



Araştırma Makalesi

**Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale İllerinde Nohut Kök Çürüklük ve Solgunluk Hastalığının Oluşumu ve Dağılımı**

**Ali ENDES<sup>1\*</sup>**

**ÖZ**

Bu çalışma, Yozgat, Kırıkkale ve Kırşehir illerinde nohut üretim alanlarında kök çürüklük ve solgunluk hastalığının belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Toplam 139 farklı tarladan yapılan örnekleme her üç il için, hastalık bulunma (Yozgat %22.9; Kırıkkale %19.6; Kırşehir %10.5) ve şiddet (Yozgat %19.0; Kırıkkale %15.5; Kırşehir %12.8) oranlarının birbirleriyle uyumlu olduğu saptanmıştır. Hastalıklı nohutlardan *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Rhizoctonia bataticola* (*Macrophomina phaseolina*) ve *R. solani* izole edilmiştir. *F. oxysporum* en yaygın izole edilen fungal tür olarak tespit edilmiştir. Yozgat'tan elde edilen *F. oxysporum* izolatları Kırşehir izolatları ile genetiksel olarak daha benzer ve *F. oxysporum*'un Yozgat izolatlarının Kırıkkale ve Kırşehir izolatlarına göre daha virulent olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Fusarium oxysporum*, Hastalık şiddeti, Filogeni, Morfoloji, Patojenisite

**Occurrence and Distribution of Chickpea Root Rot and Wilt Disease in Yozgat  
Kırşehir and Kırıkkale Provinces**

**ABSTRACT**

A total of 139 different fields were sampled to determine root rot and wilt disease parameters in chickpea production areas in Yozgat, Kırıkkale and Kırşehir. For all three provinces, disease incidence (Yozgat 22.9%; Kırıkkale 19.6%; Kırşehir 10.5%) and severity (Yozgat 19.0%; Kırıkkale 15.5%; Kırşehir 12.8%) rates were consistent with each other. *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Rhizoctonia bataticola* (*Macrophomina phaseolina*) and *R. solani* were isolated from diseased chickpeas. *F. oxysporum* was the most commonly isolated fungal species. *F. oxysporum* isolates obtained from Yozgat were genetically more similar to Kırşehir isolates and Yozgat isolates of *F. oxysporum* were more virulent than Kırıkkale and Kırşehir isolates.

**Keywords:** *Fusarium. oxysporum*, Disease severity, Phylogeny, Morphology, Pathogenicity,

ORCID ID

0000-0003-4815-5864

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 13.09.2023

Kabul Tarihi: 16.11.2023

<sup>1</sup>Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü Erdoğan Akdağ Kampüsü, 66900, Yozgat, Türkiye

\* E-posta: ali.endes@yobu.edu.tr

## Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale İllerinde Nohut Kök Çürüklük ve Solgunluk Hastalığının Oluşumu ve Dağılımı

### Giriş

Nohut (*Cicer arietinum* L.) Leguminosae (Fabaceae) familyasının Faboideae alt familyasına ait bir baklagildir. Nohut baklagiller içerisinde iyi bir protein kaynağı olarak insanoğlunun sağlıklı beslenmesi, yoksulluğu ve açlığı azaltma ve ekosistem dengesini koruma gibi özellikleri nedeniyle dünya ekonomisinde büyük bir öneme sahiptir (Pande ve ark., 2005). Dünyada 2021 yılı verilerine göre nohudun ekiliş alanı 15.004.885 ha, üretim miktarı ise 15.871.845 ton olup üretimin çoğunluğu gelişmekte olan ülkelere aittir (Faostat, 2021). 481.667 ha nohut ekim alanı ve 475.000 ton nohut üretim miktarı ile Türkiye, Hindistan, Avustralya ve Etiyopya'dan sonra dördüncü sırada yer almaktadır (Faostat, 2021).

