntem (Johnson ve Jellis, 1992) olan dayanıklı çeşit kullanımı temel basamağı etkin ve güvenilir bir dayanıklılık taraması yapılmasına bağlıdır. Dayanıklılık taramasının başarısı aşağıdaki etkenlere bağlıdır;

- Büyük/Çok sayıda ve çeşitli bir genotip koleksiyonunun kullanılmasına,
- Bitki ve patojenin; biyolojisi, değişkenliği (varyabilitesi), konukçu-patojen ilişkisi, genetik yapı, coğrafik dağılım gibi bilgilerin bilinmesine,
- Tam ve doğru bir tarama tekniğinin kullanılmasına bağlıdır (İnfantino ve ark., 2006).

Bitkilerin dayanıklılığının belirlenmesinde yapılan taramanın etkili olabilmesi için bitkilerin inokuluma maruz kaldığı doğal çevre koşulların doğru bir şekilde simülasyonu gereklidir. Bitki ve patojen için inokulasyon ve inkübasyon koşulları belirlenmeli ve uygulanmaya aktarılmalıdır. Bu sayede dirençli ve duyarlı genotipler kolaylıkla ayırt edilmesi sağlanabilir (İnfantino ve ark., 2006).

Toprak kaynaklı hastalıkların değerlendirilmesindeki başlıca kısıtlamalardan biri toprakta mevcut olan diğer patojenin olası etkileri ile bitkideki görülen semptomların ifadesinin değişebilmesinden kaynaklıdır. Bu durum göz önüne alındığında invitro ortamlar hastalık ve bitki açısından kontrolü şartlar sağladığı görülmektedir. Bu sayede, toprakta mevcut olan diğer patojen etkileri minimuma indirilerek hedef patojenin semptomları daha net görülebilmektedir. Bunun yanında sera veya büyüme kabinlerinde yapılan çalışmalar yıl boyunca mevsimden bağımsız bir şekilde ve fitopatojenik mikroorganizmalarla etkileşime girmeden tarama yapılmasına olanak sağlamakta ve özellikle taramanın hızlandırılmasını sağlayarak gerek duyulduğunda birkaç defa tekrarına olanak sağlamaktadır. Bu sayede dayanıklılık taramalarında kısıtlamalara sebep olan mevsimin uygunluğu ve inokulasyon süresi gibi sorunlar ortadan kalkmaktadır.

FOC ırklarına karşı dayanıklılık desî ve kabûlî tiplerine ait nohutların gen kaynaklarında ve yabani *Cicer* spp. türlerinde tespit edilmiş olmasına rağmen, (İnfantino ve ark., 1996) dirençli çeşitlerin birçoğunun, direncinde bozulma ve patojende değişkenlik gelişmesi nedeniyle, birkaç yıl sonra yeniden *Fusarium* 'a karşı duyarlı hale geldiği bulunmuştur (Belaidi, 2016). Bu durum yeni gen kaynaklarının ve doğadaki yabani akrabaların önemini daha da arttırmaktadır. Nohut cinsine ait yabani türlerde *Fusarium* ırklarına karşı dayanıklılık taramaları yapılmıştır. Bu çalışmalarda, Nene ve Haware (1980) *C. judaicum* ırk 1'e karşı (21); Kaiser ve arkadaşları (1994) "Cicer bijugum, *C. cuneatum* ve *C. judaicum*" FOC 5 ırkına karşı dayanıklılık gösterirken, *C. canariense*, *C. cuneatum*, *C. judaicum*, *Cicer bijugum*, *C. chorassanicum*, *C. pinnatifidum*" ise ırk 0'a karşı dayanıklılık gösterdiğini tespit etmiştir (Kaiser ve ark., 1994).

Fusarium oxysporum f. sp. *ciceris* ırkları farklı virülensliklere sahiptir. ırk 0 en düşük virülenslik gösterirken ırk 5 en yüksek virülenslik düzeyine sahiptir (Kaiser ve ark., 1994). Çeşitli araştırma merkezleri yabani nohut genotiplerini stres koşullarına dayanıklılık açısından değerlendirmektedirler. ICARDA 1989 yılından beri yabani türlerdeki kist nematodu ve soğuğa dayanıklılık genlerini kültür çeşitlerine aktarma çalışmaları yapmaktadır. Tek yıllık *cicer* türlerinde *Ascochyta* yanıklığına, nohut yaprak böceğine (*Liriomyza cicerina*) ve soğukluk stresine dayanıklılık gösteren genotipler tespit etmişlerdir. (İnfantino ve ark., 1996) ICRISAT, desî tipi nohut gen kaynağına ait 13500 hattında (accession) hastalık parselinde tarama yapılmıştır ve 165 ana kaynak dayanıklı tespit edilmiştir (Haware ve ark., 1992).

Bunun yanında, Kaiser ve ark. (1994) yabani *cicer* türlerinde yaptıkları çalışmada; en yüksek dayanıklılık seviyesini *C. bijugum* da tespit etmiş iken en düşük dayanıklılık seviyesi *C. yamashitae* de tespit etmişleridir. *C. echinospermum*, *C. judiacum*, *C. pinnatifidum* ve *C. reticulatum* ise orta seviyede dayanıklılık göstermiştir (Kaiser ve ark., 1994). Yabani genotiplerin melezlenmesi ile elde edilen pirimer (birincil) hatlar *Fusarium* karşı dayanıklılığı önemli seviyededir. (Kaiser ve ark., 1994; Kuar ve ark., 2014). *C. arietinum* ve *C. pinnatifidum* ile yapılan melezlemeden elde

edilen 91 hatta yapılan taramada 2 hat dirençli olarak tespit edilirken, 37 hat tolerant, 18 hat ise oldukça duyarlı olarak tespit edilmiştir (Kaur ve ark., 2014).



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışmanın yürütüldüğü yer

Bu çalışma GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (GAPTAEM), Bitki Sağlığı laboratuvarı, sera, bitki büyütme kabin ve iklimlendirme odasında yürütülmüştür.

3.1.2. Bitkisel materyal

Çalışmada 100 nohut genotipi *Fusarium*'a dayanıklılık için taranmıştır. Taramada kullanılan genotiplerin 34'ünü tescilli hat ve çeşitler oluştururken, 66'sını ise *Cicer reticulatum*, *Cicer echinospermum* ve *Cicer pinnatifidum*'a ait yabancı genotipler oluşturmuştur.

Tescilli çeşit ve hatlar yetiştiriciliği tercih edilen genotiplerden seçilmiştir. Yerli çeşitlere ait çeşit adı ve tescil ettiren kurum adları Çizelge 3. 1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Tescilli nohut çeşitlerine ait bilgiler

Çeşit No	Çeşit Adı	Enstitü
1	Akça	Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Eskişehir
2	Aksu	Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü- Kahramanmaraş
3	Azkan	Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Eskişehir
4	Arda	GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü- Diyarbakır
5	Akçin	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Ankara
6	Aydın	İncir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü- Erbeyli / Aydın
7	Aziziye	Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü- Erzurum
8	Canitez	Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Eskişehir

Çizelge 3.1. (devam)

9	Cevdetbey	Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü- Menemen / İzmir
10	Çakır	Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Eskişehir
11	Çağatay	Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Samsun
12	Damla	Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Samsun
13	Diyar 95	GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü- Diyarbakır
14	Dikbaş	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Ankara
15	Er99	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Ankara
16	Eser	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Ankara
17	Gökçe	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Ankara
18	Gülümser	Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Samsun
19	Hisar	Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Eskişehir
20	Hasanbey	Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü- Adana
21	Ilgaz	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Ankara
22	ILC482	GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü- Diyarbakır
23	Işık	Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Eskişehir
24	İnci	Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Adana
25	İzmir 92	Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü- Menemen / İzmir
26	Küsmen	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Ankara
27	Menemen 92	Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü- Menemen / İzmir
28	Sarı 98	Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü- Menemen / İzmir
29	Seçkin	Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Adana
30	Sezenbey	Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Samsun
31	Uzunlu 98	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Ankara
32	Yaşa 05	Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Eskişehir
33	Taek-sağel	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Ankara
34	Zuhal	Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Eskişehir

Çalışmada *Cicer reticulatum* türüne ait 42 genotip, *Cicer echinospermum* türüne ait 20 genotip ve *Cicer pinnatifidum* türüne ait ise 4 genotip kullanılmıştır. Şekil 3.1.'de yabani genotiplere ait bazı tohumların morfolojik görüntüleri verilmiştir. Dayanıklılık taraması yapılan genotipler Doğu ve Güneydoğu Bölgesi Adıyaman, Diyarbakır, Şırnak, Şanlıurfa, Siirt, Hakkâri ve Malatya illerinden ilçe, köy ve mezralarından doğal floradan toplanmıştır. Bu genotiplere ait lokasyon bilgileri, tür adları, toplandıkları tarih ve özel kodları Çizelge 3.2.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Yabani nohut genotiplerine ait tohumların morfolojik görüntüsü

Çizelge 3.2. Yabani genotiplere ait bilgiler

HRÜ LINE ID	Toplanan İl	Toplanan İlçe/Köy	Tür	Toplanma Yılı
12	Mardin	Barıştepe 1	C.reticulatum	2013
21	Mardin	Barıştepe 2	C.reticulatum	2013
32	Mardin	Barıştepe 3	C.reticulatum	2013
41	Mardin	Barıştepe 3	C.reticulatum	2013
47	Mardin	Barıştepe 3	C.reticulatum	2013
64	Mardin	Beşlever	C.reticulatum	2013
68	Mardin	Beşlever	C.reticulatum	2013
82	Diyarbakır	Çermik	C.reticulatum	2013
102	Şırnak	Cudi	C.reticulatum	2013
118	Şırnak	Cudi 2	C.reticulatum	2013
153	Mardin	Dereîçi	C.reticulatum	2013
155	Mardin	Dereîçi	C.reticulatum	2013

Çizelge 3.2. (devam)

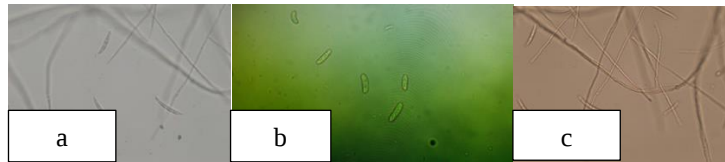
177	Urfa	Destek	C.echinospermum	2013
182	Diyarbakır	Eğil	C.reticulatum	2013
189	Diyarbakır	Eğil	C.reticulatum	2013
195	Diyarbakır	Günaşan	C.echinospermum	2013
202	Diyarbakır	Kalkan	C.reticulatum	2013
232	Urfa	Karabahçe	C.echinospermum	2013
254	Mardin	Kayatepe	C.reticulatum	2013
271	Diyarbakır	Kesentaş	C.reticulatum	2013
323	Urfa	Ortanca	C.echinospermum	2013
342	Adıyaman	Oyali	C.reticulatum	2013
364	Mardin	Sarikaya	C.reticulatum	2013
377	Mardin	Savur	C.reticulatum	2013
382	Şırnak	Şırnak	C.reticulatum	2013
412	Diyarbakır	Siverek	C.echinospermum	2013
424	Urfa	Kargali	C.echinospermum	2014
454	Urfa	Kargali	C.echinospermum	2014
464	Şırnak	Şırnak	C.reticulatum	2014
467	Şırnak	Şırnak	C.reticulatum	2014
486	Siirt	Doğanca	C.reticulatum	2014
500	Siirt	Doğanca	C.reticulatum	2014
509	Siirt	Ekindüzü	C.reticulatum	2014
524	Siirt	Ekindüzü	C.reticulatum	2014
557	Şırnak	Kaymakam Çeşmesi	C.reticulatum	2014
581	Şırnak	Kaymakam çeşmesi	C.reticulatum	2014
587	Mardin	Savur	C.reticulatum	2014
592	Mardin	Savur	C.reticulatum	2014
597	Urfa	Otlı	C.echinospermum	2014
611	Urfa	Otlı	C.echinospermum	2014
662	Mardin	C.pinardere	C.reticulatum	2014
680	Mardin	C.pinardere	C.reticulatum	2014
711	Siirt	Yanılmaz	C.reticulatum	2014
714	Siirt	Yanılmaz	C.reticulatum	2014
716	Mardin	Yesilköy	C.reticulatum	2014
720	Mardin	Yesilköy	C.reticulatum	2014
768	Urfa	Boz	C.echinospermum	2015
778	Urfa	Boz	C.echinospermum	2015
806	Diyarbakır	Dağarasi	C.reticulatum	2015

Çizelge 3.2. (devam)

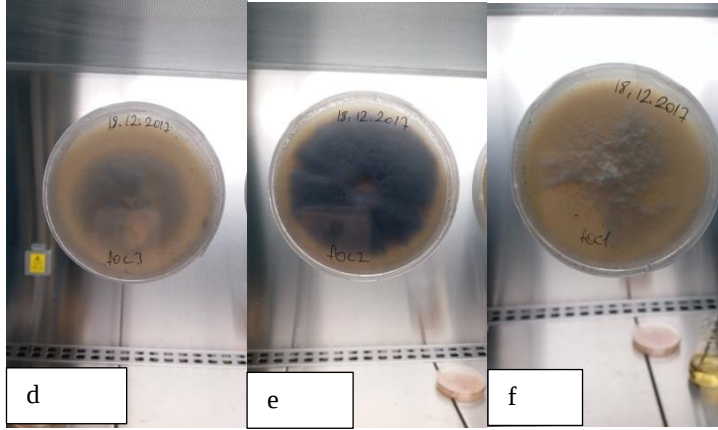
818	Diyarbakır	Dağarası	C.reticulatum	2015
825	Urfa	Ergen	C.echinospermum	2015
833	Urfa	Ergen	C.echinospermum	2015
921	Urfa	Karpuzcu	C.echinospermum	2015
935	Urfa	Karpuzcu	C.echinospermum	2015
937	Urfa	Kayali	C.echinospermum	2015
957	Urfa	Kayali	C.echinospermum	2015
988	Adıyaman	Köklüce	C.echinospermum	2015
1012	Adıyaman	Köklüce	C.echinospermum	2015
1045	Urfa	Narlıkaya	C.pinatifidum	2015
1051	Urfa	Narlıkaya	C.pinatifidum	2015
1107	Malatya	Tepe köy	C.pinatifidum	2015
1111	Malatya	Tepe köy	C.pinatifidum	2015
1124	Hakkari	Kavalköy	C.reticulatum	2015
1136	Hakkari	Kavalköy	C.reticulatum	2015
1141	Hakkari	Üzümcü	C.reticulatum	2015
1151	Hakkari	Üzümcü	C.reticulatum	2015

3.1.3. Dayanıklılık taraması için kullanılan *Fusarium* izolatları

Çalışmada dayanıklılık taraması için kullanılan *Fusarium* izolatları Gaziantep Üniversitesi Biyoloji Bölümü Mikoloji Laboratuvarı Fungus Koleksiyonu'ndan temin edilmiştir. Söz konusu fungus örnekleri nohut ekim alanlarından hastalık şiddetine göre tayin edilerek alınan bitki örneklerinden izole edilmiştir. Çalışmada kullanılan şiddetli solgunluk ırklarına ait izolatların PDA ortamındaki görüntüleri Şekil 3.2.'de ve lokasyon bilgileri ve kodlar Çizelge 3.3.'te verilmiştir.



Şekil 3.2 Çalışmada kullanılan şiddetli solgunluk ırklarına ait *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* izolatların geliştirilmesi. (a) FMT 93/16 İzolatına ait makrokonidi, (b) FMT 78/16 İzolatına ait makrokonidi



Şekil 3.2. (devam) (c) FMS37/16 İzolatına ait makrokonidi, (d) FMT93/16 İzolatının PDA ortamındaki kolonileri, (e) FMT 78/16 İzolatının PDA ortamındaki kolonileri (f) FMS37/16 İzolatının PDA ortamındaki kolonileri

Çizelge 3.3. Çalışmada kullanılan *Fusarium* izolatlarına ait izolat kodları ve lokasyon bilgileri

İzolat Kodu	İl	İlçe	Köy
FMS37/16	Mersin	Silifke	İmamlı Köyü
FMT78/16	Mersin	Tarsus	Topaklı Köyü
FMT93/16	Mersin	Çamlıyayla	Sarıkoyak Köyü

3.1.4. İnokulasyon metotlarının kıyaslanmasında kullanılan materyaller

İnokulasyon metotlarının kıyaslanmasında *Fusarium* solgunluğuna hassas ILC 482 (Güney Sarısı) çeşidi kullanılmıştır. ILC 482 Diyarbakır Zirai Mücadele tarafından 1986 yılında introduksiyon yöntemi ile geliştirilmiştir. Çeşit koçbaşı tane tipine ve krem renge sahiptir. Sertifika belgesinde hastalığa dayanım ile ilgili bilgilerin mevcut olmayan bu çeşit, birçok çalışmada *Fusarium oxysporum*'a karşı hassas çeşit olarak kullanılmıştır (Dolar, 2006; Martin, 2004; Maden, 2007).

İnokulasyon metotlarının kıyaslanmasında çalışmada kullanılan izolatlar Gaziantep Üniversitesi Biyoloji Bölümü Mikoloji Laboratuvarı Fungus Koleksiyonu'ndan seçilen şiddetli solgunluk ırkları gösteren Çizelge 3.4.'te lokasyon bilgileri verilen 4 izolat ve GAPTAEM'e gelen çiftçi talepleri doğrultusunda gidilen Hilvan ve Mardin illerinden tarla ziyaretlerinde solgunluk ve sararma semptomu göstererek *fusarium sp.* bulaşık olduğu şüphelenilen nohut bitkilerden izole edilen Mardin (Z;P) ve Hilvan olmak üzere 3 izolat kullanılmıştır.

Çizelge 3.4. İnoklasyon metodlarının kıyaslanmasında kullanılan Gaziantep Üniversitesi Biyoloji Bölümü Fungus Koleksiyonuna ait bilgiler

İzolat No	İl	İlçe	Köy
FMS37/16	Mersin	Silifke	İmamalı Köyü
FMT78/16	Mersin	Tarsus	Topaklı Köyü
FMT93/16	Mersin	Çamlıyayla	Sarıkoyak Köyü
FMG20/16	Mersin	Gülnar	Kayrak Köyü

3.1.5. Nohut genotiplerinin FOC reaksiyonlarının belirlenmesinde kullanılan materyaller

Denemede kullanılacak FOC izolatlarının geliştirilmesi ve inokulasyonu için kullanılan materyalleri; Patates Dekstroza Agar (PDA), steril kabin, steril petri, kurutma kâğıtları, Whatman-4 numaralı kâğıtlar, inkübatör, ışık mikroskopi, steril öze, 5x9 viyoller, 2 kg ebadında saksılar, steril torf, elenmiş ve fumige edilmiş toprak, otoklav, hypoklorit, mezür, beher, steril makas, 1000 ml’lik kapaklı cam şişe, bitki büyütme kabini, sera, buğday tohumu, Etil Alkol, etiketler ve Fitopatoloji laboratuvarındaki temel kimyasal, alet, ekipman ve donanımlar ile çoğaltım parselinde kullanılan Greek tül ve tel zımba oluşturmuştur.