Nohut ekim alanlarında verim kayıplarına yol açan biyotik ve abiyotik stres faktörleri bulunmaktadır (Yimer ve ark., 2018). Nohut verimini etkileyen stres faktörlerini; hastalıklar (%45), kuraklık (%30), yüksek sıcaklık (%6.25), don (%6.25), böcek zararı (%6.25) ve diğer (%6.25) stres faktörleri olarak sıralamak mümkündür (Singh ve ark., 1998; Arıcı ve Seven, 2018). Biyotik stres faktörlerinden kaynaklanan kök çürüklüğü ve solgunluk hastalığı, uygun iklim koşullarında, nohutta %10 ile %100 arasında ürün kayıplarına neden olabilmektedir (Yıldırım ve Güldür, 2019). Bu hastalıktan etkilenen bitkiler, kök ve kök boğazı çürüklüklerinden dolayı öbek öbek sararmakta ve ilerleyen süreçte bu bitkilerde kurumalara bağlı olarak bitki ölümleri gerçekleşmektedir (Haware ve ark., 1992). Hastalığa hassas çeşitlerde, ekimden sonra 25 gün içerisinde erken solgunluk başlar ve yapraklarda solma, mat yeşil renk oluşumu ve kuruma görülür. Daha ileriki evrelerde bitki tamamen çöker. (Landa ve ark., 2004). Geç solgunluk belirtileri ise tohum ekimden 6 – 8 hafta sonra, çiçeklenme döneminin başlangıcında, genelde daha çok göze çarpmaktadır (Azevedo ve ark., 2017; Yimer ve ark., 2018). Geç solgunluk görülen bitkilerde, köklerin kabuk ve odun dokusunda ıslak ya da kuru siyahımsı ya da kahverengi renkli lezyonlar, yaprak ve yaprak saplarında sararma ve ilerleyen süreçte

nekrotikleşme ve bitkinin tüm üst aksamında tamamen çökme gözlenmektedir (Jiménez-Díaz ve ark., 2015; Jendoubi ve ark., 2017).

Nohutta kök çürüklüğüne ve solgunluğa neden olan en yaygın fungal patojenler arasında *Fusarium* türleri: *F. oxysporum*, *F. moniliforme*, *F. solani*, *F. avenaceum*, *F. equiseti*, *F. eumartii*, *F. proliferatum*, *F. semitectum*, *F. acuminatum*, *F. sambucinum* ve *F. redolens* bulunmaktadır. (Dolar, 1996; Mazur ve ark., 2002; Landa ve ark., 2004; Jendoubi ve ark., 2017; Armstrong-Cho ve ark., 2023). Bunlar arasında nohutta kök çürüklük/solgunluk hastalığına neden olan en yaygın türün *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* (FUSACI) olduğu daha önceki çalışmalarda bildirilmiş (Jendoubi ve ark., 2017; Achari ve ark., 2023; Ozturk ve Endes, 2023) olup ilk olarak 1918 yılında Hindistan'da rapor edilmiştir (Patil ve ark., 2015).

Diğer taraftan, toprak kökenli *Rhizoctonia solani* ve *R. bataticola* etmenlerinin neden olduğu nohut kök çürüklüğü Polonya, Hindistan, Pakistan, Etiyopya ve Türkiye'de gözlenmiştir (Mazur ve ark., 2002; Bayraktar ve Dolar, 2009; Dubey ve ark., 2014; Shahjahan ve ark., 2016; Yimer ve ark., 2018). Türkiye'de *R. solani* ve *R. bataticola*'nın nohutlarda kök boğazında koyu kahverengi kök çürüklüğüne ve üst kısımlarında sararma ve solgunluğa neden olduğu Dolar (1996) ve Demirci ve ark., (1999) tarafından bildirilmiştir. Literatürde, nohutta, nadiren de olsa kök ve gövde çürümesine neden olan etmenler arasında *Verticillium dahliae*, *Sclerotinia sclerotiorum* ve *S. rolfsii*'nin de bulunabileceği belirtilmektedir (Mazur ve ark., 2002; Shahjahan ve ark., 2016; Mandal ve Dubey, 2011). *S. rolfsii*'ye karşı, nohut bitkilerinin fide döneminin daha hassas olduğu (Mandal ve Dubey, 2011), ileriki dönemlerde ise *S. sclerotiorum*'un daha önemli hale geldiği bilinmektedir (Lindbeck ve ark., 2009).