3.1.6. İnokulasyon metotlarının uygulanmasında kullanılan materyaller

İnokulasyon metotlarının kıyaslanması çalışması için kullanılan materyalleri; PDA steril petri, bistüri, steril öze, steril makas, steril kabin, Etil Alkol, 500 ml’lik mavi kapaklı cam şişe, buğday tohumu, otoklav, inkübatör, torf, otoklav, otoklav poşeti, 2 kg’lık saksılar, bitki büyütme kabini, beher, erlen, alüminyum folyo, kâğıt havlu, ILC 482 hassas nohut çeşidi tohumu, viyoller, hypoklorit, iklimlendirme odası ile Fitopatoloji laboratuvarındaki temel bazda ki kimyasallar ile alet-ekipman ve laboratuvar donanımları oluşturmuştur.

3.2. Yöntem

3.2.1. Çalışmada kullanılan fusarium izolatlarının morfolojik özelliklerinin belirlenmesi

Çalışmada kullanılan *Fusarium oxysporum* izolatlarının makrokoidi büyüklüğü (μm), mikrokonidi büyüklüğü (μm) misel rengi ve miselyum çapı (mm) GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Laboratuvarında ışık mikroskobu altında nicel olarak belirlenmiştir (Kumar ve ark., 2012; Kheni ve ark., 2017).

3.2.2. FOC'a dayanıklılık taramasında kullanılan skalanın belirlenmesi

Araştırma FOC'a dayanıklılık taramalarında; fungal enfeksiyon durumları, akropetal sararmanın ve nekrozun baz alındığı 0-4 skalasına göre bazı modifikasyonlar uyarlanarak yapılmıştır (Trapero-Casas ve Jiménez-Díaz, 1985). Bu skalada;

0=Bitkide gözle görülebilir hastalık belirtisi yok (%0)

1=Solgunluk başlangıcı, bitki alt yapraklarda ince damarlar boyunca renk açılması (%1–33)

2=Bitkinin yaklaşık yarısında solgunluk, gelişme geriliği, klorozis ve nekrozis (%34–66)

3=Bitki genelinde solgunluk, yapraklarda kurumalar ve dökülmeler ile uçlardan geriye doğru ölüm (%67–100)

4=Kuruma ve ölüm'ü temsil etmektedir.

Gözlemler bu skala göz önüne alınarak yapılmıştır.

Skor değeri <1=Dayanıklı (resistant (R)); >1=orta hassas (moderately susceptible (M)); >3=hassas (susceptible (S)) olarak belirtilmiştir.

3.2.3. Yabani genotiplerde tohum çoğaltılması

Çalışmada kullanılacak olan genotiplerde materyal yetersizliğinden dolayı çoğaltım yapılmıştır. Bunun için GAPTAEM Serince Araştırma İstasyonunda 2015-2016 üretim sezonunda çoğaltım parseli oluşturulmuştur.

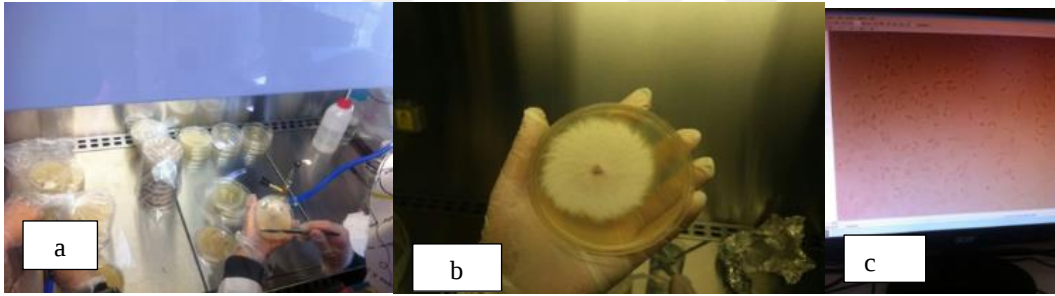
Sıra üzeri 10-15 cm, sıra arası mesafe 45 cm olacak şekilde 1 metre uzunluğundaki sıralara elle ekim yapılmıştır. Yabani genotiplerde baklalarda olgunlaşma ile birlikte ciddi çatlama problemleri yaşamaktadır. Çatlayan baklalardaki tohumlar ekim yapılan alandan çok öte mesafelere fırlamaktadır. Tohum kaybını önlemek ve genotip karışıklığının önüne geçebilmek için her bir sıra bitki yaklaşık %50 olgunluğa geldiğinde greek tülle zımbalanarak kaplanmıştır. Hasat ve Harman her bir sıradaki bitkiler hasta olgunluğuna geldikçe elle yapılmış ve ayrı ayrı hasat edilmiştir (Şekil 3.3.'te gösterilen genotiplerin çoğaltılması işlemi: (a) her bir genotipe ait bitkilerin etiketlerinin okunarak %50 olgunluk seviyesinde tülle kaplanması, (b) her bir genotipin sıra üzeri olacak şekilde greek tülle kaplanması, (c) çoğaltım parselinde tüllemiş genotiplerin hasat olgunluğuna gelmesinin beklenmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3. Yabani genotiplerin çoğaltılması

3.2.4. Nohut genotiplerinin foc reaksiyonlarının belirlenmesinde kullanılan fungal izolatların spor süspansiyonlarının hazırlanması

FOC reaksiyonlarının belirlenmesinde kullanılacak olan izolatlar spor süspansiyonlarının hazırlanması için stok izolatlar PDA ortamına ekilmiştir. İzolatların inkübatörde 2 hafta süreyle gelişmesi beklenmiştir. Daha sonra gelişen kültür ortamından alınan 1 cm çapındaki diskler yeni PDA ortamlarına ekilmiş ve yine 2 hafta kadar 24°C’de gelişmesi beklenmiştir. Gelişen fungal kültürlerinin üzerine 50 ml dH₂O eklenmiş ve öze yardımı ile kazıma yapılarak sporların suya geçmesi sağlanmıştır (Şekil 3.2). Süzülerek agar ve misellerinden arıtılan sporlar Thoma lamında sayım yapılarak 10⁶ konidi/ml konsantrasyonuna ayarlanmıştır (Jimenez-Gasco ve Jimenez-Diaz, 2003; Sharma ve ark., 2005; Altinok ve Can 2010 Kocalar ve ark., 2020). Yapılan işlemler Şekil 3.4.’te verilmiştir.



Şekil 3.4. Fungal izolatların spor süspansiyonlarının hazırlanması. (a) Stok izolatların PDA ortamına ekilmesi, (b) izolatların PDA ortamında 7-14 günde gelişmesi, (c) Thoma lamında sayım

3.2.5. İnokulum yöntemlerinin kıyaslanmasında kullanılan fungal izolatların ve spor süspansiyonlarının hazırlanması

Gaziantep Üniversitesinden temin edilen 4 izolat (FMS37/16, FMT78/16, FMT93/16 ve FMG20/16) ve GAPTAEM’e gelen talepler üzerine Hilvan ilçesi ve Mardin iline bulaşıklık görülen nohut ekim alanlarına gidilmiştir. Tarlanın köşegenler doğrultusunda ilerleyerek simptom gösteren bitkiler alınmıştır (Nutter ve Gaunt 1996). Kese kağıtlarına alınan hastalıklı bitki örnekleri GAPTAEM Bitki Sağlığı Laboratuvarına getirilmiştir.

Laboratuvara getirilen hastalıklı bitki örneklerinden fungus izolasyonu yapmak için kök boğazından makas yardımı ile 15-20 cm'lik parçalar kesilerek alınmıştır. Alınan bu hastalıklı bitki parçacıkları çeşme suyunda yıkanarak temizlenmiştir. Daha sonar 1cm'lik minik parçalara ayrılan %1'lik NaOC (sodium hipoklorit) ile hazırlanmış çözeltide 3 dk bekletilmiştir. Örnekler çamaşır suyundan arındırılmak için 2-3 kere dH₂O ile çalkalanarak yüzey sterilizasyonu sağlanmıştır. Her bir örnek kuruması için kurutma kağıdında bekletilmiştir. Kuruyan bitki örnekleri PDA ortamına ekilmiş ve petriler parafilmle sarılarak inkübatörde fungal kültürün gelişmesi için 1 hafta süre ile bekletilmiştir. Petrilerde gelişim gösteren kültürlerden makro ve mikro gözlem ve teşhisler için örnekler alınmış *Fusarium oxysporum* izolatları teşhis edilmiştir (Leslie ve Sumerell 2006).

Daha sonra izolatlar PDA ortamına ekilen izolatların fungal kültürlerinin gelişmesi için inkübatörde 2 hafta beklenmiştir. Gelişen kültür ortamından alınan 1cm çapındaki diskler yeni PDA ortamlarına ekilmiş ve yine 2 hafta kadar 24°C'de gelişmesi beklenmiştir. Gelişen fungal kültürlerinin üzerine 50 ml dH₂O eklenmiş ve öze yardımı ile kazıma yapılarak sporların suya geçmesi sağlanmıştır. Süzülerek agar ve misellerinden arıtılan sporlar Thoma lamında sayım yapılarak 10⁶ konidi/ml konsantrasyonuna ayarlanmıştır (Jimenez-Gasco ve Jimenez-Diaz, 2003; Sharma ve ark., 2005; Altinok ve Can 2010 Kocalar ve ark., 2020).

3.2.6. Saksıların ekime hazırlanması

İnokulasyon işleminden sonra bitkiler hastalık gelişimi ve 6 haftalık gözlem için saksılara ekilmiştir. Harçla doldurulmadan önce 1000 adet saksı Şekil 3.5.'te verildiği gibi %5'lik NaCO ile dezenfekte edilmiştir.



Şekil 3.5. Saksıların ekime hazırlanması. (a) %5'lik NaCO₃'ün dezenfektan olarak hazırlanması, (b) saksıların dezenfekte edilmesi, (c) saksıların su ile çalkalanması

Saksı harcını oluşturmak amacı ile GAPTAEM Talat Demirören Araştırma İstasyonundan daha önce üç sene boyunca arpa, mısır, buğday ve pamuk yetiştirilen alandan yaklaşık 850 litre toprak temin edilmiştir. Kurum bünyesine getirilen toprak içindeki büyük keseklerden ve taşlardan temizlene bilmesi için elenmiştir. Daha sonra Şekil 3.6.'da verildiği gibi toprağa 1/3 oranında torf karıştırılmıştır.



Şekil 3.6. Denemede kullanılan toprak/torf karışımının hazırlanması. (a) araştırmada kullanılan toprak, (b) toprağın elenmesi, (c) toprağın 1/3 oranında tor file karıştırılması

Oluşturulan bu harç içinde var olabilecek hastalık etmenlerinden temizlenmesi amacı ile dezenfeksiyon fumigasyon ile sağlanmıştır. Polietilen örtü içinde elenen ve 1/3 oranında steril torf ile karıştırılan toprak, yığın haline getirilerek tablet halinde olan fümigatörden konulmuş ve üstü kapatılarak 10 gün süre ile dezenfeksiyonu sağlanmıştır. Üzeri açılan toprak-torf yığını Şekil 3.7.'de verildiği gibi 3 gün üstü açık şekilde bekletilmiştir.

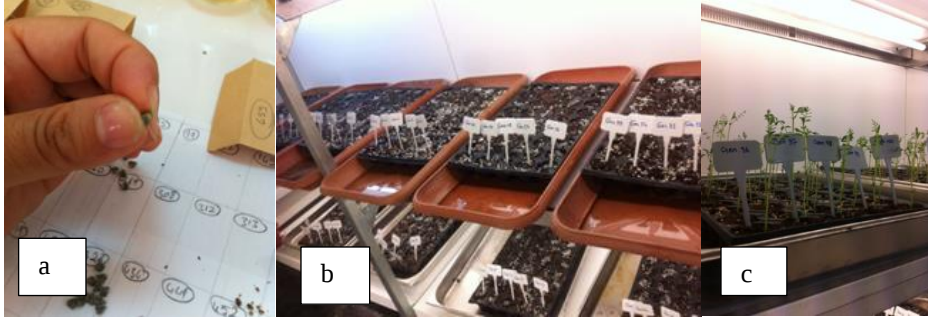


Şekil 3.7. Denemede Kullanılan Toprak/Torf Harcının Fümigasyonu. (a) tablet halindeki toprak fümigatörü, (b) tabletin toprak yığınlarına yerleştirilmesi, (c) toprak yığının üzerinin örtülmesi, (d) saksıların doldurulması ve seraya taşınması

3.2.7. Nohut genotiplerinin FOC reaksiyonlarının belirlenmesi

Nohut genotiplerinin FOC reaksiyonlarının belirlenmesi için uygulanan metot kök daldırma metodudur. Yabani genotipler ile Tescilli çeşit/hatlar'a uygulanan bu metot inokulasyon çalışmalarında daha çok tercih edilen bir yöntemdir (Infantino ve ark. 2006; Kaiser ve ark. 1994; Dolar 1995).

Kök daldırma metodunun bitkilere uygulanması için iki haftalık fidelere ihtiyaç duyulmaktadır (Biles ve Martyn, 1989). Yabani genotipler kalın bir tohum kabuğuna sahiptir. Bu durum çimlenme problemlerine neden olmaktadır. Kalın tohum kabuğunda steril tırnak makası yardımı ile küçük açıklıklar oluşturarak dormansinin kırılması teşvik edilmiş ve yeknesak bir çimlenme sağlanmıştır. Bu mekanik aşındırma tohumun çimlenme sırasında toprak nemini alması kolaylaştırılmıştır. Tohumlar %1'lük Sodyum Hipoklorit (NaOC)'de 2-3 dakika bekletilmiş ve daha sonra dH_2O ile çalkalanarak yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur (Kocalar 2020). Steril torf ile doldurulmuş 5x9'luk viyoller, yabani genotiplere ait tohumlar ekilmiş ve etiketlenmiştir. Viyoller 12/12 gece/gündüz fotoperiyotta %50 nem ve 25°C'de kontrollü bitki büyütme kabinine yerleştirilmiştir (Dolar 1995). Bitki ihtiyacına göre sulama yapılmıştır. Aynı uygulama tescilli çeşit ve hatalara da uygulanmıştır. Yüzey sterilizasyonuna tabi tutulan bu genotiplerde yine steril torf doldurulmuş viyollere ekilerek Şekil 3.8.'de verildiği gibi bitki büyütme kabinine yerleştirilmiştir.



Şekil 3.8. Yabani genotip tohumlarında dormansinin kırılması, tohumların ekimi ve bitkilerin geliştirilmesi. (a) yabani nohut genotiplerine ait tohumlarda mekanik aşındırma, (b) tohum ekilen viyollerin bitki büyüme kabinine yerleştirilmesi, (c) bitkilerin kabinde büyümesi

Bitki köklerine zarar vermeden viyollerden çıkarılan nohut fidelerinin kökleri su ile yıkanarak temizlenmiştir. Her bir fidenin kök uçları steril makas yardımı yaklaşık 2-3 cm ile kesilerek hazırlanan spor süspansiyonuna daldırılmıştır. Fungal süspansiyonda 4-5 dakika bekletilen fideler toprak torf karışıklı saksılara ekilmiştir. Aynı uygulama kontrol bitkilerine inokulum yerine dH_2O ile (Şekil 3.9.) yapılmıştır (Altinok ve Can, 2010).



Şekil 3.9. Bitki inokulasyonları. (a) yabani genotiplerin viyolden sökülerek kök uçlarının temizlenmesi, (b) steril makas yardımı ile kök uçlarının kesilmesi ve spor süspansiyonuna daldırılması, (c) genotiplerin inokulasyondan sonra saksılara aktarılması

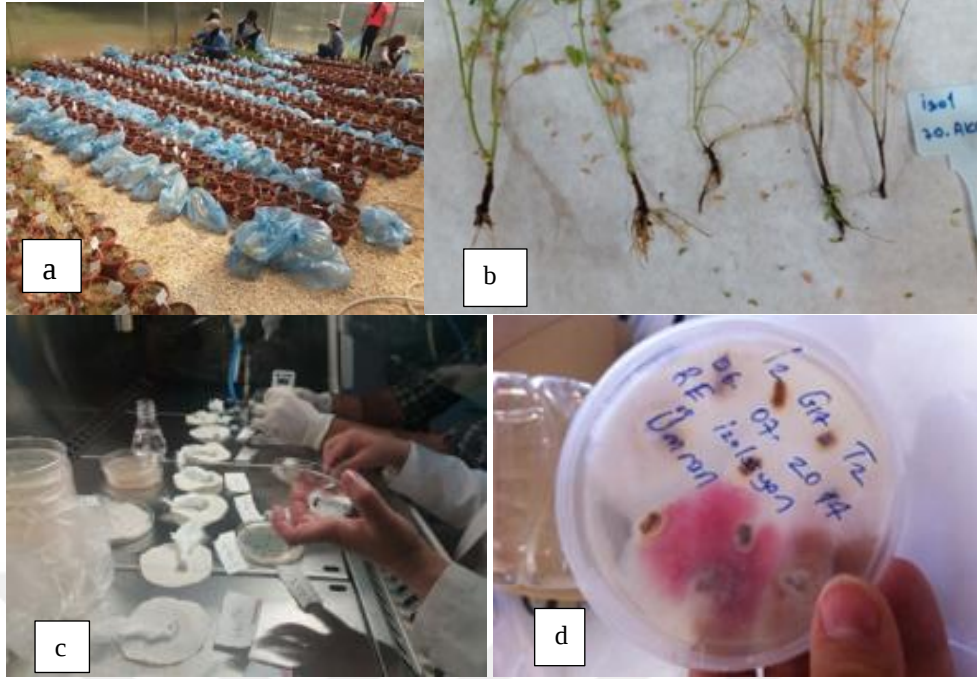
İnokulasyon işlemlerinden sonra fideler 1/3 oranında torf-toprak karıştırılmış saksılara ekilmiştir. Çalışma tesadüf parsellerine göre 3 tekerrürlü kurulmuş olup her saksı bir parsel ve her saksıda 4 bitki olacak şekilde dikimler yapılmıştır.

Deneme GAPTAEM kurum bünyesinde bulunan serada yürütülmüştür. Gözlem süresi boyunca günlük kontrol edilerek gerek görüldükçe sulanmıştır. İlk belirtilerin

görüldüğü günden itibaren haftalık skorlamalar yapılmış ve bitki ölümüne kadar 6 haftalık süre boyunca devam edilmiştir (Trapero-Casas ve Jiménez-Díaz, 1985).