Nohutta, kök çürüklüğüne bağlı olarak solgunluk hastalığının oldukça kompleks bir yapıya sahip olduğu daha önceki çalışmalarda ortaya konulmuştur. (Yimer ve ark., 2018; Armstrong-Cho ve ark., 2023; Chilakala ve ark., 2023). Bu nedenle, nohut kök çürüklüğü ya da solgunluğu mücadelesi zor ve önemli

## Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale İllerinde Nohut Kök Çürüklük ve Solgunluk Hastalığının Oluşumu ve Dağılımı

miktarda verim kaybına neden olan en önemli hastalıklardan biridir (Havare ve ark., 1992; Landa ve ark., 2004; Jiménez-Díaz ve ark., 2015; Jendoubi ve ark., 2017). Bu hastalık ile etkili mücadele stratejilerinin geliştirilmesi ve hastalıktan kaynaklı verim kaybını en aza indirmek için, bu kompleks hastalığın erken teşhisinin yanı sıra hastalığın coğrafik dağılımı, bulunma oranı ve şiddeti hakkındaki ayrıntılı bilgiler, farklı tarımsal ekolojilerde rasyonel, entegre ve sürdürülebilir hastalık yönetimi uygulamalarını formüle etmek için bir ön koşuldur (Agrios, 1997).

Nohut kök çürüklüğü ve solgunluk hastalığının gelişimi için uygun agro – iklimsel koşullara sahip olan Türkiye’de, bu hastalığın coğrafik dağılımı, bulunma oranı ve şiddeti hakkında sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Maden, 1987; Özer ve Soran, 1991; Yücel ve Güncü, 1991; Bayraktar, 2006). Ancak bu çalışmalar, yürütülmesinden bu yana çok zaman geçtiği için bu konu ile ilgili güncel çalışmalara ihtiyaç vardır. Bununla beraber, bazı çalışmalar sadece tek bir il (bölge) düzeyinde gerçekleştirilmiştir (Dolar, 1996; Güllü, 2003). Ayrıca, Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale illerindeki nohut tarlalarında bu hastalığın epidemiyolojisi ve etiyolojisi üzerine güncel ve detaylı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenlerden dolayı bu çalışmanın amacı; i) Türkiye nohut üretim miktarının %27’sinden daha fazlasının

gerçekleştirildiği Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale illerini kapsayan çalışma bölgesinde, nohut kök çürüklüğü ve solgunluk hastalığının coğrafik dağılımını, bulunma oranını ve şiddetini belirlemek, ii) en yaygın patojenik fungal türü morfolojik ve moleküler olarak karakterize etmek, iii) bu türe ait izolatların virülenslik düzeyini tespit etmektir.

### Materyal ve Metod

#### Survey ve Örneklem Yöntemi

Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale illerinin nohut ekim alanlarında kök çürüklük ve solgunluk hastalığının yaygınlığını ve şiddetini belirlemek amacıyla 2019 yılında yapılan survey, hastalık belirtilerinin yoğun olarak görüldüğü, tohum ekiminden yaklaşık altı hafta sonra gerçekleştirilmiştir (Azevedo ve ark., 2017; Yimer ve ark., 2018). Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale illerinde nohut ekiminin yapıldığı 139 farklı tarladan örneklem yapılmıştır (Şekil 1). İncelenen ilk nohut üretim alanından sonra ana yol boyunca yaklaşık 5-10 km’de bir durularak yolun sağ ya da solundaki nohut tarlalarından örnekler alınmıştır. Duraklama noktasında seçilen tarlanın köşegenleri doğrultusunda ya da kenarından zikzaklar çizerek tarlanın ortasına doğru yürünmüş ve 1 m<sup>2</sup>’lik çerçeve rastgele olmak üzere en az üç (3) farklı noktaya atılmıştır (Ghosh ve ark., 2013; Kadam ve ark., 2018).



Şekil 1. Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale illerinde surveylerin yürütüldüğü noktaları gösteren Google Earth haritası

## Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale İllerinde Nohut Kök Çürüklük ve Solgunluk Hastalığının Oluşumu ve Dağılımı

Her 1 m<sup>2</sup>'lik çerçeve içerisinde kök çürüklüğü, yapraklarda sarılık ve bitkilerde solgunluk gibi hastalık belirtileri gösteren hasta bitkiler, çerçeve içindeki toplam bitki sayısına oranlanarak, hastalıklı bitki yüzdesi tespit edilmiştir. Her tarla için bulunan hastalık yüzdesi, o tarlanın alanı ile çarpılarak elde edilen çarpımlar toplanmıştır. Bu toplam maksimum hastalık olasılığına (incelenen toplam alan×100) bölünerek, sonuç 100 ile çarpılıp illerin ortalama hastalık yüzdesi bulunmuştur (Bora ve Karaca, 1970).

Survey yapılan her nohut tarlası için toplam bitki sayısı ve hastalıklı bitki sayısı not edilmiş; dolayısıyla her tarlanın hastalık oranı (%) tespit edilmiştir. İllerdeki survey yapılan tüm tarlalardaki hastalık yüzdesinin ortalaması alınarak hastalığın illere göre yaygınlığı bulunmuştur.

Hastalık şiddeti (HŞ)'nin hesaplanmasında, nohut tarlalarından elde edilen her bir bitki, Yimer ve ark. (2018)'nin çalışmalarında kullandıkları 1-9 hastalık skalasına göre değerlendirilmiştir. Hastalık skalasında 1=infekteli bitkinin 0 - %10'unun, 3 = %11 - %20'sinin, 5 = %21 - %30'unun, 7 = %31 - %50'sinin, 9 = %50'sinden fazlasının hastalık tarafından etkilendiğini gösteren değerlerdir. Elde edilen skala değerleri ile aşağıda belirtilen Townsend ve Heuberger (1943) formülü kullanılarak hastalık şiddeti yüzdesi hesaplanmıştır.

$$HŞ (\%) = [\sum i(n_i \times v_i) / (V \times N)] \times 100$$

Formülde: n<sub>i</sub> = skala değerindeki bitki sayısı, v<sub>i</sub> = skala değeri, V = En yüksek skala değeri, N = gözlem yapılan toplam bitki sayısı, i = sınıf sayısını göstermektedir.

### Fungal İzolasyon

Her tarladan alınan karakteristik kök çürüklüğü ve solgunluk hastalık belirtileri gösteren 5 bitkinin köklerinden ve/veya kök boğazlarından 1-5 cm uzunluğunda elde edilen enfekteli bitki doku parçaları önce çeşme suyunda yıkanarak kaba artıkları temizlenmiştir. Sonra, bu büyük bitki parçalarından enfekteli ve sağlıklı kısımlar bir arada olacak şekilde 5-10 mm uzunluğunda daha küçük parçalar elde edilmiştir. Bu parçalar ilk olarak %70'lik etil alkolde 10-15 saniye bekletilerek iki kez steril sudan geçirilmiştir. Daha sonra, %1'lik NaOCl'de 5 dakika yüzey

dezenfeksiyonu için bekletilen enfekteli dokular, 3 kez steril sudan tekrardan geçirilmiş ve filtre kağıtları üzerinde steril kabinde kurulanmıştır. Bunu takiben enfekteli 5 bitki dokusu %0.01 tetracycline (Sigma-Aldrich) içeren Patates Dekstroz Agar (PDA, Merck; 1.10130) ortamı üzerine yerleştirilmiştir. Petriker karanlıkta 25±1 °C sıcaklıkta 4-7 gün süre ile inkübe edilmiş ve fungal gelişim gözlenmiştir.

### Fungal İzolatların Morfolojik Tanınması

Fungal izolatların tamamı kültürel ve morfolojik özelliklerine göre tanınmıştır. *Fusarium* izolatlarının tür düzeyindeki tanıması, daha önceki teşhis anahtarlarına göre yapılmıştır (Leslie ve Summerell, 2006). *Rhizoctonia* izolatları, Sneh ve ark. (1991) ve Ajayi-Oyetunde ve Bradley (2018)'e göre tanımlanırken, *Ascochyta* izolatları, Aveskamp ve ark. (2010)'na göre tanınmıştır.

Survey yapılan nohut tarlalarında bitkilerin kök ve kök boğazlarından en yaygın izole edilen tür *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* (FUSACI)'dir. Bu nedenden dolayı FUSACI'in kültürel ve morfolojik karakterizasyon çalışmaları üzerine odaklanılmıştır. FUSACI'in 30 izolatının, kültürel ve morfolojik karakterizasyon çalışmaları için PDA kültür ortamı kullanılmıştır. Koloni çapı, kültüre alındıktan 5 gün sonra birbirine dik iki eksen boyunca milimetrik bir cetvel ile ölçülmüş ve iki ölçümün ortalaması alınmıştır. Her izolat için 4 tekrar (her tekrar bir petri) kullanılmıştır. Petriker inkübatörde 25±1 °C'de 12 saat floresan ışık ve 12 saat karanlık koşullar altında inkübe edilmiştir. Çalışma, tesadüf parselleri deneme deseni kullanılarak istatistiksel olarak analiz edilmiştir (Gomez ve Gomez, 1984). Daha sonra izolatların PDA'da oluşturduğu koloni desenlerini ve rengini belirlemek için petriker günlük olarak kontrol edilmiştir. İzolatların, PDA üzerinde 20 gün inkübasyon periyodu sonunda oluşturduğu koloni deseni, rengi ve havai misellerin görünümü dijital bir fotoğraf makinesi ile kayıt edilmiştir. Bu süre içerisinde mikroskopik preparasyon çalışmaları yürütülmüştür. Her izolat için 50 konidinin uzunluğu ve genişliği ışık mikroskobu (Leica DM750) ile ölçülmüştür. Konidi uzunlukları ve

## Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale İllerinde Nohut Kök Çürüklük ve Solgunluk Hastalığının Oluşumu ve Dağılımı

genişlikleri (minimum, maksimum, ortalama) hesaplanmıştır.

### Moleküler Tanılama

FUSACI'in genomik DNA izolasyonu Cenis (1992) tarafından açıklanan protokole göre yapılmıştır. Jawad ve ark. (2020)'nin belirttiği protokole göre yapılan PCR çalışmalarında ITS1/ITS4 primer çifti kullanılmıştır (White ve ark., 1990). Elde edilen PCR ürünleri 1×TAE (Tris-Asetik Asit-EDTA) tampon çözeltisinde hazırlanan %1 agaroz jelde 90 voltta 1.5 saat elektroforez yapılmıştır. Jeller 0.5 µg mL<sup>-1</sup> etidyum bromidle boyanarak UV transillimünatör üzerinde görülebilir duruma getirilerek görsel olarak kontrol edilmiştir.

FUSACI izolatları arasındaki filogenetik ilişkiyi incelemek için PCR ile elde edilen ITS geninin baz dizilimleri çift yönlü (5'-3' ve 3'-5') olmak üzere Molgentek (Adana, Türkiye) firmasına sentez ettirilmiştir. Baz dizileri, NCBI (National Center of Biotechnology Information) sitesindeki gen verileri ile Blast programı kullanılarak dünyadaki diğer *F. oxysporum* izolatlarının, ITS genine ait baz dizileri ile karşılaştırılmıştır ve böylece izolatlar tür düzeyinde tanımlanmıştır. Ayrıca *F. oxysporum* izolatları arasındaki filogenetik ilişkiyi belirlemek için MEGA 11 filogenetik analiz programı kullanılmıştır. Baz dizileri, ClustalW programı kullanılarak hizalandırılmış ve ITS geni için maksimum parsimoniye göre izolatların genetik soy ağaçları oluşturulmuştur.

### Patojenisite Testi

Patojenisite testi *F. oxysporum* izolatlarının yanı sıra FUSACI'ya hassas olduğu bilinen ILC – 482 (Güney sarısı) nohut çeşidi kullanılarak, Bayraktar ve Dolar (2009)'un bildirdiğine göre Nene ve Haware (1980)'nin toprak inokulasyon yöntemi esas alınarak yapılmıştır. İnokulum için %10 nohut unu içeren 240 g'lık steril tarla toprak harcı (tarla toprağı: torf; 1: 1; v/v), 2'L'lik şeffaf plastik torbalara aktarılmış ve torbaların içerisine, her izolat için, PDA'da geliştirilen 10 günlük fungus kültürlerinden 10 mm çapında 5 adet disk bırakılmıştır. Bu şekilde hazırlanan plastik torbalar 12 saatlik floresan ışık (aydınlık/karanlık) periyodunda ve 23±1 °C sıcaklık içeren kontrollü koşullara sahip iklim odalarında 14 gün süre ile inkube edilmiştir. Bu süre sonunda fungus kültürleri,

steril toprak harcı içeren 5 cm çaplı, 10 cm derinliğe sahip ve 24 gözlü siyah plastik viyollerin her bir gözüne 5 g steril %10 nohut unu içeren tarla toprak harcı eklenmiş ve hafifçe sulandıktan sonra viyoller yukarıda belirtilen koşullara sahip iklim odasına yerleştirilmiştir. İnokulumun toprağı sarması için 10 gün beklenmiştir. Bu süre sonunda hastalık belirtisi göstermeyen nohut tohumları %1'lik sodyum hipoklorit (NaOCl) çözeltisinde 5 dakika çalkalandıktan sonra 10'ar dk. olmak üzere 3 kez steril su ile durulanmıştır. Daha sonra çimlenmeyi teşvik etmek için, tohumlar, +4 °C'de steril su ile nemlendirilmiş kurutma kağıtlarında 5 gün bekletilmiştir. Kontrol viyollerine ise inokulum içermeyen 5 g steril %10 nohut unu içeren tarla toprak harcı konulmuştur.