3.2.8. İnokulasyon bitkilerinden re-izolasyon

Yabani genotipler ve tescilli çeşit/hatların FOC izolatlarına karşı reaksiyonlarının belirlenmesinden sonra hem uygulama yapılan genotipler hem de kontrol bitkilerinde enfeksiyonun sağlanıp sağlanmadığını belirlemek amacı ile Koch postülatları uygulanmıştır. Bilindiği üzere bitki dayanıklılığının varlığından söz edilebilmesi için hedef patojenle bitki arasında uygulanan tarama metotlarının Koch postülatlarına uygun olması gerekmektedir. Hastalık etmenlerinin bitkiye inokulasyonundan sonra bitkiler her gün gözlemlenmiş ve ilk belirtilerin görüldüğü andan itibaren 6 hafta süre ile skora yapılmıştır. 6 haftalık gözlem işlemlerinin sonunda tüm saksılardaki bitkiler sökülerek hastalık reizole edilmiştir. Bunun için her bir saksıdaki genotip ve tescilli bitkiler sökülmüş, kök uçları topraktan arındırılarak yıkanmıştır. Yıkama işleminden sonra yaklaşık 12 saat kurumaya bırakılmıştır. Laboratuvara getirilen hastalıklı bitki örneklerinden fungus izolasyonu yapmak için kök boğazından makas yardımı ile parçalar kesilerek alınmıştır. Daha sonra 1cm'lik minik parçalara ayrılmış %1'lik NaOC (sodium hipoklorit) ile hazırlanmış çözeltide 2-3 dk bekletilmiştir. Örnekler çamaşır suyundan arandırmak için 2-3 kere dH₂O ile çalkalanarak yüzey sterilizasyonu sağlanmıştır. Her bir örnek kuruması için kurutma kağıdında bekletilmiştir. Kuruyan bitki örnekleri PDA ortamına ekilmiş ve petriler parafilmle sarılarak inkübatörde fungal kültürün gelişmesi için 1-2 hafta süre ile bekletilmiştir. Şekil 3.10.'da verildiği gibi petrilerde gelişim gösteren kültürlerden makro ve mikro gözlem ve teşhisler için örnekler alınmış *Fusarium oxysporum* izolatları teşhis edilmiştir (Leslie ve Sumerell, 2006).



Şekil 3.10. FOC İzolatlarının Re-İzolasyonu. (a) denemeye ait bitkilerin sökülmesi, (b) hastalık belirtilerinin makro olarak görülmesi, (c) hastalıklı bitki örneklerinin PDA ortamına ekilmesi, (d) bulaşık bitkilerden alınan örneklerden gelişen fungal kültür

3.2.9. İnokulasyon metotlarının kıyaslanması

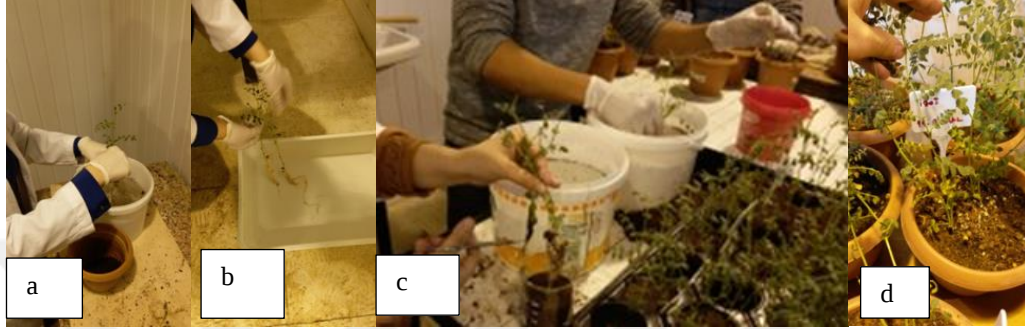
İnokulasyon metotlarının kıyaslanmasında; kök daldırma, toprak inokulasyonu ve suda inokulasyon yöntemi kullanılmıştır.

3.2.9.1 Kök daldırma yöntemi

ILC hassas çeşidine ait tohumlar %1'lik NaOC ile yüzey sterilizasyonu yapıldıktan sonra 5x9'luk viyollere ekilmiş ve çalışmada kullanılmak üzere 2 haftalık fideler elde edilmiştir (Biles ve Martyn, 1989).

İki haftalık fideler viyollerden köklerine zarar verilmeden çıkartılıp kök uçları musluk suyun da temizlendikten sonra steril makas ile kök uça 1-2 cm kesilmiştir. Her bir izolat için ayrı ayrı (FMS 37/16, FMT 78/16, FMT 93/16, FMG 20/16 ve Hilvan, Mardin (Z;P)) hazırlanan 10^6 konidi/ml spor süspansiyonlarına daldırılan ve 5 dakika muamele edilen (Altınok ve Can 2010) fideler 1/3 oranında Steril torf ve Toprak doldurulmuş saksılara aktarılmıştır. Aynı işlem kontrol bitkileri için saf su ile

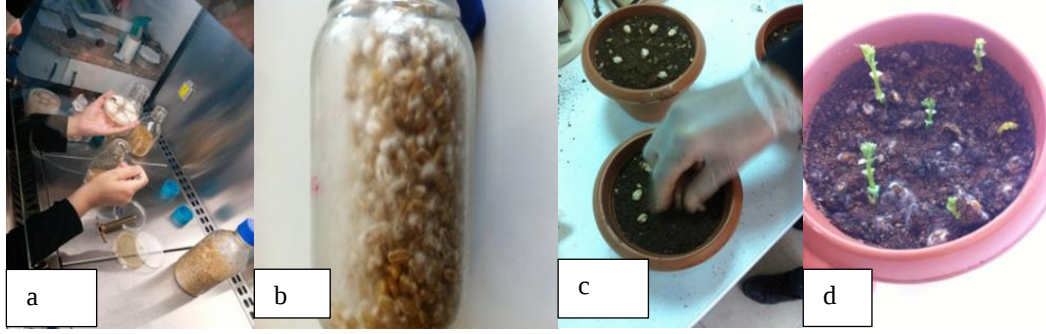
yapılmıştır. GAPTAEM Bitki Sağlığı İklimlendirme odasına Şekil 3.11.'de verildiği gibi yerleştirilmiştir. Saksılar gerekli görüldükçe sulanmış ve simptomların görüldüğü ilk günden itibaren 6 hafta boyunca haftada 1 kere olmak üzere gözlem alınmıştır. Gözlemler akropetal sararma ve klorozun esas alındığı 0-4 skalası baz alınarak değerlendirilmiştir (Trapero-Casas ve Jimenez Diaz,1985).



Şekil 3.11. Kök daldırma metodunun uygulanması. (a) bitkilerin viyollerden çıkarılması, (b) bitkilerin kök uçlarının temizlenmesi, (c) steril makas yardımı ile kök uçlarının kesilmesi, (d) hastalık simptomlarının gözlemlenmesi

3.2.9.2. Toprak inokulasyonu yöntemi

Toprak inokulasyonu için Nene ve Haware'nin (1984) geliştirdiği metotta bazı modifikasyonlar yapılarak uygulanmıştır. Yapay inokulasyon ortamı yulaf/kepek kültürü yerine (Lecoq, 1991) buğday kültürü hazırlanmıştır. Bu amaçla mavi kapaklı 1000 ml'lik cam şişelerin yarısına kadar buğday konulmuş ve üzerine bir miktar (buğday yüzeyini geçecek kadar) su konularak otoklavda steril edilmiştir. Daha sonra PDA ortamında geliştirilen fungus kültürlerinden 1 cm çapında diskler alınmış ve buğdayların üzerlerine konularak fungus kültürlerinin gelişmesi için inkübatöre yatay bir şekilde yerleştirilen şişeler 25°C de 15-20 gün beklenmiştir. Bu süre şişeler hafif hafif çalkalanarak fungus kültürünün tüm yüzeyi sarması sağlanmıştır. Şekil 3.12.'de gösterilen toprak inokulasyon yöntemin uygulanması: (a) PDA ortamında geliştirilen fungus kültürlerinden alınan disklerin buğday kültürü üzerine yerleştirilmesi, (b) buğday kültürü üzerinde fungus kültürlerinin geliştirilmesi, (c) yapay inokulasyon ortamının toprağa bulaştırılması, (d) bulaşık toprağa ekilen bitkilerin gelişmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.12. Toprak inokulasyon yöntemin uygulanması

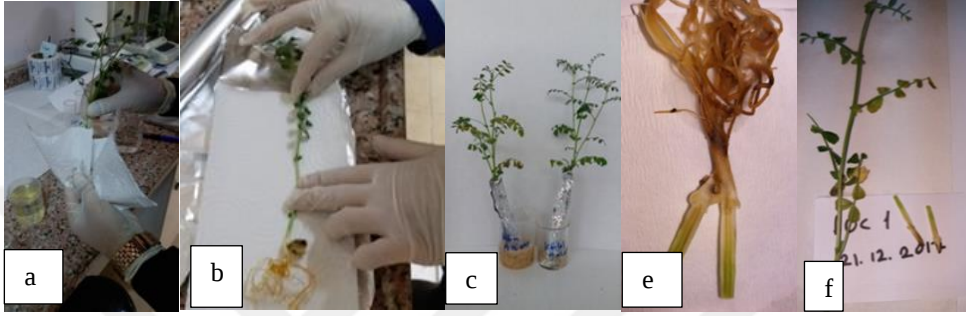
Çalışmada 13x10 cm çapında saksılar kullanılmıştır. Her bir saksıya 25 g/m² oranında suni kültür ortamı toprak yüzeyine yakın karıştırılmıştır. İnokulasyonun toprağı sarması için 5-7 gün toprak nemli tutularak beklenmiştir. Her saksıya ILC 482 hassas çeşidi her saksıya 4 tohum olacak şekilde ekilmiştir. Aynı işlem kontrol bitkileri için steril torf-toprak doldurulmuş yapay inokulasyon ortamı bulaştırılmamış saksılara da yapılmıştır. Saksılar GAPTAEM Bitki Sağlığı İklim odasına %5 nem ve 25°C sıcaklığa yerleştirilmiş, bitki ihtiyacına göre sulama yapılmıştır (Trapero-Casas ve Jimenez Diaz,1985). İlk belirtilerin görülmesi ile birlikte haftalık periyodik olarak gözlem alınmış ve 6 hafta süre ile skorlama yapılmıştır. Skorlama Trapero-Casas ve Jimenez Diaz (1985)'e göre yapılmıştır.

3.2.9.3. Suda inokulasyon yöntemi

Bu metot Nene ve ark. (1981)'a göre (Water Culture) modifikasyonlar yapılarak uygulanmıştır. Çalışmada kullanılmak üzere 2 haftalık ILC 482 hassa çeşidine ait 2 haftalık fideler kullanılmıştır. İnokulasyon ortamı için her izolat için 10⁶ konidi/ml spor süspansiyon hazırlanmıştır (Altinok ve Can, 2010).

Hassas çeşide ait fideler viyolden köklerine zarar verilmeden çıkarılmış kök uçları temizlenmiş ve steril makas yardımı ile 2-3 cm kesilmiştir. Daha sonra fideler önce kâğıt havluya daha sonra alüminyum folyaya sarılarak 10⁶ konidi/ml spor süspansiyonları bulunan erlenlere yerleştirilmiştir. Erlenler %50 nem ve 24°C'de bitki büyütme kabineye yerleştirilmiştir (Şekil 3.13.). Belirtilerin görüldüğü ilk günden itibaren 17 gün gözlem alınmıştır. Aynı uygulama kontrol bitkileri için saf su ile

yapılmıştır. Şekil 3.13.'te gösterilen suda inokulasyon yönteminin uygulanması: (a) fidelerin kök uçlarının temizlenmesi ve kesilmesi, (b) kök uçları temizlenen nohut fidelerinin önce kağıt havluya sonra alüminyum folyoya sarılması, (c) hazırlanan fidelerin inokulasyon ortamına yerleştirilmesi, (d) gözlem süresi sonunda enfekteli bitkilerin iletim demetlerinde oluşan fungal kahverengileşme, (e) akropetal sararma aşamalarından oluşmaktadır.



Şekil 3.13. Suda inokulasyon yönteminin uygulanması

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Çalışmada Kullanılan *Fusarium* İzolatlarının Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Dayanıklılık taramasında kullanılan *Fusarium* izolatlarına ait bazı morfolojik özellikler ışık mikroskopu altında incelenmiştir ve sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir.

FMS37/16 izolatı PDA ortamında 7-10 gün inkübatörde geliştikten sonra beyaz-krem rengi misel oluşturmuştur. Makrokonidi büyüklüğü 98.96/ 25.78µm (boy/en) olan izolatın mikro konidi büyüklüğü 50.30/20.22µm (en/boy) olarak belirlenmiştir.

FMT78/16 izolat PDA ortamında 7-10 gün inkübatörde geliştikten sonra lila-mor renk misel oluşturmuştur. Makrokonidi büyüklüğü 132.41/32µm (boy/en) olan izolatın mikro konidi büyüklüğü 59.99/25.82µm (en/boy) olarak ölçülmüştür.

FMT93/16 izolat ise PDA ortamında 7-10 gün inkübatörde geliştikten sonra krem-sarımtırak rengi misel oluşturmuştur. Makrokonidi büyüklüğü 151.71/34µm (boy/en) olan izolatın mikro konidi büyüklüğü 58.02/25.32µm (en/boy) olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan *fusarium* izolatlarına ait morfolojik özellikler

İzolat No	Makrokonidi Büyüklüğü Boy/En (ort) (µm)	Mikrokonidi Büyüklüğü Boy/En (ort) (µm)	Misel rengi	Miselyum Çapı (ort) (7-10 gün) (mm)
FMS37/16	98.96/ 25.78	50.30/ 20.22	Beyaz-Krem rengi	5
FMT78/16	132.41/ 32	59.99/ 25.82	Lila-Mor	8.5
FMT93/16	151.71/ 34.03	58.02/ 25.32	Krem- Sarımtırak	6

4.2. Yabani Genotiplerin FOC İzolatlarına Gösterdikleri Reaksiyonlar

Yabani genotiplerin şiddetli solgunluk reaksiyonuna sebep olan 3 FOC izolatına karşı Dayanıklı/Tolerant/Hassas reaksiyonları sırasıyla Çizelge 4.1., Çizelge 4.2., Çizelge 4.3.'te gösterilmiştir. Şekil 4.1.'de uygulama yapılan genotiplerdeki belirtiler gösterilmiştir.

Dayanıklılık taramasında, inokulasyondan sonra ilk belirtilerin belirlenmesiyle birlikte 6 hafta boyunca gözlem alınmıştır. Bitkiler 0-4 skalasına skorlanmıştır (Trapezo-Casas ve Jimenez-Diaz, 1985; Jimenez-Gasco ve ark., 2001).

Çalışma sonucu *Cicer reticulatum* türüne ait genotiplerin FOC izolatlarına karşı reaksiyonlar Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. *Cicer reticulatum* türünün şiddetli solgunluk gösteren FOC izolatlarına gösterdiği reaksiyon

İzolat Kodu	Dayanıklı	Dayanıklı/Tolerant	Tolerant	Tolerant/Hassas	Hassas	Toplam Testlenen Genotip
FMT 78/16	3	0	5	4	30	42
FMT 93/16	0	2	6	13	21	42
FMS 37/16	0	0	3	8	31	42

Yabani *Cicer reticulatum* türüne ait 42 genotipin FMT 78/16 izolatı ile muamelesi sonucu 3 genotip dayanıklı, 5 genotip tolerant, 4 genotip tolerant/hassas ve 30 genotip ise hassas olarak tespit edilmiştir. Bu izolat ile muamelede dayanıklı/tolerant genotipler tespit edilememiştir.

FMT93/16 izolatı ile yapılan muamelede dayanıklı genotipe rastlanmazken 2 genotip dayanıklı/tolerant, 6 genotip tolerant, 13 genotip tolerant/hassas ve 21 genotip ise hassas olarak belirlenmiştir.

FMS37/16 izolatu ile yapılan muamele sonucu dayanıklı ve dayanıklı/tolerant genotip tespit edilemezken 3 genotip tolerant, 8 genotip tolerant/hassas ve 31 genotip hassas olarak tespit edilmiştir.

Çalışma sonucu *Cicer echinospermum* türüne ait genotiplerin FOC izolatlarına karşı gösterdikleri reaksiyonlar Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. *Cicer echinospermum* türünün şiddetli solgunluk gösteren FOC izolatlarına gösterdiği reaksiyon

İzolat Kodu	Dayanıklı	Dayanıklı/Tolerant	Tolerant	Tolerant/Hassas	Hassas	Toplam Testlenen Genotip
FMT 78/16	0	0	0	0	20	20
FMT 93/16	0	0	0	3	17	20
FMS 37/16	0	0	2	4	14	20

Yabani *Cicer echinospermum* türüne ait 20 genotipin FMT78/16 izolatu ile muamelesi sonucunda dayanıklı, dayanıklı/tolerant, tolerant, tolerant/hassas genotipe rastlanmamıştır ve 20 genotipin tamamı hassas olarak belirlenmiştir.

FMT93/16 genotipi ile yapılan muamelede dayanıklı, dayanıklı/tolerant, tolerant genotiplere rastlanmazken 3 genotip tolerant/hassas ve 17 genotip hassas olarak belirlenmiştir.

FMS37/16 izolatu ile muamelesi sonucunda dayanıklı, dayanıklı/tolerant genotiplere rastlanmazken 2 genotip tolerant, 4 genotip tolerant/hassas ve 14 genotip hassas olarak tespit edilmiştir.

Çalışma sonucu *Cicer pinnatifidum* türüne ait genotiplerin FOC izolatlarına karşı gösterdikleri reaksiyonlar Çizelge 4.4.'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. *Cicer pinnatifidum* türünün şiddetli solgunluk gösteren FOC izolatlarına gösterdiği reaksiyon

İzolat Kodu	Dayanıklı	Dayanıklı/ Tolerant	Tolerant	Tolerant/ Hasas	Hassas	Toplam Tesetlenen Genotip
FMT 78/16	0	0	0	0	0	4
FMT 93/16	0	0	0	0	0	4
FMS 37/16	0	0	0	0	0	4

Yabani *Cicer pinnaifidum* türüne ait 4 genotipin FMT78/16, FMT93/16 ve FMS37/16 izolatları yapılan tarama sonucunda; dayanıklılık veya tolerant reaksiyonu gösteren genotipe rastlanmamıştır.



Şekil 4.1. Şiddetli solgunluk simptonu gösteren izolatların muamelesi sonucu bitkilerdeki simptonlar. (a) Sararma, (b) Sararma ve solgunluk,



Şekil 4.1. (devam) (c) Akropetal sararma, (d) Sararma

Çizelge 4.5.'te çalışmada kullanılan 66 yabancı genotipe ait reaksiyon sonuçları toplu halde verilmiştir.

Çizelge 4.5. Yabancı genotiplerin FOC izolatlarına gösterdikleri reaksiyonlar

HRÜ Line ID	Toplanan Bölge	Tür	Toplanma Yılı	FMT 78/16	FMT 93/16	FMS 37/16
412	Siverek- Diyar	<i>C.echinospermum</i>	2013	4	4	4
581	Kaymakam Çeşmesi	<i>C.reticulatum</i>	2014	4	2	4
232	Karabahçe	<i>C.echinospermum</i>	2013	4	4	4
768	Boz	<i>C.echinospermum</i>	2015	4	4	3
1012	Kokluce	<i>C.echinospermum</i>	2015	4	4	3
662	C.pinardere	<i>C.reticulatum</i>	2014	4	1	4
382	Sirnak	<i>C.reticulatum</i>	2013	4	2	4
921	Karpuzcsu	<i>C.echinospermum</i>	2015	4	4	4
424	Kargali	<i>C.echinospermum</i>	2014	4	4	4
182	Egil	<i>C.reticulatum</i>	2013	4	4	4
587	Savur	<i>C.reticulatum</i>	2014	0	4	4
486	Doganca	<i>C.reticulatum</i>	2014	4	3	4
937	Kayali	<i>C.echinospermum</i>	2015	4	3	2
597	Otlı	<i>C.echinospermum</i>	2014	4	3	3
64	Beslever	<i>C.reticulatum</i>	2013	4	3	4
47	Baristepe 3	<i>C.reticulatum</i>	2013	2	3	2
254	Kayatepe	<i>C.reticulatum</i>	2013	2	2	4

Çizelge 4.5. (devam)

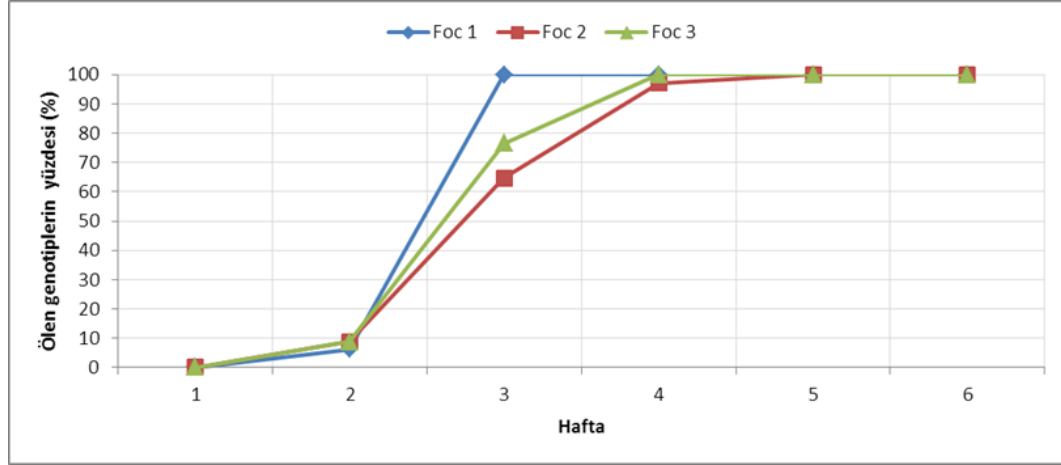
592	Savur	<i>C.reticulatum</i>	2014	4	4	4
611	Otlu	<i>C.echinospermum</i>	2014	4	4	4
342	Oyali	<i>C.reticulatum</i>	2013	4	4	4
1124	Kavalkoy	<i>C.reticulatum</i>	2015	3	3	4
1141	Uzumzu	<i>C.reticulatum</i>	2015	4	4	3
364	Sarikaya	<i>C.reticulatum</i>	2013	3	4	4
957	Kayali	<i>C.echinospermum</i>	2015	4	4	4
464	Sirnak	<i>C.reticulatum</i>	2014	4	3	4
720	Yesilkoy	<i>C.reticulatum</i>	2014	4	3	4
155	Dereici	<i>C.reticulatum</i>	2013	4	3	4
1151	Uzumzu	<i>C.reticulatum</i>	2015	4	3	4
833	Ergen	<i>C.echinospermum</i>	2015	4	4	4
778	Boz	<i>C.echinospermum</i>	2015	4	4	4
711	Yanilmaz	<i>C.reticulatum</i>	2014	4	4	3
102	Cudi	<i>C.reticulatum</i>	2013	3	4	4
271	Kesentas	<i>C.reticulatum</i>	2013	0	3	4
323	Ortanca	<i>C.echinospermum</i>	2013	4	4	4
1045	Narlikoya	<i>C.pinatifidum</i>	2015	4	4	4
41	Baristepe 3	<i>C.reticulatum</i>	2013	4	2	3
524	Ekinduzu	<i>C.reticulatum</i>	2014	4	4	2
32	Baristepe 3	<i>C.reticulatum</i>	2013	4	4	4
988	Kokluce	<i>C.echinospermum</i>	2015	4	3	4
716	Yesilkoy	<i>C.reticulatum</i>	2014	4	3	4
1107	Tepe koy	<i>C.pinatifidum</i>	2015	4	4	4
21	Baristepe 2	<i>C.reticulatum</i>	2013	4	4	3
557	Kaymakam Çeşmesi	<i>C.reticulatum</i>	2014	4	4	4
935	Karpuzcsu	<i>C.echinospermum</i>	2015	4	4	4
377	Savur	<i>C.reticulatum</i>	2013	4	4	4
202	Kalkan	<i>C.reticulatum</i>	2013	4	3	4
118	Cudi 2	<i>C.reticulatum</i>	2013	4	3	3
714	Yanilmaz	<i>C.reticulatum</i>	2014	4	3	4
509	Ekinduzu	<i>C.reticulatum</i>	2014	4	4	3
195	Gunasan	<i>C.echinospermum</i>	2013	4	4	3
1111	Tepe koy	<i>C.pinaifidum</i>	2015	4	4	4
500	Doganca	<i>C.reticulatum</i>	2014	4	2	2
825	Ergen	<i>C.echinospermum</i>	2015	4	4	2

Çizelge 4.5. (devam)

82	Cermik	<i>C.echinospermum</i>	2013	4	4	4
68	Beslever	<i>C.reticulatum</i>	2013	4	4	4
1051	Narlikoya	<i>C.pinatifidum</i>	2015	3	4	4
467	Sirnak	<i>C.reticulatum</i>	2014	4	4	4
177	Destek	<i>C.echinospermum</i>	2013	4	4	4
1136	Kavalkoy	<i>C.reticulatum</i>	2015	4	4	4
12	Baristepe 1	<i>C.reticulatum</i>	2013	0	4	3
680	C.pinardere	<i>C.reticulatum</i>	2014	4	4	4
189	Egil	<i>C.reticulatum</i>	2013	2	4	4
454	Kargali	<i>C.echinospermum</i>	2014	4	4	4
153	Dereici	<i>C.reticulatum</i>	2013	2	4	4
818	Dagarasi	<i>C.reticulatum</i>	2015	2	1	3
806	Dagarasi	<i>C.reticulatum</i>	2015	4	2	4

4.3. Tescilli Çeşit/Hatların FOC İzolatlarına Gösterdikleri Reaksiyonlar

Tescilli genotiplerde şiddetli solgunluk izolatları ile inokulasyon haftasını takiben her skor tarihinde genel itibari ile ritmik bir artış göstererek %100 ölüm oranı gerçekleştirmiş ve her üç izolata karşı da dayanıklılık gösterememiştir (Şekil 4.4.). 6 haftalık gözlem boyunca yapılan skorlamalarda, 34 tescilli çeşidin %60'ında 3. haftadan sonra solgunluk ve sararma görülmüştür. Yine tescilli hat ve çeşitlerin tamamının dördüncü haftadan itibaren 4 skor değeri ile öldüğü görülmüştür (Çizelge 4.6.). Bu durum tescilli çeşit/hatların araştırmada kullanılan şiddetli solgunluk ırklarına ait olan FMT78/16, FMT93/16 ve FMS37/16 izolatlarına karşı son derece duyarlı olduğunu göstermiştir.



Şekil 4.2. İnokulasyon sonucu tescilli çeşitlerin zaman reaksiyon grafiği

Çizelge 4.6 Tescilli çeşit ve hatların şiddetli solgunluk izolatlarına gösterdikleri reaksiyonlar

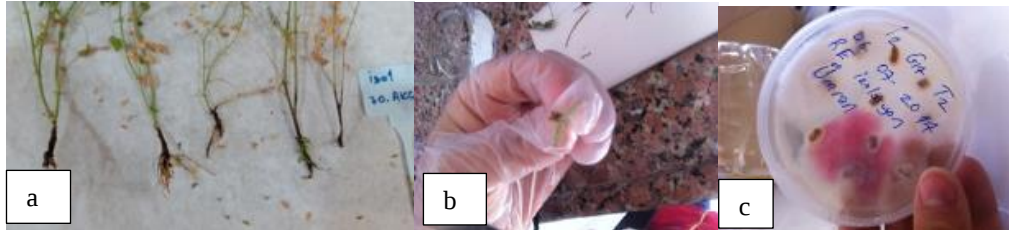
Tescilli Çeşit Adı	Tür	FMT 78/16	FMT 93/16	FMS 37/16
Akçin	C.arietinum	4	4	4
Aksu	C.arietinum	4	4	4
Arda	C.arietinum	4	4	4
Akça	C.arietinum	4	4	4
Aydın	C.arietinum	4	4	4
Azkan	C.arietinum	4	4	4
Aziziye	C.arietinum	4	4	4
Canitez	C.arietinum	4	4	4
Cevdetbey	C.arietinum	4	4	4
Çakır	C.arietinum	4	4	4
Çağatay	C.arietinum	4	4	4
Damla	C.arietinum	4	4	4
Diyar	C.arietinum	4	4	4
Dikbas	C.arietinum	4	4	4
Er99	C.arietinum	4	4	4
Eser	C.arietinum	4	4	4
Gökçe	C.arietinum	4	4	4
Gülümser	C.arietinum	4	4	4
Hisar	C.arietinum	4	4	4
Ilgaz	C.arietinum	4	4	4
Tavas	C.arietinum	4	4	4

Çizelge 4.6. (devam)

Işık	C.arietinum	4	4	4
İnci	C.arietinum	4	4	4
İzmir	C.arietinum	4	4	4
Küsmen	C.arietinum	4	4	4
Menemen	C.arietinum	4	4	4
Sarı	C.arietinum	4	4	4
Seçkin	C.arietinum	4	4	4
Sezenbey	C.arietinum	4	4	4
Uzunlu	C.arietinum	4	4	4
Yaşa	C.arietinum	4	4	4
TAEK-Sağel	C.arietinum	4	4	4
Zuhal	C.arietinum	4	4	4
Hasanbey	C.arietinum	4	4	4

4.4. FOC İzolatlarının Re-İzolasyonu

FOC izolatları ile inokule edilen tüm bitkilerden etmenler geri kazanılmıştır. Bu durum tüm bitkilerin FOC izolatları ile enfekte olduğunu göstermektedir (Şekil 4.3.).



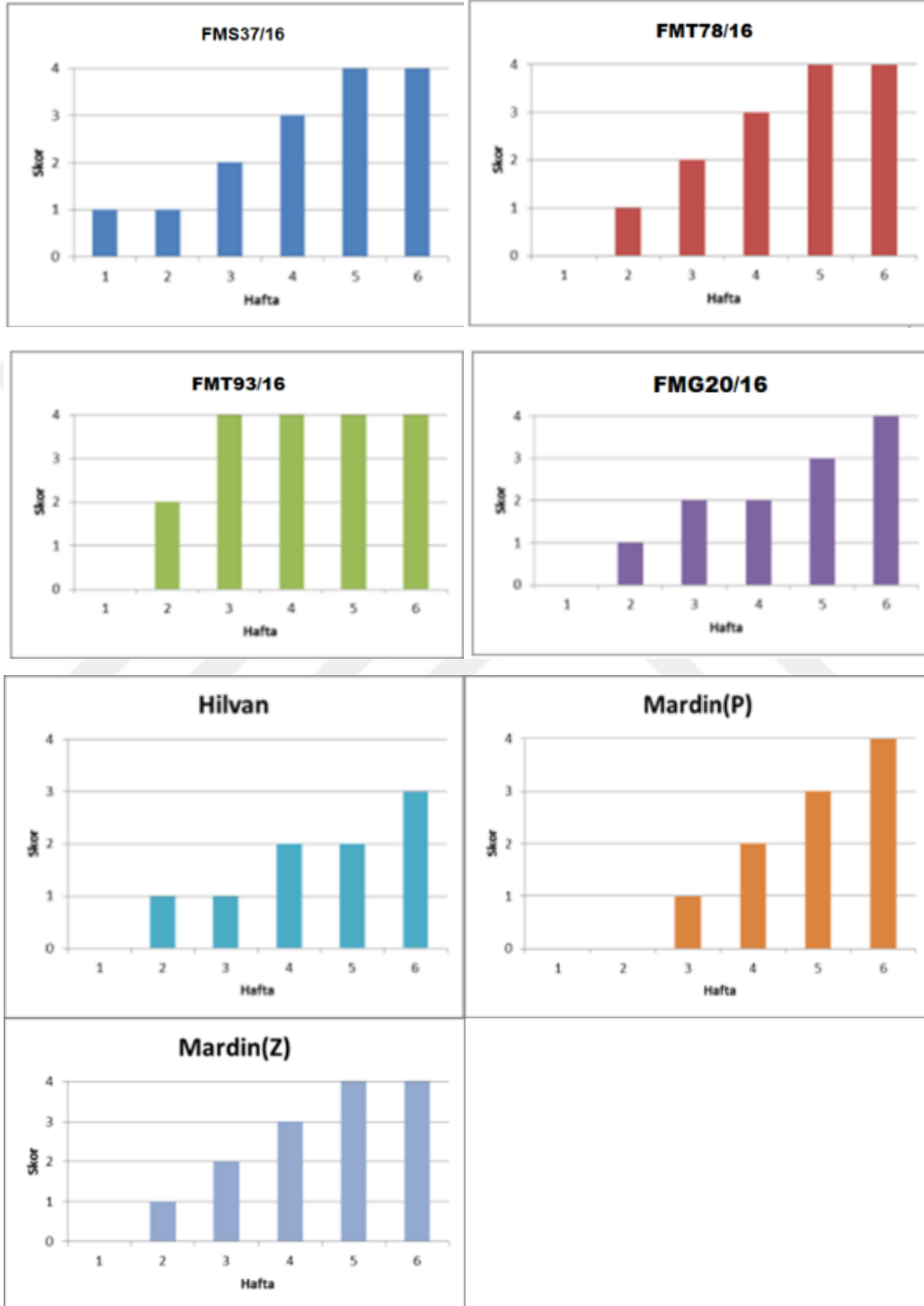
Şekil 4.3. FOC İnokulumu uygulanmış bitkilere Re-izolasyon uygulaması. (a) enfekteli bitki, (b) bitkinin iletim demetlerindeki enfeksiyon durumu, (c) enfekteli bitki parçalarının PDA'da oluşturdukları fungal kültürler

4.5. İnokulasyon Yöntemlerinin Kıyaslanması

4.5.1. Kök daldırma yöntemi

Hassas ILC 482 çeşidinin kullanıldığı çalışmada bütün bitkilerde FOC'e özgü semptomlardan olan solgunluk ve ileriki aşamalarda akropetal sararmalar

gözlemlenmiştir. İzolatlara bitkinin verdiği reaksiyon sonucu alınan skala değerleri Şekil 4.4.'te verildiği gibi haftalara göre değişiklik göstermiştir.



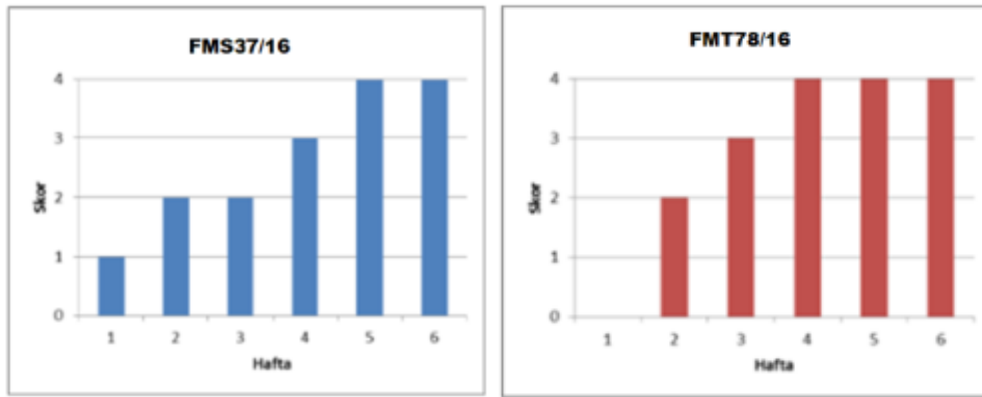
Şekil 4.4. FOC izolatlarının kök daldırma metodu ile uygulanması

Şiddetli solgunluk ırklarına ait bir izolat olan FMT93/16 izolatının hassas ırk ile muamelesi sonucu 3 haftadan itibaren %100 ölüm görülmüştür. FOC ırklarına karşı hassas olan ILC 482 çeşidinin şiddetli solgunluk ırklarına gösterdiği bu hızlı reaksiyon özellikle FMT93/16 izolatının erken evrede testleme yapılacak olan genotiplerin toleranslılık durumunu belirlemede kullanılabileceği öngörülmektedir.

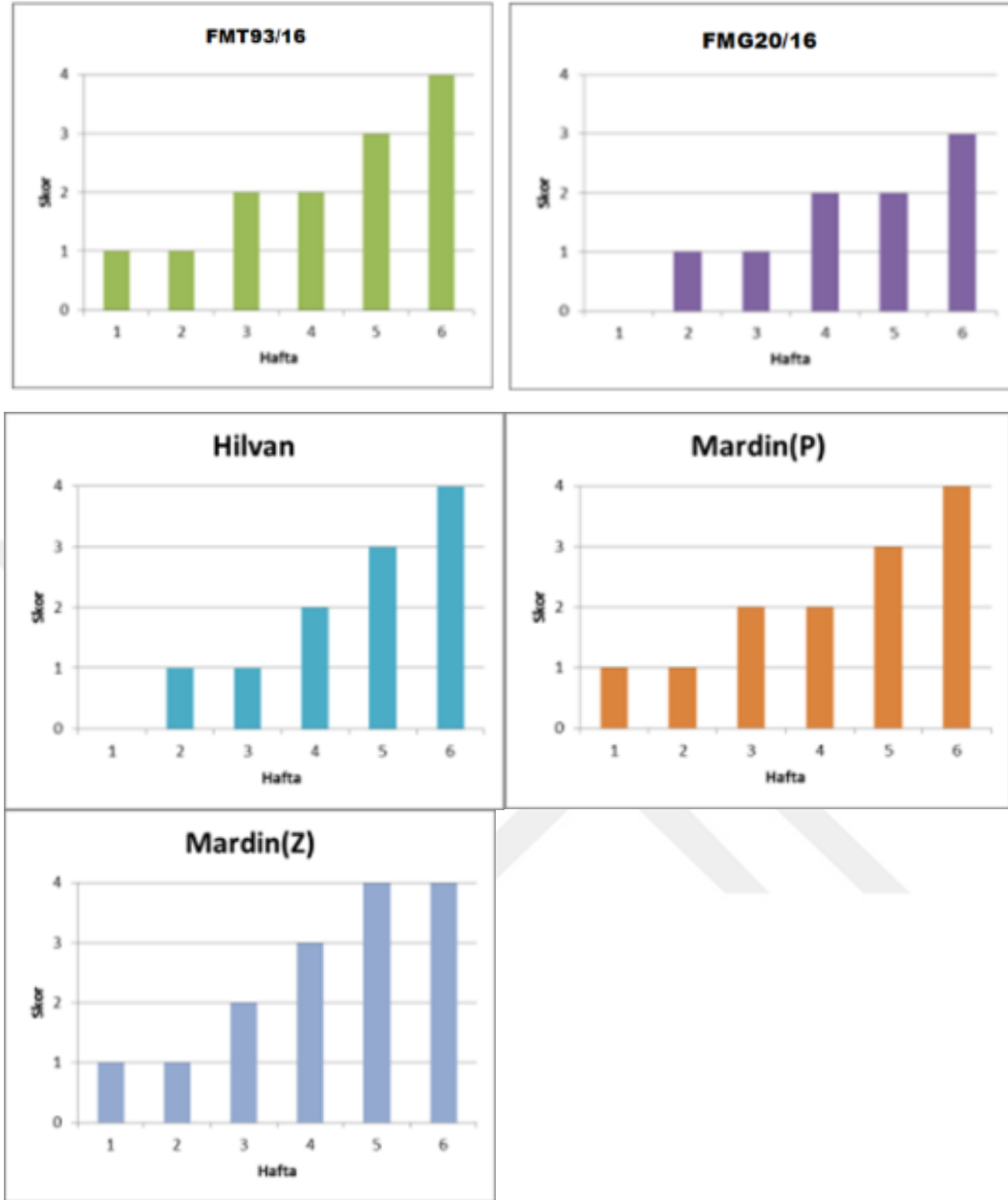
Kök daldırma metodunun prosedürüne göre gözlemler 6 hafta boyunca alınmaya devam edilmesidir. Hilvan izolatının reaksiyonları incelenecek olursa bitkilerde %100 ölüm ancak 6. hafta ile birlikte görülmüştür. Bu nedenle kök daldırma metodunda genotiplerin değerlendirilmesi için 6 haftalık sürenin yeterli olduğu öngörülmektedir.

4.5.2. Toprak inokulasyon yöntemi

2-3 haftalık fidelerin kullanıldığı bu çalışmada hastalık semptomlarının ilk görüldüğü andan itibaren periyodik olarak gözlemler alınmıştır. Şekil 4.5.'te verilen grafiklerde bitkide semptom oluşumunun zamana göre dağılımı verilmiştir.



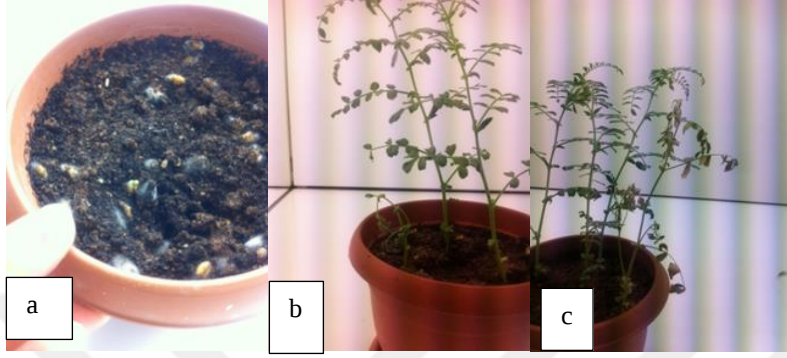
Şekil 4.5. FOC izolatlarının toprak inokulasyonu metodu ile uygulanması



Şekil 4.5. (devam)

Kök daldırma yöntemi uygulanarak yapılan bu çalışmada FMT78/16 izolata 4. haftada %100 ölüm oranını göstermiştir. Şiddetli solgunluk ırklarının nohut bitkisinde sararmalara nazaran daha çok verim kayıplarına neden olduğu bilinmektedir. FMT78/16 izolatu yine dayanıklılık çalışmalarında bitkinin hassas/tolerant olduğunu belirlemede kullanılabilir bir izolattır.

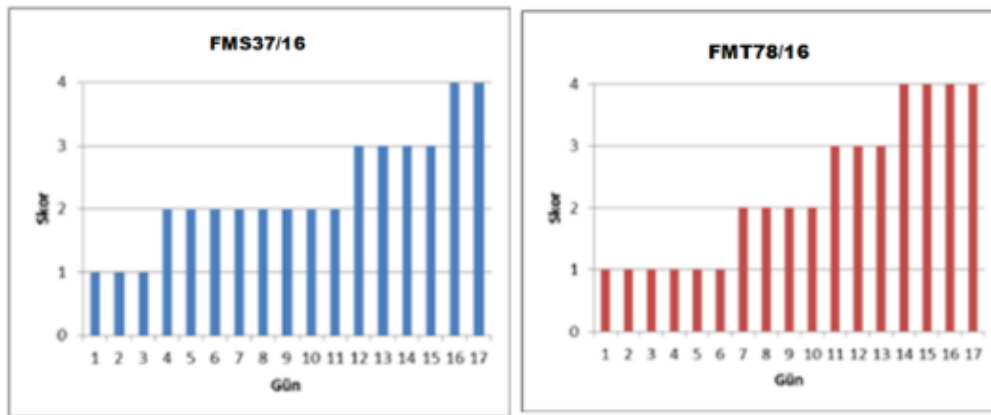
Toprak inokulasyonu metodu hastalık belirtilerinin görece olarak daha ağır gerçekleştiği fakat net olduğu bir inokulasyon yöntemi olarak belirlenmiştir. FMT78/16 izolatı 4. haftadan itibaren %100 ölüm gösterirken FMG20/16 izolatında ise reaksiyon hızı yavaş seyretmiş ve 6. haftada %100 ölüm göstermiştir (Şekil 4.6.)



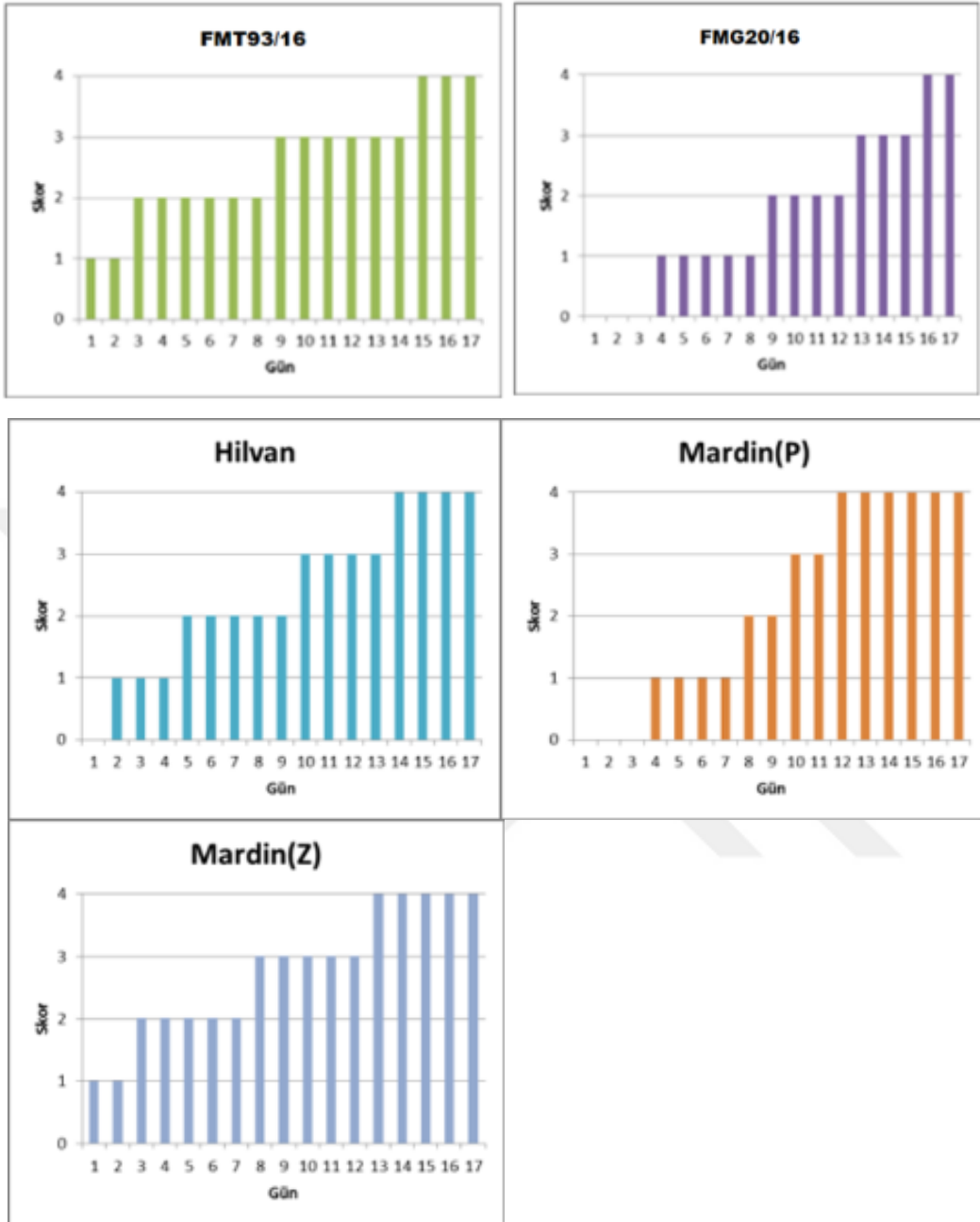
Şekil 4.6. Toprak İnokulasyonu Uygulanmış Bitkiler Ait Solgunluk ve Sararma Belirtiler. (a) İnokulasyon ortamının hazırlanması (B) bitkilerde akropetal sararma, (c) bitkilerde solgunluk belirtisi

4.5.3. Suda inokulasyon yöntemi

Bu inokulasyon yönteminde gözlemler günlük olarak alınmıştır ve hastalığın ilerleyişi Şekil 4.7.'de verildiği gibi hızlı olmuştur. Şekil 4.8.'de suda inokulasyon yapılan bitkilerin gösterdiği reaksiyonlar görülmektedir.

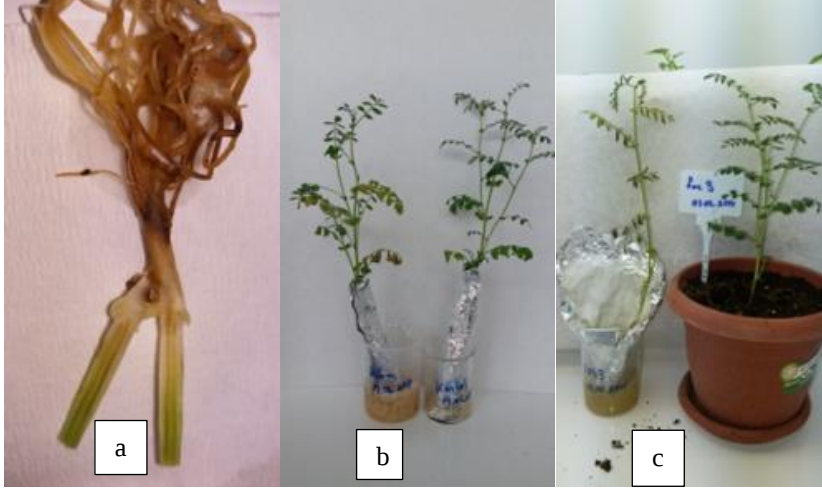


Şekil 4.7. FOC izolatlarının suda inokulasyon metodu ile uygulanması



Şekil 4.7. (devam)

Suda inokulasyon metodu ile yapıla bu taramada izolata bakılmaksızın genel bir ifade ile bitkilerin %100 ölümü en erken 12. günde en geç 16. günde gerçekleşmiştir. Oldukça hızlı olan bu tarama yönteminde Mardin izolatları çok erken evrede (12. gün) hassas çeşitte %100 ölüm oranını göstermiştir. FMS37/16 izolatı ile FMG20/16 izolatları 16. günde %100 ölüm gerçekleştirmişlerdir.



Şekil 4.8. Suda İnokulasyon Uygulanmış Bitkilere Ait Solgunluk ve Sararma Simptomları. (a) enfeksiyonun iletim demetlerini sarması, (b) suda inokulasyon ile bitkilerin gösterdikleri belirtiler, (c) 10.günde toprak inokulasyonuna göre bitkide sararma ve solgunluk

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Dünyanın temel sorunu olan küresel ısınma ve nüfus yoğunluğunun doğurduğu açlık ve yetersiz beslenme üzerinde durulması gereken öncelikli konu haline gelmiştir (Hudi ve ark., 2016; Upadhyaya ve ark., 2016). Gelişmekte olan ülkelerde besin ve gıda sorunlarının çözülmesine katkı sağlayacak ürünlerden olan nohut, yüksek protein miktarının yanında doymamış yağ asitlerinden linoleik ve oleik ile kalsiyum, magnezyum, fosfor ve potasyum gibi mineralleri ve riboflavin, vitamin niasin, vitamin tiamin ile folat ve A vitamini öncüsü β -karoten vitamini gibi değerli besin öğelerini ihtiva etmektedir (Ak ve ark., 2012). Toprak ve iklim seçiciliği az olan ve dünyada yaygın olarak yetiştirilen nohutta hastalıkların önüne geçilerek ürün kayıplarının önlenmesi gerekmektedir (Tanyolaç ve ark., 2021). *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris* diğer vasküler solgunluk patojenleri gibi bitkide iletim demetlerini istila ederek bitkide solgunluk ve sararmalara sebep olmaktadır (Kocalar 2020). Toprakta klamidiospor formunda inaktif halde uzun yıllar bekleyebilen ve konukçu varlığında eşeysiz çoğalıp kök bölgesinde koloize olabilmektedir. Bitkiye girişi için yara benzeri açıklığa ihtiyacı olmayan patojen bitkide ksileme saldırmakta ve burada gelişerek miselleri aracılığı ile tıkanıklık yaratarak mekanik zararlanmalara sebep olmaktadır. Patojenle mücadelenin en etkin, ekonomik ve çevreye duyarlı yolu dayanıklı çeşit kullanımıdır (Jimenez Diaz ve ark., 2015). Bu nedenle FOC'a dayanıklı popülasyonların oluşturulması, bitki ıslah programları için çok önemlidir (Tanyolaç, 2021). Genetik çeşitlilik ıslah programlarının temel unsurudur (Tanyolaç ve ark., 2021). Nohut gen kaynakları içinde birçok hastalığa dayanıklı genotipler mevcuttur. Bu genotiplerin belirlenmesi ve yetiştiriciliği yapılan kültür çeşitlerine aktarılması büyük önem taşımaktadır (Tekeoğlu ve ark., 2000).

Son yüzyıllık dilimde tarımı yapılan kültür nohudunda yoğun ıslah programları sonucu gen havuzunda daralma yaşanmıştır. Nohutun farklı stres unsurlarına (hastalık, zararlı, olumsuz çevre koşulları dayanıklılığı gibi) direncini arttırmak amacı ile kültürü yapılan nohudun yabani akrabaları ve birincil gen havuzunu oluşturan *C. reticulatum* ile ıslah çalışmaları yapılmaktadır (Tanyolaç ve ark., 2021).

Cicer reticulatuma ait 116 genotip ve *Cicer arietinum*a ait 201 genotiple çalışan Tanyolaç ve ark. (2021) yabancı *Cicer* genotiplerinde FOC ırk 0 ve ırk 2 ye karşı dayanıklılık tespit etmişlerdir. FOC ırk 0'a 107 genotipi dayanıklı ve 9 genotipi Dayanıklı/Tolerant tespit etmişlerdir. Irk 2'ye karşı ise aksi bir durum söz konusu olup sadece 2 dayanıklı ve 2 dayanıklı/tolerant, 54 hassas genotip tespit etmişlerdir. *Cicer reticulatum* genotiplerinde ırk 0'a karşı yüksek dayanıklılık tespit eden araştırmacılar *Cicer reticulatum* genotiplerinde yüksek oranda dayanıklılık olduğunu tespit etmişlerdir (Tanyolaç ve ark., 2021). *Cicer reticulatum* bu tezde de 0 skoru ile tam dayanıklılık gösteren yabancı genotip türüdür. Tezde 42 tane genotip taramaya alınmış ve 3 adet dayanıklı ve 2 adet Dayanıklı/Tolerant genotip tespit edilmiştir. *Cicer reticulatum* Türkiye'nin Doğu Anadolu Güneydoğu Anadolu Bölgesine özgü bir türdür (Kocalar, 2020). Kültürü yapılan nohutun (*Cicer arietinum*) birincil gen havuzunu oluşturan bu genotiple melezleme yapılabilmektedir (Ladizinsky, 1975; Muehlbauer ve ark., 1994).

İnfantino ve Singh (1996) toplamada 102 yabancı genotiple (*C. arietinum*, *C. echinospermum*, *C. yamashitae*, *C. pinnatifidum*, *C. reticulatum*, *C. judaicum* ve *C. bijugum*) dayanıklılık taraması yaptıkları çalışmada 23 adet *Cicer reticulatum* genotipinden 7 adet dayanıklı genotip, 7 genotip ise orta hassasiyet göstererek yapılan taramada en fazla dayanıklı genotipe sahip tür olarak öne çıkmaktadır (İnfantino ve ark., 1996). Çalışmamızda yine *Cicer reticulatum* türü 3 dayanıklı genotiple en fazla dayanıklı genotipe sahip tür olarak öne çıkmıştır. Bu çalışmada *Cicer echinospermum* türüne ait 20 genotiple FOC İzolatalarına karşı reaksiyonları belirlenme çalışmasında iki genotip tolerant (2 skor değeri ile) tespit edilmiştir. İnfantino ve ark. (1996) dört *C. echinospermum* genotipi ile yürüttükleri çalışmalarında 1 genotipi dayanıklı tespit etmişlerdir ve kendi çalışmaları içinde yüksek dayanıklılık gösteren tür olarak isimlendirmişlerdir. Çalışmalarında 25 adet *C. pinnatifidum* ile de dayanıklılık taraması yapan araştırmacılar bu genotiplerde dayanıklılık tespit edemezken bu durumun çalışılan genotip sayısının az olması ile ilişkilendirmişlerdir.

Bu tezde dört *C. pinnatifidum* ile çalışılmıştır ve kök daldırma metodu uygulanarak kullanılan izolatlara karşı dayanıklı/tolerant reaksiyon gözlemlenmemiştir.

Kaiser ve ark. (1994), 11 yabancı türün (*C. yamashitae*, *C. bijugum*, *C. canariense*, *C. pinnatifidum*, *C. cuneatum*, *C. echinospermum*, *C. chorassanicum*, *C. oxyodon*, *C. judaicum*, *C. reticulatum* ve *C. anatolicum*) dahil olduğu 52 genotipte FOC ırk 0 ve ırk 5'e karşı kök daldırma yöntemi ile saksı denemlerinde dayanıklılık taraması yapmışlardır. Türkiye kökenli olduğunu belirttikleri materyallerden *Cicer reticulatum* türlerinde FOC ırk 0'a karşı dayanıklılık tespit ederken ırk 5'e karşı dayanıklılık tespit etmemişlerdir. FOC ırk 5 bitkide solgunluk belirtilmelerine sebep olan yüksek virülensliğe sahip bir ırktır (Kaiser ve ark., 1994).

Bu tezde de şiddetli solgunluk yapan ırklarla saksı denemeleri yürütülmüştür. Çalışmamızda *C. reticulatum* türü ile yapılan taramada 3 adet dayanıklı ve 2 adet Dayanıklı/Tolerant genotip tespit edilmiştir. Hem bu tezde hem de sözü geçen çalışmada diğer iki ortak yabancı genotip ise *C. echinospermum* ve *C. pinnatifidum*'dur. Çalışmamızda *C. echinospermum* Tolerant reaksiyon gösterirken *C. pinnatifidum* ise yüksek hassasiyet göstermiştir. Kaiser ve ark. (1994), ise *C. echinospermum* ve *C. pinnatifidum* genotipleri için sırası ile hassasiyet ve dayanıklılık tespit etmişlerdir.

Haware ve ark., (1992) ICRISAT bünyesinde 40 farklı ülkeden temin edilen gen kaynağı niteliğindeki 13500 hatta dayanıklılık taraması yapılmıştır. Söz konusu çalışmada araştırmacılar hastalık parselinde elde ettikleri sonuçları ve saksı denemesi ile kıyaslayarak aynı ve daha sağlıklı sonuçlar elde etmeyi hedeflemiştir. Çalışmada kullanılan materyallerin 160 tanesinde hem tarla hem de saksı denemesinde dayanıklılık tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre dayanıklı genotiplerin çoğunluğu Hindistan (5 750 hattan 96 adet) ve İran (4 670 hattan 51 adet) kökenlidir. Türkiye'den 440 hat temin edilmiş ve bu hatlardan 2 tanesinde dayanıklılık tespit edilmiştir. Araştırmacılar Hindistan'da tespit edilen bu yüksek orandaki dayanıklılık sayısının sürpriz olmadığını çünkü Hindistan'ın nohut çeşitliliğinin gen kaynağı olduğunu belirtmişlerdir (Haware ve ark., 1992).

Bu tezde kullanılan 66 yabani genotip nohutun gen merkezi olan Türkiye'nin doğal florasından temin edilmiştir. Gen kaynaklarının verimli kullanılması için gerekli çalışmaların (dayanıklılık taraması, verim, kalite vb. unsurların) yapılması önem taşımaktadır.

Pakistan'da 158 nohut genotipinde Nükleer Tarım ve Biyoloji Enstitüsü'nde (NIAB) bünyesinde dayanıklılık taraması yapılmıştır. Yapay inokulasyon ile hastalık parselinde yapılan taramada genotipler erken ve geç solgunluk evrelerinde farklı reaksiyonlar göstermişlerdir. Fide evresinde dayanıklı 107 genotip tespit edilmiştir. Ancak olgunlaşma evresine yakın evrede hastalık insidansı giderek yükselmiş ve dayanıklı tespit edilen birçok genotip duyarlı olarak tespit edilmiştir. Her iki gözlemlene evresinde de sürekli dayanıklılık gösteren 3 genotip olmuştur. Araştırmacılar sözü edilen bu genotiplerin piramit dirençli genlere yönelik ıslah programlarında kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Bakhsh ve ark., 2007).

Bu tezde kullanılan genotipler bahsi geçen çalışmaya atfen farklı izolatlarla farklı tepkiler göstermiş ayrıca skorlama tarihleri arasında da çeşitlik göstermiştir. Bu çalışmada FMT93/16 izolatına 2 genotip Dayanıklı/Tolerant ve 6 genotip tolernat, FMT78/16 genotipine 5 genotip tolerat, FMS37/16 genotipine 3 genotip tolerat reaksiyon göstermiştir. Dayanıklılık ve Orta Hassas olarak tespit edilen genotipler için ise yine piramit dirençli genlere yönelik ıslah programları için materyal olabileceği söylenebilir.

Belaidi (2016)'nin iki farklı tarama tekniği ile FOC ırk 1 ve ırk 2'ye karşı testlemiştir. Kullanılan teknikler toprak inokulasyonu ve kök daldırma yöntemi ile benzer ilkeleri içeren FOC kontaminasyonlu su ortamında inokulasyondur. Gen kaynağında temin edilen 13 hattın tarandığı bu çalışmada her iki yöntemle de örtüşen sonuçlar tespit edilmiştir. Tarama sonucunda 3 hatta dayanıklılık tespit edilmiştir. Araştırmacı gen kaynaklarında yapılan taramaların nohut ıslah programlarında önemli olduğunu belirtmektedir.

Bu bağlamda bu tezde kullanılan yabancı genotipler özellikle yeni direnç kaynaklarının belirlenmesinde önem arz etmektedir (Belaidi, 2016).

Tescilli çeşitlerin şiddetli solgunluk izolatlar ile dayanıklılık taramasının yapıldığı bu çalışmada ulaşılan sonuçlar daha önce yine tescilli çeşitlerle yapılan çalışmalarla birçok noktada benzer ve bunun yanında farklılıklar da tespit edilmiştir. Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsünce geliştirilen Canıtez tescilli çeşidi tescil kayıtlarında pas hastalıklarına orta dayanıklı olduğu belirtilmiştir. Ancak bu çeşiti Dolar (1995)'ın yaptığı bir çalışmada *F. oxysporum*'a izolatına karşı yüksek hassasiyet gösterdiğini bildirmiştir. Bunun yanında Martin (2004)'in Canıtez tescilli çeşidini kök daldırma ve toprak inokulasyonu yöntemlerini kullanarak FOC un 0, 2, 3 ve 5 ırkları ile testlemiştir ve uygulanan ırklara karşı tolerant olarak tespit etmiştir. Bu çalışmada ise Canıtez çeşidi uygulanan üç izolata da hassas çeşit olmuştur. Genotiplerin yani konukçuların patojene dayanıklılığı farklı *Fusarium* ırklarına göre farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Jimenez-Diaz ve ark., 2015). Söz konusu olan bu çalışmalarda yaşanan bu durumun, dayanıklı olarak kabul edilen genotiplerin performansının FOC izolatları arasında bulunan fizyolojik ırk çeşitliliği nedeniyle bölgeden bölgeye farklılık göstermesinin bir sonucu olabileceği göz önüne alınmalıdır (Sahrma ve ark., 2009).

Bu çalışmada GAP Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğünce tescil ettirilen ve *Fusarium* solgunluğuna reaksiyonu hakkında kayıt bulunmayan ILC 482 çeşidi kontrol bitkisi olarak kullanılan hassas bitki olarak görev almıştır. Dolar (1995)' yine ILLC 482 çeşidini hassas olarak belirlerken Martin (2004) yaptığı çalışmada bu hssas çeşidi toleranslı olarak kayıt altına almıştır.

Aziziye nohut çeşidi Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünce tescil ettirilen çeşit *Ascochyta* yanıklığına orta toleranslı olduğu belirtilmiştir. Aziziye çeşidi Demirci ve ark. (1998)'in çalışmalarında *Fusarium* solgunluğuna oldukça hassas olduğu belirtilmiştir. Aziziye çeşidi Martin (2004) 'nin çalışmasında ırk 0 dayanıklı reaksiyon gösterirken ırk 2 ve ırk 5'e toleranslı olmuş ve ırk 3'e ise hassas olarak bulunmuştur. Bu tezde diğer tescilli çeşitlerde olduğu gibi Aziziye çeşidinde de dayanıklılık tespit edilememiştir.

Gözlemlenen bu skor varyabilitesi başka çalışmalarda da kendini göstermiştir. Halila ve Strange (1996), hastalık parseli kullanarak 1915 kabuli tip nohut hattında dayanıklılık taraması yapılmıştır. Çalışmaları boyunca yaptıkları gözlemlerde bu tezde de gözlemlenen skor çeşitliliği durumunu kaydetmişlerdir. Araştırmacılar 1915 hat içerisinde 66 hattın ikinci gözlem tarihinde bodurluk, yapraklarda epinasti (aşağı doğru kıvrılma), kloroz ve ölüm gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada bir skor tarihinde sağlıklı olarak kaydedilen bir hattın bir diğer skor tarihinde ani ölüm gerçekleştirdiğini belirtmişlerdir.

Bitkilerin dayanıklılığının belirlenmesinde yapılan taramanın etkili olabilmesi için bitkilerin inokuluma maruz kaldığı doğal çevre koşulların doğru bir şekilde simülasyonu gereklidir. Bitki ve patojen için inokulasyon ve inkübasyon koşulları belirlenmeli ve uygulanmaya aktarılmalıdır. Bu sayede dirençli ve duyarlı genotipler kolaylıkla ayırt edilmesi sağlanabilir (İnfantino ve ark., 2006).

Bu tezde inokulasyon çalışmalarında kullanılan 3 metot etkinlik, hız ve uygulanabilirlik açısından değerlendirilerek uygulanmıştır.

Toprak inokulasyonu yöntemi inokulum kaynağının saksıda toprağa karıştırılması, hastalığın bitkiyi sarması için toprağın nemi tutularak birkaç gün bekletilmesi ve hassas çeşidin ekilerek toprağın inokulum seviyesinin bitkiyi hastalandıracak seviyede olduğunun belirlenmesi esaslarına dayanır (Nene ve ark, 1981). Nene ve Haware (1980), saksıda yapılan dayanıklılık taramasının yılın herhangi bir zamanında ve sadece 60 gün içerisinde yapılırken arazi koşullarında hastalık parselinde yapılan taramanın hem mevsime bağlı kalınmak zorunda olduğunu hem de yaklaşık 4-6 aylık bir zaman aldığını belirtmektedirler. Yine aynı çalışmada toprak inokulasyon metodunun arazi şartlarında alınan verilerin doğrulanması için kullandığı belirtilmiştir. Haware ve ark., (1992). ICRISAT bünyesinde 40 farklı ülkeden temin edilen gen kaynağı niteliğindeki 13 500 hatta dayanıklılık taraması yapılmıştır. Söz konusu çalışmada araştırmacılar hastalık parselinde elde ettikleri sonuçları ve saksı denmesi ile kıyaslayarak aynı ve daha sağlıklı sonuçlar elde etmeyi hedeflemiştir.

Çalışmada kullanılan materyallerin 160 tanesinde hem tarla hem de saksı denemesinde dayanıklılık tespit edilmiştir.

Çalışmamızda sözü geçen araştırmacılarla benzer sonuçlar elde edilmiştir. 6 haftalık gözlem süresi ve öncesinde 2 haftalık bitkilerin elde edilmesi için geçen süre ve ilk semptomların ortaya çıkması için geçen süre de eklenirse yaklaşık 50-55 günlük bir tarama zamanı olmaktadır.

Kök daldırma yolu ile inokulasyon Nene ve Haware tarafında (1980) geliştirilen bir yöntemdir. Zaman içinde bazı modifikasyonlara uğrasa da en çok tercih edilen ve birçok araştırmacı tarafından da kullanılan bir yöntemdir (Infantino ve ark., 2006; Kaiser ve ark., 1994).

Yine 2 haftalık fidelerin kullanıldığı bu çalışmada hastalık semptomlarının görüldüğü andan itibaren periyodik olarak gözlemler alınmıştır. Bu metodun esasları arasında olan fidelerin inokulasyondan önce kök uçlarının yıkanması ve kesildikten sonra hastalık ortamına batırılarak bitkilerin inokule edilmesi aşamalarında bazı aksaklıkların yaşanabileceği gözlemlenmiştir. İnokulasyondan önce bitkilerin kök uçlarının kesilmesinin bitkiyi strese koyduğunu ve meydana gelen semptomların stres kaynaklı olabileceği bununda gözlemler sırasında sıkıntılar meydana getirebileceği düşünülmektedir. Saksıya aktarma sırasında bitkiler yapılan muameleleri tolere edemeyip erken dönemde ölebilmektedir. Bununla birlikte metot *fusarium* semptomlarının görülmesinde ve daha sonrasında patojenin re-izlasyonunda başarılı olmuştur.

Bu çalışmada da yine 2 haftalık fideler ile 6 haftalık gözlem süresi ile birlikte ortalama 48-50 günlük bir zaman dilimine ihtiyaç duyulmaktadır.

Suda inokulasyon yöntemin oldukça hızlı sonuç vermesinin yanında pratik bir uygulamaya da sahip olduğu gözlemlenmiştir. Yaklaşık 15 ila 20 gün içerisinde inokulum ve inkübasyon sağlanmakta ve bitkilerde semptomların oluştuğu gözlemlenerek skala değerlendirilmesi yapılabilmektedir. Nene ve Haware (1980)'in

su-kültürü (water-culture) metodunda bazı modifikasyonlar yapılarak uygulanan yöntem diğer yöntemlere nazaran hem inokulasyonun sağlanması hemde hızı açısından öne çıkmıştır. Suda inokulasyon yöntemi 1996'da Infantino ve ark. tarafından da yabani *cicer* türlerinin taramasında başarı ile uygulanmıştır (Infantino ve ark. 1996). İlk çalışmalarda suda inokulasyon yöntemi tarla ve saksı denemesindeki elde edilen sonuçları doğrulamak amaçlı kullanılmıştır. Belaidi (2016) çalışmasında 10^6 konidi/ml sporsüspansiyonu hazırladığı test tüplerinde 21 günlük bir sürede ve kök daldırma yöntemi ile FOC ırk 1 ve ırk 2'ye karşı gen kaynağından temin edilen 13 hattın taramasını yapmıştır. Her iki yöntemin sonuçlarının bir biri ile örtüştüğünü bildirilmiştir.

Bu tezde suda inokulasyon yöntemi ile 15 günlük gözlem süresi ve 2 haftalık fide yetiştirmek için geçen süre de dahil edilmesi ile toplamda 28 günlük bir sürede tarama yapılmıştır.

Nohut gerek dünyada gerek ülkemizde üretim miktarı artmakla birlikte istenilen verim seviyesine ulaşamayan önemli bir tane baklagil bitkisidir. Üretimde verimi kısıtlayan çeşitli sebepler arasında ilk sıralarda yer alan kök çürüklüğü ve solgunluğa sebep olan kök patojenleridir. Özellikle *Fusarium oxysporum ciceris* nohutta sararma ve solgunluğa sebep olan ve kültürü yapılan başta olmak tüm önemli nohut türlerine etkili, (Kheni ve ark., 2017) farklı 8 ırka sahip bir fungal etmendir (Gasco-Jimenez ve ark., 2004). Fakültatif saprofit olan etmen bu özelliği ile toprakta dayanıklı klamidiospor ve misel olarak literatürde (Jendoubi ve ark., 2017; Haware ve ark., 1996) belirtildiği üzere 6 yıla kadar canlılığını yitirmeden kalabilmektedir. Bunun yanında fungus hiçbir simptom göstermeksizin bazı yabani ot ve bezelye, mercimek gibi kültürü yapılan bitkilerin kök bölgelerinde lokalize olarak kalabilmekte ve bir sonraki ekim sezonuna ve ekim alanına taşınabilmektedir. Bu durum toprağın enfekte edebilme durumunu daha da uzatmaktadır. *Fusarium oxysporum* türleri her ne kadar ekonomik anlamda değerli bitkileri hastalandırma kabiliyetinden dolayı üzerinde çokça çalışılmış olsa da bu yayılabilme ve ekolojik aktivitesi bakımından da çeşitli, geniş bir repertuvara sahiptir (Gordon ve Martyn, 1997). Bütün bu özellikler göz önüne

alındığında hastalıkla mücadele oldukça güç olmaktadır (Martin, 2004; Haware ve ark., 1990; Sharma ve ark., 2014; Tullu, 1996).

Nohut *Fusarium* solgunluğu hastalığı ancak birkaç mücadele yönteminin birlikte entegre edilerek kullanılması ile engellenebilmektedir. Bu entegre mücadele tekniklerinin birlikte kullanılması hem mücadele tekniklerinin uygulama zorluğu hemde ekonomik olmayışı hastalıkla mücadeleyi kısıtlamaktadır. *Fusarium* solgunluğu ile etkin ve ekonomik bir mücadelenin ancak dayanıklı çeşitlerin ekimde tercih edilmesiyle olacağı bir çok çalışmada belirtilmiştir (Tanksley ve ark., 1992; Haware ve ark., 1990; Jimenez-Diaz ve ark., 2015). Bununla birlikte çalışmalar halihazırdaki gen kaynakları içerisinde *fusarium* solgunluğuna karşı direnci gösteren genlerin genetik varyasyonun düşük olduğunu bildirmektedir. Burada dikkatle durulması gereken nokta yeni gen kaynaklarının bulunması ve hastalığa dayanıklılığın araştırılması için doğadaki yabani akrabalarından yararlanması konusudur.

F. oxysporum f. sp. *ciceris* ırklarına karşı dayanıklılık, monogenik veya oligogenik olarak tanımlanır ve dayanıklılık kaynağına ve FOC'un fizyolojik ırkı ile ilişkili olarak değişebilir (Jimenez-Diaz ve ark., 2015). Nohutun yabani gen kaynakları içinde birçok hastalığa karşı dayanıklı genotipler bulunmaktadır ve bu genotiplerin tespit edilip dayanıklı genlerin kültür çeşitlerine aktarılması çok önemlidir (Tekeoğlu ve ark., 2000). *Fusarium* solgunluğu ile mücadelede dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi, üretim de verimin artması ve standartı için en ekonomik ve süre gelen bir mücadele metodu olduğu kabul edilmektedir (Sharma ve ark., 2014). Ancak ,dayanıklı kabul edilen genotiplerin performansı FOC izolatu arasında bulunan fizyolojik ırklar nedeniyle bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir (Sharma ve ark., 2009).

Bu araştırmada bazı tescilli nohut çeşit ve yabani genotiplerin FOC'a karşı dayanıklılık taraması kök daldırma yöntemi ile taranmıştır. Tescilli çeşitlerde dayanıklılık reaksiyonuna rastlanmazken yabani genotipler farklı *Fusarium oxysporum cicers* izolatlarına farklı reaksiyonlar vermişlerdir.

Tezde 66 yabancı genotip taranmıştır. Taranan bu genotipler farklı izolatlara farklı reaksiyon vermekle birlikte 15 genotip dayanıklı ve yarı dayanıklı olarak öne çıkmıştır. Öne çıkan genotiplerden 13 tanesi *C. reticulatum* türüne ve 2 tane genotip ise *C. echinospermum*'a aittir. Genotiplerin farklı izolatlara farklı reaksiyon gösterdiklerine dair en iyi örnekler iki izolata hasas olurken bir izolata dayanıklılık gösteren genotiplerdir. Genotipler HRÜ LINE ID numaralarına göre belirtilerek verilmiştir. Bunlar, Genotip 12 ve 59 izolat 1'e karşı dayanıklı iken izolat 2 ve 3 hassas reaksiyon göstermiştir. Yine dayanıklılık reaksiyonu gösteren genotip 6, izolat 1 ve 3'e hassas iken izolat 2'ye dayanıklı olmuştur. Genotip 33'te ise izolat 1'e dayanıklı izolat 2'ye hassas ve izolat 3'te ise bitkiler başka etkenlerden dolayı öldüğü için veri alınamamıştır. Çalışmada inokule edilen üç izolattan ikisine Orta Hassas olan çeşitler mevcuttur. Bunlar genotip 16 İzolat 1 ve 3'e, genotip 17 İzolat 1 ve 2'ye, genotip 52 ise izolat 2 ve 3'e karşı Orta Hassas (MS) reaksiyon göstermiştir. Bazı genotipler ise sadece bir izolata Orta Hassas reaksiyonlar göstermiştir ve öne çıkan hatlar içerisinde yer alan *C. echinospermum* türleri bu gruptadır. Genotip 2, 7 ve 36 izolat 1 ve 3'e Hassas reaksiyon göstermiş fakat izolat 2'ye Orta Hassas olmuştur. Genotip 13, 37 ve 53 ise izolat 1 ve 2'ye Hassas iken izolat 3'e Orta Hassas reaksiyon göstermiştir. Genotip 62 ve 64'te ise bitkilerin viyollerden sökülmesi, inokulasyon ortamına daldırılması ve saksıya aktarılma aşamalarında strese girip erken dönemde ölmesinden dolayı veri alamama durumu söz konusu olmakla birlikte her iki genotipte de izolat 1'e karşı orta hassas reaksiyon gözlenmiştir.

Tescilli nohut çeşitlerimizi oluşturan 34 çeşitte yapılan taramada Akçin çeşidi skorlama tarihi içerisinde 3. haftadan sonra 4 skoru ile ölmüştür. Aksu çeşidinde ilk haftalar tolerant bir seyir kaydedilmekle birlikte 3. hafta içerisinde ani bir ölüm gerçekleşmiştir. Arda, Akça, Zuhale ve Küsmen çeşitleri bu tezde yapılan gözlemlerde oldukça hassas olarak kaydedilmiş olup 2. haftadan sonra ölüm gerçekleşmiştir. Aydın çeşidi gözlem tarihi boyunca yükselen skorlar olarak ölmüştür. Azkan, Aziziye, Canitez, Çakır, Çağatay ve Cevdetbey çeşitlerinde 3. hafta ile birlikte ani bir ölüm gerçekleşmiştir. Damla, Diyar ve Dikbaş çeşitleri skorlama tarihini ilk kayıtlarında simptomsuz veya alt yapraklarda sararma şeklinde symptom göstermiş fakat 3. haftadan itibaren ölüm gerçekleşmiştir. Er 99 ve Eser çeşitlerinde 3 hafta ile birlikte

ölüm gerçekleşmiştir. Gülümser ve Gökçe çeşitlerinde 2 hafta ölüm gerçekleşmiştir. Hisar çeşidi değerlendirmeye alındığı grup içerisinde nispeten daha tolerant bir skorlama tablosu oluşturmuş fakat 6 haftalık gözlem tarihi sonucunda ölmüştür. Ilgaz, Işık, İnci, İzmir ve Tavas çeşitlerinde 3 haftadan itibaren ölüm gerçekleşmiştir. Menemen, Sarı, Seçkin, Sezenbey çeşitleri de yine 3. haftada ölen çeşitlerdir. Uzunlu, Yaşa, Taek-Sağel ve Hasanbey çeşitlerinde yine 3 gözlem tarihinde ölüm gerçekleşen çeşitlerdir. *Cicer arietinum* dar genetik tabanlı bir türdür (Singh ve ark., 2008). Bu türden geliştirilen ıslah edilen çeşitler de yine aynı dar taban üzerinden sonuç alınmak istenmektedir. Tescil edilen çeşitlerde meydana gelen bu sonuç hem kullanılan izolatların saldırganlıklarının yüksek olması hem de tescilli çeşitlerin benzer ebeveynlerden ıslah edildiği kanaatini oluşturmaktadır.

Hastalıkla mücadele sonucu yüksek verim kazanımlarının gerçekleşmesi ancak geniş bir genetik tabanla oluşturulacak dayanıklılık ıslahı programları ile mümkün olacağı ön görülmektedir.

KAYNAKLAR

- ABOU-ZEID, N.M. and HALLILA, H., 2003. Current status of chickpea diseases in Egypt. In: International Chickpea Conference, Chickpea Research for Millennium Raipur, Chhattisgarh, January, pp. 156-166, India.
- AK, J., GAUR, P., M., GOWDA, C., L. and CHIBBAR, R., N., 2012. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. British Journal of Nutrition. 108:(1),11-26.
- AKHTER, A., HAGE-AHMED, K., SOJA, G. and STEINKELLNER, S., 2016. Potential of *Fusarium* wilt-inducing chlamydospores, in vitro behaviour in root exudates and physiology of tomato in biochar and compost amended soil. Plant and Soil. 406(1-2), 425-440.
- AKEM C., 1999. Ascochyta blight of chickpea: present status and future priorities, International Journal of Pest Management, 45:131-137.
- AL-TAAE, A. K., HADWAN, H. A. and AL-JOBORY, S. A. E., 2013. Physiological races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* in Iraq. Journal of Life Sciences 7:1070-1075.
- ALTINOK, H. H. and CAN, C., 2010. Characterization of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae* isolates from eggplant in Turkey by pathogenicity, VCG and RAPD analysis. Phytoparasitica. 38(2), 149-157.
- ARUMUGANATHAN, K. and EARLE, E. D., 1991. Nuclear DNA content of some important plant species. Plant Molecular Biology Reports 9, 208–218.
- ARVAYO-ORTIZ, R. M., ESQUEDA, M., ACEDO-FELIX, E. and SANCHEZ, A., GUTIERREZ, A., 2011. Morphological variability and races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* associated with chickpea (*Cicer arietinum*) crops. Amer. J. Agric. Biol. Sci. 6:114-121.
- AYDIN, M. H., 2019. Nohut (*Cicer arietinum* L.)’ta Solgunluğa Neden Olan *Fusarium oxysporum*’un Biyolojik Mücadelesi. Turk J Agric Res 2019, 6(1): 65-72
- BAKER, K. F., 1981. Biological Control. In: Fungal wilt diseases of plants. (M.E. Mace, A.A. Bell and C.H. Beckman, eds.) New York, USA: Academic Press, 524-561.
- BAKHSH, A., IQBAL, M. S. and UL- HAQUE, I., 2007. Evaluation Of Chickpea Germplasm for Wilt Resistance. Pak. J. Bot., 39(2):583-593.
- BAL, Y. C. and TOPAL, N., 2021. Nohut (*Cicer arietinum* L.) Polen Morfolojisi ve Etkileyen Faktörler. Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi. 2651-5334
- BAYRAKTAR, H., 2006. Nohutlarda Kök Çürüklüğüne Sebep Olan Funguslar Arasındaki Genetik Farklılığın Moleküler Yöntemlerle incelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. Ankara
- BAYRAKTAR H., DOLAR, F.S. and MADEN S., 2007. Mating type groups of *Ascochyta rabiei* (Teleomorph: *Didymella rabiei*) the causal agent of chickpea blight in central anatolia. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 31 (1):41-46.

- BAYRAKTAR, H. and DOLAR, F. S., 2012. Pathogenic variability of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* isolates from chickpea in Turkey. Pak. J. Bot., 44: 821-823.
- BERGER, J. D. and TURNER, N. C., 2007. The ecology of chickpea. In: Chickpea breeding and management. Yadav, S. S., Redden, R. J., Chen, W., Sharma, B. (Eds.). Wallingford: 47-71.
- BHATTI, M. A. and KRAFT, J. M., 1992. Effects of inoculum density and temperature on root rot and wilt of chickpea. Plant Dis. 76:50-54.
- BHARDWAJ, R. and SANDHU, J. S., 2009. Pollen viability and pod formation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) as a criterion for screening and genetic studies of cold tolerance. Indian J Agric Sci 79:63-65
- BILES, C. L. and MARTYN, R. D., 1989. Local and systemic resistance induced in watermelon by formae speciales of *Fusarium oxysporum*. Phytopathology. 79, 856-860.
- CABI, 2020. *Cicer arietinum*. In: Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. www.cabi.org/isc.
- CAN, C., ÖZKILINÇ, H., KAHRAMAN, A. and ISKENDER, E., 2005. Population Analyses of *Ascochyta rabiei*, the agent of ascochyta blight of chickpea, pp: 183-190. Physiological-Biochemical and Ecological Features of Microorganisms, 14-16 November, AZERBAIJAN.
- CAN, C. and ÖZKILINÇ, H., 2008. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yetiştiriciliği yapılan nohutta zararlı yanıklık hastalığı etmeni *Ascochyta rabiei* (Pass.) Labr.'ın genetik ve patojenik varyasyonlarının belirlenmesi. TÜBİTAK-TOVAG 3387, Sonuç Raporu.
- ÇETİN, F. and KARADENİZ, E., 2012. TC. Gıda Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma Ve Eğitim Merkezi, Tarımsal Ekonomi ve Politika Araştırmaları Bölüm Başkanlığı, Baklagil Raporu. GAPUTAEM GÜNCEL, 1(1): 2148-1962.
- CORRELL, J. C., KLITTICH, C. J. R. and LESLIE, J. F., 1987. Nitrate nonutilizing mutants of *Fusarium oxysporum* and their use in vegetative compatibility tests. Phytopathology, 77:1640-1646.
- CUNNINGTON, J., LINDBECK, K. and JONES, R. H., 2007. National Diagnostic Protocol for the Detection of *Fusarium* Wilt of Chickpea (*Fusarium Oxysporum* f. sp. *ciceris*). Plant Health Australia, Canberra, Australia.
- DAVIS, P. H., 1973. The Flora of Turkey. Edinburgh: Edinburgh University Press. (3): 267-273.
- DEMİRCİ, E., EKEN, C. and KANTAR, F., 1998. Pathogenicity of Wilt and Root Rot Pathogens of Chickpea cv. Aziziye-94. J. Turk. Phytopath., 28(1-2): 25-32.
- DEMİRCİ, F. and DOLAR, F. S., 2003. Bitki artıklarının buğdayda *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium culmorum* ve *Fusarium graminearum* 'un neden olduğu kök çürüklüğüne etkileri. Tarım Bilimleri Dergisi, 9 (2):125-128.
- DIAMOND, J., 2005. Tüfek, Mikrop ve Çelik-Ön söz. Pegasus Yayınları. 15.
- DOLAR, F. S., 1995. Evaluation of Some Chickpea Cultivars for Resistance to *Ascochyta rabiei* (Pass .) Labr., *Fusarium oxysporum* and *Fusarium solani* in Türkiye. J. Turk. Phytopath., 24(1):15-22.

- DOLAR, F. S., 1997. Determination of the races of *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris* in Ankara province of Turkey. *Journal of Turkish Phytopathology* 26: 11-15.
- DOLAR, F., S., 2006. Nohutlarda solgunluga neden olan *Fusarium oxysporum f.sp. ciceris*'in Türkiye'deki mevcut patotiplerinin Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) yöntemi ile saptanması. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri. Kesin Raporu.
- DOLAR F.S. and NİRENBERG H.I., 1998. *Cylindrocarpon tonkinense* Bugn.-a new pathogen of chickpea. *Journal of Phytopathology*, 146 (10): 521-523.
- DURO ALMAZAN, M. D. 2000. Influence of the temperature, pH in vitro the races of the *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris*. Msc. thesis. Universidad the Cordoba, Cordoba, Spain.
- FARAHANI, S., MORID, B., MALEKI, M. and SABERI, S., 2015. Using SCAR Molecular Marker to Detect Resistance Genes to *Fusarium oxysporum f. sp. Ciceris* in Chickpea Cultivars and Lines. *Biological Forum – An International Journal* 7(1):1369-1376.
- FAOSTAT, 2022. Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://faostat3.fao.org/home/> Erişim: 2022
- GAUR, P. M., JUKANTI, A. K. and VARSHNEY, R. K., 2012. Impact of Genomic Technologies on Chickpea Breeding Strategies. *Agronomy*, 2:199–221.
- HALILA, H., M. and STRANGE, R., N., 1996. Identification of the causal agent of wilt of chickpea in Tunisia as *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris* race 0. *Phytopathologia Mediterranea*, 35:67-74.
- HARMAN, G. E., 2000. Myths and dogmas of biocontrol: Changes in perceptions derived from research on *T. harzianum* T-22. *Plant Diseases*, 84(4): 377-393.
- HAWARE, M. P., JIMENEZ-DIAZ, A., PHILLIPS, J.C. and HALILA, H., 1990. Integrated Management of Wilt and Root Rot, of Chickpea. ICRISAT Conference Paper no. CP 561.
- HAWARE, M. P., NENE, Y. L., PUNDİR, R. P. S. and RAO, J. N. 1992. Screening of world chickpea germplasm for resistance to *Fusarium* wilt. *F. Crop. Res.*, 30:147–154.
- HAWARE, M. P. and NENE, Y. L., 1982. Races of *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris*. *Plant Dis.* 66: 809-810.
- HAWARE, M. P., 1990. *Fusarium* wilt and other important diseases of chickpea in the Mediterranean area. *Options Mediterr. Ser. Semin.* 9:61-64.
- HAWARE, M. P., JIMENEZ-DIAZ, R. M., AMIN, K. S. and HALILA, H., 1990. Integrated management of wilt and root-rots of chickpea. pp.129-137. In: H.A. van Rheenen and M.C. Saxena (eds.), *chickpea in the Nineties: Proceedings of the Second International Workshop on Chickpea Improvement*. Dec 1989, ICRISAT Center, Patancheru, India.
- HAWARE, M. P., NENE Y. L. and NATARAJAN, M., 1996. The survival of *Fusarium oxysporum f. sp. ciceri* in the soil in the absence of chickpea. *Phytopathologia Mediterranea*, 35:9-12.
- HAWARE, M. P., NENE, Y. L. and MATHUR, S. B., 1986. Ascochyta blight. Seed Borne Diseases of Chickpea Technical Bulletin from the Danish Government Institute of SeedPathology for Developing Countries, No:1, pp. 9-15. Copenhagen, Denmark.

- HAWARE, M. P. and NENE, Y. L., 1980. Influence of wilt at different stages on the yield loss in chickpea. *Trop. Grain Legume Bull.* 19:38-40.
- HAWARE, M. P. and NENE, Y. L., 1982 (a). Races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*. *Plant Dis.* 66:809-810.
- HAWARE, M. P. and NENE, Y. L., 1982 (b). Symptomless carriers of the chickpea wilt *Fusarium*. *Plant Dis.* 66:250-251.
- HAWARE, M. P., NENE, Y. L., PUNDIR, R. P. S. and NARAYANA RAO, J., 1992. Screening of World chickpea germplasm for resistance to *Fusarium* wilt. *Field Crops Res.* 30:147-154.
- HAWKES, J. G., 1977. The importance of wild germplasm in Plant Breeding. *Euphytica* 26, 615-21.
- ICRISAT., 1989. Annual Report 1988. ICRISAT, Patancheru, India.
- İKTEN, C., CEYLAN, F. Ö. and TOKER, C., 2015. Improvement of leaf miner [*Liriomyza cicerina* Rond. (*Diptera: Agromyzidae*)] resistance in *Cicer* species. *Türk. entomol. derg.*, 2015, 39 (2): 171-178
- INFANTINO, A., KHARRAT, M., RİCCİONİ, L., COYNE, C., J., KEVIN, E. M. and J. GRUNWAL, N., J., 2006. Screening techniques and sources of resistance to root diseases in cool season food legumes. *Euphytica*, 147: 201–221
- INFANTINO, A., PORTA-PUGLIA, A. and SINGH, K. B., 1996. Screeening Wild *Cicer* Species for Resistance to *Fusarium* Wilt. *Plant Disease* 80:42-44.
- JALALI, B. L., and CHAND, H. 1992. Chickpea wilt. In: *Plant Diseases of International Importance. Diseases of Cereals and Pulses.* Singh, U. S., Mukhopadhyay, A. N., Kumar, J., Chaube, H. S. (Eds.). Vol. 1: Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. pp. 429-444.
- JENDOUBİ, W., BOUHADİDA, M., BOUKTEB, A., BÉJİ, M., KHARRAT, M., 2017. Agriculture. *Fusarium* wilt affecting chickpea crop. 7: 23
- JIMENEZ-DÍAZ, R. M., CASTILLO, P., JIMENEZ-GASCO, M. M., LANDA, B. B. and NAVAS-CORT, J. A. 2015. *Fusarium* wilt of chickpeas: Biology, ecology and management. *Crop Protection* 73:16-27.
- JİMÉNEZ-DÍAZ, R. M., SINGH, K. B., TRAPERO-CASAS, A. and TRAPERO-CASAS, J. L., 1991. Resistance in kabuli chickpeas to *Fusarium* wilt. *Plant Dis.*, 75: 914–918.
- JİMÉNEZ-DÍAZ, R. M. and JİMÉNEZ-GASCO, M. M., 2011. 7. Integrated Management of *Fusarium* Wilt Diseases. 177-215.
- JIMENEZ-DIAZ, R. M., SINGH, K. B., TRAPERO-CASAS, A. and TRAPERO-CASAS, J. L. 1991. Resistance in kabuli chickpeas to *Fusarium* wilt. *Plant Dis.*, 75, 914-918.
- JİMÉNEZ-FERNÁNDEZ, D., NAVAS-CORTÉS, J. A., MONTES-BORREGO, M., JİMÉNEZ-DÍAZ, R. M. and LANDA, B. B. 2011. Molecular and pathogenic characterization of *Fusarium redolens*, a new causal agent of *Fusarium* yellows in chickpea. *Plant Disease*. 95, 860-870.
- JİMÉNEZ-GASCO M. M., NAVAS-CORTÉS, J. A. and JİMÉNEZ-DÍAZ, R. A., 2004. The *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*/*Cicer arietinum* pathosystem: a case study of the evolution of plant-pathogenic fungi into races and pathotypes. *International Microbiology*, 7:95–104.
- JIMENEZ-GASCO, M. M., PEREZ-ARTES, E. and JIMENEZ-DÍAZ, R. M., 2001. Identification of pathogenic races 0, 1B/C, 5, and 6 of *Fusarium*

- oxysporum f. sp. ciceris* with random amplified polymorphic DNA (RAPD). Eur. J. Plant Pathol. 107:237-248.
- JOHNSON, R., and JELLIS, J. G. 1992. Development in Plant Pathology. Breeding for Disease Resistance. Vol 1, p. 205. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands.
- JIMÉNEZ-GASCO, M. D. M. and JIMÉNEZ-DÍAZ, R. M. 2003. Development of a specific polymerase chain reaction-based assay for the identification of *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris* and its pathogenic races 0, 1A, 5, and 6, Phytopathology, 93(2), 200–209.
- KAISER, W. J., ALCALA-JIMENAZ, A. R., HERVAS-VARGAS, A., TRAPERO-CASAS, J. L. and JIMENAZ-DIAZ, R. M. 1994. Screening of wild *Cicer* species for resistance to race 0 and 5 of *Fusarium oxysporum f.sp. ciceris*. Plant Disease, 78: 962-967.
- KATAN, J., GREENBERGER, A., ALON, H., and GRINSTEIN, A. 1976, Phytopathol., 66:683.
- KATAN, T. 1999. Current status of vegetative compatibility groups in *Fusarium oxysporum*. Phytoparasitica. 27(1), 51-64.
- KAUR, A., SHARMA, V., SIRARI, A., KAUR, L., SINGH, S., and SINGH, I., 2014. *Fusarium* wilt resistance in wild derivative lines of chickpea from an interspecific cross. National Symposium on Crop Improvement for Inclusive Sustainable Development PAU, Ludhiana
- KAZAN, K., MUEHLBAUER, F.J., WEEDEN, N.F. and LADIZINSKY, G., 1993. Inheritance and linkage relationships of morphological and isozyme loci in chickpea. Theoretical and Applied Genetics 86:417–426
- KHENI, J., KOTHARI, V., RATHOD, K., RATHOD, V., PADHITA, S., BHALARA, R., TOMAR, R. S., PARAKHIYA, M. V. and GOLAKIYA, B. A., 2017. Morphological and metabolic characterization of wilt disease (*Fusarium oxysporum f. sp. ciceris*) in chickpea (*Cicer arietinum L.*). Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences.
- KOCALAR, H., KAFADAR, F.N., OZKAN, A., TALAPOV, T., DEMIREL, O., ANAY, A., and CAN, C. 2020. "Current Distribution and Virulence of *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris* in Turkey", Legume Research-An International Journal, 43(5), 735–741.5(7), 12-19.
- KUMAR, A., LAL, H. C. and AKHTAR, J., 2012. Morphological and pathogenic characterization of *Fusarium oxysporum f. sp. ciceri* causing wilt of chickpea. Indian Phytopath. 65(1): 64-66.
- KUMAR, J. and HAWARE, M. P. 1982. Inheritance of resistance to wilt (*Fusarium oxysporum f.sp. ciceri*) in chickpea (*Cicer arietinum L.*) Phytopathology 72: 1035–1036.
- LABADI, M., ROBERTSON, L. D., SINGH, K. B., and CHARRIER, A., 1996. Genetic diversity and phylogenetic relationships among the annual *Cicer* species as revealed by isozyme polymorphism. Euphytica 88:181–188.
- LADIZINSKY, G., and ADLER, A., 1976. The origin of chickpea *Cicer arietinum L.* Euphytica 25:211–217.
- LADIZINSKY, G. 1975. A new *Cicer* from Turkey. Notes of the Royal Botanical Garden Edinburgh. 34, 201-202.

- LANDA, B., NAVAS-CORTES, J. A., and JIMENEZ-DIAZ, R. M. 2004. Integrated management of *Fusarium* wilt of chickpea with sowing date, host resistance and biological control. *Phytopathology*. 94:946-960.
- LECOQ, H., BLANCARD, D., BERTRAND, F., NICOT, P., GLANDARD, A., MOLOT, P. M., and MAS, ET. P., 1991. Techniques d'inoculation artificielle du Melon avec differentes agents pathogenes pour la section de varieties resisistance. INRA Dominice Saint Maurice BP 9484143 Monfavet Cedex.
- LESLIE, J. F., 1996. Fungal vegetative compatibility promises and prospects. *Phytoparasitica*. 24(1): 3-6.
- LESLIE, J. F., and Summerell, B. A. 2006. The *Fusarium* laboratory manual. Ames, IA, USA: Blackwell Publishing.
- MADEN, S., 1987. Seed-borne fungal diseases of chickpea in Turkey. *Journal of Turkish Phytopathology*, 16:1-8.
- MADEN, S., 2007. Nohutla *Fusarium* Solgunlugu (*Fusarium oxysporum f.sp. ciceris*) ve *Ascochyta* Yanıklığının (*Ascochyta rabiei*) Moleküler Yöntemlerle Hızlı Tanısı, Patotiplerinin Ayrımı, Moleküler Karakterizasyonları. Ankara üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu.
- MARTIN, A., 2004. Yerli nohut çeşitlerinin *Fusarium oxysporum f.sp. ciceris* ırklarına karşı reaksiyonları. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bitki koruma Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- MİLLAN, T., MADRÍD, E., CUBERO, J.I., AMRİ M. CASTRO, P. and RUBÍO, J., 2015. Chickpea. In *Grain Legumes*, De Ron Antonio, M., Ed., Springer: New York, NY, USA.
- MUEHLBAUER, F.J., KAISER, W.J. and SIMON, C.J., 1994. Potential for wild species in cool season food legume breeding. *Euphytica* 73:109–114.
- MIZRAK, G., 2018. Topratan Sofraya Buğday. 978-605: 83121-4-2
- MYCOBANK, 2022. Fungal Databases, Nomenclature & Species Banks, <http://www.mycobank.org/>. 16.04.2022.
- NENE Y. L., and REDDY M., 1987. The chickpea. Saxena, M. C. and K. B. Singh (Eds.), *Chickpea diseases and their control*, Pp: 233-270, CAB International, Oxfordshire.
- NENE, Y., L., and HAWARE, M., P., 1980. Screening chickpea for resistance to wilt. *Plant Dis.* 64,379-380.
- NENE, Y., L., HAWARE, M., P. and REDDY, M., V. 1981. Chickpea Diseases. Resistance-Screening Techniques. ICRISAT Information Bulletin, No. 10.
- NENE, Y.L. and HAWARE, M. P., 1980. Screening chickpea for resistance to wilt. *Plant Dis.*, 64:379-380.
- NENE, Y. L., SHEILA, V. K., and SHARMA, S. B. 1996. A world list of chickpea and pigeonpea pathogens. 5th edn. Patancheru 502 324 Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi Arid Tropics. 27p.
- NENE, Y. L., HAWARE, M. P. and REDDY, M. V. 1981. CHICKPEA DISEASES Resistance - Screening Techniques. ICRISAT Information Bulletin No. 10 International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics ICRISAT Patancheru P.O., Andhra Pradesh 502 324, India

- NGUYEN, T. T., TAYLOR, P. W. J., REEDEN, R. J., and FORD, R., 2004. Genetic diversity estimates in *Cicer* using AFLP analysis. *Plant Breeding* 123: 173–179.
- NOGALES-MONCADA, A.N., JIMENEZ-DÍAZ, R.M., and PEREZ-ARTES, E., 2009. Vegetative compatibility groups in *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* and *F. oxysporum* nonpathogenic to chickpea. *J. Phytopathol.* 157:729-735.
- NOHUT ENTEGRE MÜCADELE TEKNİK TALIMATI, 2017. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Ankara. www.tarim.gov.tr/TAGEM
- NUTTER, F. W, JR., and GAUNT, R. E. 1996. Recent developments in methods for assessing disease losses in forage/pasture crop. In: Pasture and forage crop pathology. Chakraborty, S., Leath, D. T., Skipp, R. A., Pederson, G. A., Bray, R. A., Latch, G. C. M., Nutter, F. W. Jr. (Eds.). Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America. 93-118.
- ÖZER, N. and SORAN, H., 1991. *Fusarium* Species of Turkey. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 1991, 6: 259-271
- PADWICK, G. W. 1940. The genus *Fusarium*. A critical study of the fungus causing wilt of gram (*Cicer arietinum* L.) and the related species of the subsection *Orthocera* with special relation to the variability of key characteristics. *Indian J. Agric. Sci.*, 10:241-284.
- PANDE, S., RAO, J.N. and SHARMA, M., 2007. Establishment of the chickpea wilt pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* in the soil through seed transmission. *Plant Pathol. J.* 23:3-6.
- PANDE, S., SIDDIQUE, K. H. M. KISHORE, G. K. BAYAA, B. GAUR, P. M., GOWDA, C. L. L BRETAG T. W. and CROUCH J. H. 2005. Ascochyta blight of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review of biology, pathogenicity, and disease management. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56: 317–332
- PAQUIN, R., and WAYGOOD, E.R., 1957. The effect of *Fusarium* toxin on the enzymatic activity of tomato hypocotyl mitochondria. *Canadian Journal of Botany* 35: 207-218.
- PATANKAR, A.G., HARSULKAR, A.M., GIRI, A.P., GUPTA, V.S., SAINANI, M.N., RANJEKAR, P.K. and DESHPANDE, V.V., 1999. Diversity in inhibitors of trypsin and *Helicoverpa armigera* gut proteinases in chickpea (*Cicer arietinum*) and its wild relatives. *Theoretical and Applied Genetics* 99, 719-26.
- PEREZ-ARTES, E., RONCERO, M.I.G. and JIMENEZ-DÍAZ, R.M., 1995. Restriction fragment length polymorphism analysis of the mitochondrial DNA of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*. *J. Phytopathol.* 143:105,109.
- PUHALLA, J.E. 1985 Classification of strains of *Fusarium oxysporum* on the basis of vegetative compatibility. *Can. J. Bot.* 63:179-183.
- PUNDIR, R., P., S, RAO N.K. and VAN DER MAESEN L.J.G. 1985, Distribution of qualitative traits in the world germplasm of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Euphytica* 34:697–703
- RAJESH, P. N., TULLU, A., GIL, J., GUPTA, V. S., RANJEKAR P. K. and MUEHLBAUER, F. J., 2002. Identification of an STMS marker for the

- double-podding gene in chickpea. Theoretical and Applied Genetics 105:604–607.
- REDDY M. V., and SING K. B., 1990. Relationship between ascochyta blight severity and yield loss in chickpea and identification of resistant lines, Phytopathology Mediterrean, 29, 32-38.
- ROBERTSON, L.D., OCAMPO, B. and SINGH, K.B., 1997. Morphological variation in wild annual *Cicer* species in comparison with the cultigen. Euphytica 95:309-19.
- RODRIGUES, A. A. C., and MENEZES, M. 2005. Identification and pathogenic characterization of endophytic *Fusarium* species from cowpea seeds. Mycopathologia. 159(1), 79-85.
- RUBIO, J., MARTÍNEZ, C., GIL, J., and MORENO, M.T., 2004. Registration of ascochyta blight and *Fusarium* wilt resistant CA2954 kabuli chickpea germplasm. Crop Sci., 44, 1881–1883.
- SAJJA, S. B., SAMINENI, S. and GAUR, P., M., 2017. Botany of Chickpea. Springer International Publishing, The Chickpea Genome, Compendium of Plant Genomes, DOI 10.1007/978-3-319-66117-9_3
- SARAÇOĞLU, D., Yabani ve kültür nohutlarının moleküler genetik yöntemlerle karakterizasyonu. Konya Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. Konya
- SAXENA, M.C., 1990. Problems and potential of chickpea production in the nineties, pp. 13-28. In: H.A. van Rheenen and M.C. Saxena (eds.), Chickpea in the Nineties: Proceedings of the Second International Workshop on the Chickpea Improvement, ICRISAT, Patancheru, India.
- SHARMA, M., NAGAVARDHINI, A., THUDI, M., GHOSH, R., PANDE, S. and VARSHNEY, R. K., 2014. Development of DArT markers and assessment of diversity in *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*, wilt pathogen of chickpea (*Cicer arietinum* L.) Sharma et al. BMC Genomics, 15:454.
- SHARMA, M., VARSHNEY, R., K., RAO, J., N., KANNAN, S., HOISINGTON, D. and PANDE, S., 2009. Genetic diversity in Indian isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*, chickpea wilt pathogen. African Journal of Biotechnology ,8:(6), 1016-1023.
- SHARMA, K.D., CHEN, W. and MUEHLBAUER, F.J., 2005. Genetics of chickpea resistance to five races of fusarium wilt and a concise set of race differentials for *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*. Plant Disease, 89(4), 385–390.
- SHTIENBERG D., VINTAL H., BRENER S. and RETIG B., 2000. Rational management of *Didymella rabiei* in chickpea by integration of genotype resistance and postinfection application of fungicides, Phytopathology, 90: 834-842.
- SINGH, G., CHEN, W., RUBIALES, D., MOORE, K., SHARMA, Y.R., A. and GAN, Y., 2007. Diseases and their management. In Chickpea Breeding and Management (Eds Yadav, Redden, Chen and Sharma). CAB International pp. 497–519.
- SINGH, G., KAPOOR, S. and SINGH, K., 1982. Screening chickpea for gray mold resistance. International Chickpea Newsletter 7:13-14.
- SINGH, K., SINGH, D., SINGH, S. and GUPTA, S.K., 2003. Sources of resistance in chickpea entries against wilt/root rot complex. In International Chickpea

- Conference, Chickpea Research for Millennium Raipur, Chhattisgarh, January, pp. 196-200, India
- SINGH, K.B., 1997. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). F. Crop. Res, 53, 161–170.
- SINGH, K.B. and JIMÉNEZ-DÍAZ, R.M., 1996. Registration of Six *Fusarium* Wilt Resistant Chickpea Germplasm Lines. Crop Sci., 36:817.
- SINGH, K.B., REDDY, M. V. and MALHOTRA, R.S., 1985. Breeding kabuli chickpeas for high yield stability and adaptation, pp. 71-90. International Workshop on Faba Beans, Kabuli Chickpeas and Lentils in the 1980s. May 1983, ICARDA, Aleppo, Syria.
- SINGH, K.B., MALHOTRA, R.S. and SAXENA, M.C., 1995. Additional sources of tolerance to cold in cultivated and wild *Cicer* species. Crop Science. (35)1491-97
- SINGH, K.B., MALHOTRA, R.S., HALILA, M.H., KNIGHTS, E.J. and VERMA, M.M. 1994. Current status and future strategy in breeding chickpea for resistance to biotic and abiotic stresses. Euphytica 73:137-49.
- SINGH, R., SHARMA, P., VARSHNEY, R.K., SHARMA, S.K., SINGH, N.K. 2008. Chickpea Improvement: Role of Wild Species and Genetic Markers. Biotechnol. Genet. Eng. Rev. 25, 267–314.
- SINGH, S., SINGH, I., KAPOOR, K., GAUR, P.M., CHATURVEDI, S.K., SINGH, N.P. and SANDHU, J.S., 2014. Chickpea. In Broadening the Genetic Base of Grain Legumes, National Bureau of Plant Genetic Resources. Springer. 322:2023,7-3
- SINGH, V. D. and GANGWAR, R., K., 2017. Symptomatology And Pathogenicity Characteristics Of *Fusarium Oxysporum* F. Sp. *Ciceri* In Chickpea Seeds. Agriways. 5(1), 15-18.
- SINGH, K. B., OCAMPO, B. and ROBERTSON, L. D., 1998. Diversity for abiotic and biotic stress resistance in the wild annual *Cicer* species. Genetic Resources and Crop Evolution. 45(1): 9-17.
- STOVER, R. H., 1960. *Fusarium* Wilt (Panama Disease) of Bananas and other Musa Species. Phytopathological Paper N°. 4. CMI, Kew, Surrey.
- SORAN, H. 1977. The Fungus Disease Situation Of Edible Legumes In Turkey. The Journal of Turkish Phytopathology, 6(1): 1-7.
- SUDUPAK, M., AKKAYA, M. and KENCE, A., 2002. Analysis of genetic relationships among perennial and annual *Cicer* species growing in Turkey using RAPD markers. Theoretical and Applied Genetics 105:1220–1228.
- TANKSLEY, S. D., GANAL, M. W., PRINCE, J. P., DE VICENTE, M. C., BONIERBALE, M. W., BROWN, P., FULTON, T. M., GIVANNONI, J. J., MARTIN, S., MESSEGUER, B., MILLER, R. J. C., PATERSON, A. H., PINEDA, O., RO, M. S., WING, R. A., WU, W. and YOUNG, N. D., 1992. High density molecular linkage maps of the tomato and potato genomes. Genetics, 132:1141-1160.
- TANYOLAÇ, M., B., KAHRAMAN, A., CAN, C. and ATEŞ, D. 2021. Nohut (*Cicer arietinum* L.)’ta *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* (Foc)’e Dayanıklılığı Kontrol Eden Genlerle İlişkili SNP Markörlerinin Association Mapping ile Saptanması ve Dayanıklılıkla İlgili Yeni Genetik Kaynakların Belirlenmesi. Proje No: 118O840

- TAYYAR R.I., and WAINES J.G., 1996. Genetic relationships among annual species of *Cicer* (Fabaceae) using isozyme variation. *Theor Appl Genet* 92:245–254.
- TEKEOĞLU, M., SANTRA, D., K., KAISER, W., J. and MUEHLBAUER, F., J., 2000. Ascochyta blight resistance in three chickpea recombinant inbred line populations, *Crop Science*, 40:1251-1256.
- TOKER, C., UZUN, B., CEYLAN, F. O. and IKTEN, C., 2014. Chickpea. In *Alien Gene Transfer in Crop Plants*, Volume 2, ed. A. Pratap, J. Kumar, Springer Science+Business Media, LLC 2014, pp. 121–151.
- TOKER, C., CANCI, H. and YILDIRIM, T., 2007. Evaluation of perennial wild *Cicer* species for drought resistance. *Genet Resour Crop Evol* 54:1781–1786
- TOKER, C., BERGER, J., EKER, T., SARIL, D., SARIL, H., GÖKTÜRK, R., S., KAHRAMAN, A., AYDIN, B., and WETTBERG, E., J., 2021. *Cicer turcicum*: A New *Cicer* Species and Its Potential to Improve Chickpea. *Frontiers in Plant Science*. 12:662891
- TRAPERO-CASAS A. and KAISER W. J., 1992. Influence of temperature, wetness, period, plant age, and inoculum concentration on infection and development of ascochyta blight of chickpea, *Phytopathology*, 82, 589-96.
- TRAPERO-CASAS, A. and JIMENEZ-DIAZ, R.M. 1985. Fungal wilt and root rot diseases of chickpea in Southern Spain. *Phytopathology*, 75, 1146- 1151.
- TULLU, A., 1996. Genetics of Fusarium Wilt Resistance in Chickpea. Washington State University, Department of Crop and Soil Sciences, Doctor Of Philosophy. UMI number 9806745.
- TÜİK., TÜRKİYE İSTATİSTİK KURUMU VERİLERİ. 2021. Erişim: www.tuik.gov.tr
- THUDI, M., CHITIKINENI, A., LIU, X., HE, W., ROORKIWAL, M., YANG, W. and VARSHNEY, R. K. 2016. "Recent breeding programs enhanced genetic diversity in both desi and kabuli varieties of chickpea (*Cicer arietinum* L.)", *Scientific Reports*, 6(November), 1–10.
- UPADHYAYA, HARI D., BAJAJ, D., DAS, S., KUMAR, V., GOWDA, C.L.L., SHARMA, S. and PARIDA, S.K. 2016. "Genetic dissection of seed-iron and zinc concentrations in chickpea", *Scientific Reports*, 6(March), 1–12.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE USDA on Twitter USDA on Facebook USDA on LinkedIn USDA Constant Contact USDA on Instagram USDA on Flickr USDA on Youtube USDA RSS
- VAN DER MAESEN, L. J. G., 1987. Origin, history and taxonomy of chickpea. In: Saxena, M. C. and Singh, K. D. (eds.) *The Chickpea*. CAB International, Wallingford, pp. 11–34.
- VAN DER MAESEN, and L. J. G., PUNDIR, R. P. S., 1984. Availability and use of wild *Cicer* germplasm. *Plant Genetic Resources Newsletters* 57:19-24.
- VAN DER MAESEN, L. J. G. 1972. *Cicer* L., a monograph of the genus, with special reference to the chickpea (*Cicer arietinum* L.), its ecology and distribution. Mendeligen Landbouwhogeschool Wageningen, Wageningen, The Netherlands. pp. 1-341.
- VAN RHEENEN, H.A., PUNDIR, R.P.S. and MIRANDA, J. H., 1993. How to accelerate the genetic improvement of a recalcitrant crop species such as chickpea. *Current Science* 65:414-17

- VAVILOV, N. I., 1926. Centres of origin of cultivated plants. Bulletin of Applied Botany, of Genetics, and Plantbreeding 16(2): 248
- WHILFORD, J., 1997. New clues show where people made the great leap to agriculture. Wright, H.E. (1968) Geological aspects of the archeology in Iraq.



EKLER

Ek 1. Fungal Besiyeri İçerikleri

PDA (Patates Dekstroz Agar) (g/L)

39 g Patates Dekstroz Agar

(dH₂O ile 1 L'lik besi yeri hazırlanır)