Çalışma, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her bir izolat için, 24 gözlü bir adet viyol (bir viyol=bir tekerrür: Başka bir ifade ile, her tekerrür içerisinde 24 nohut bulunmakta olup hastalık şiddeti bu bitkiler üzerinden elde edilmiştir.) kullanılmıştır. Patojenisite testlerinin değerlendirmesi tohum ekiminden 8 hafta sonra, survey çalışmalarında kullanılan 1-9 hastalık skalası kullanılarak yapılmıştır. Hesaplanan hastalık şiddet değerleri açı transformasyonuna tabi tutulduktan sonra elde edilen değerler varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklar Tukey's HSD ( $\alpha=0.05$ ) testine göre değerlendirilmiştir. Hastalık şiddeti: >%50 olan izolatlar yüksek derecede virülant (YV); %31'den %50'ye kadar olan izolatlar orta derecede virülant; (OV); %0.1'den %30'kadar olan izolatlar düşük virülant (DV) ve hastalık belirtisi oluşturmayan izolatlar saprofitik veya epifitik izolat olarak değerlendirilmiştir.

### Bulgular ve Tartışma

#### Nohut Kök Çürüklük ve Solgunluk Hastalık Parametrelerinin Belirlenmesi

Survey çalışmaları esnasında Kırıkkale'de 35, Kırşehir'de 52 ve Yozgat'ta 52 nohut tarlası kök çürüklüğü ve solgunluk hastalığı açısından değerlendirilmiştir (Çizelge 1). Kırıkkale ilinde toplam 1450 da alanda inceleme yapılmıştır. Kırıkkale genelinde kök çürüklüğü ve solgunluk hastalığının bulunma oranının %19.6

## Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale İllerinde Nohut Kök Çürüklük ve Solgunluk Hastalığının Oluşumu ve Dağılımı

olduğu, incelenen 35 tarlanın 5'inde hastalık bulunmadığı tespit edilmiştir. Kırıkkale ilinde hastalık şiddeti %8.3 ile %26.0 arasında değişim göstermiştir ve ayrıca Kırıkkale için ortalama hastalık şiddeti %15.5 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 1). Kırşehir ilinde yapılan surveyde toplam 52 tarlanın 7'sinde kök çürüklüğü ve solgunluk hastalığı ile ilgili semptom tespit edilmemiştir. Kırşehir'de kök çürüklüğü ve solgunluk hastalığının bulunma oranı %10.5 iken hastalık şiddet oranı %12.8

olarak saptanmıştır. Yozgat nohut tarlalarında ise kök çürüklüğü ve solgunluk hastalığının bulunma oranı %22.9 olarak belirlenmiştir. İncelenen 52 tarladan 3'ünde bu hastalık ile ilgili herhangi bir belirtiyeye rastlanılmamıştır. Yozgat'ın Çandır, Merkez ve Yenifakılı ilçelerinde nohut tarlalarında kök çürüklüğü ve solgunluk hastalığının bulunma oranı sırasıyla %44.2, %31.8 ve %31.2 olarak tespit edilmiştir. Yozgat nohut tarlalarında hastalık şiddeti ortalama %19.0 olarak saptanmıştır.

Çizelge 1. Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale illerinde nohut kök çürüklük ve solgunluk hastalığı yönünden incelenen tarla sayısı ve illere ait hastalığın bulunma, şiddet ve yaygınlık oranları (%)

İl	İlçe	Örneklenen Tarla Sayısı (Adet)	Toplam Örneklenen Alan (dekar)	Hastalık Yaygınlık Oranı (%)	Hastalık Bulunma Oranı (%)	Hastalık Şiddeti Oranı (%)
Kırıkkale	Bahşili	3	90	100.0	21.3	25.7
	Balışeyh	7	219	100.0	33.7	17.4
	Çelebi	6	255	66.7	5.0	6.4
	Delice	6	152	100.0	38.1	26.0
	Merkez	3	123	66.7	48.7	23.1
	Karakeçili	2	15	50.0	2.7	8.3
	Keskin	8	596	87.5	10.0	13.1
	<b>Toplam</b>	<b>35</b>	<b>1450</b>	<b>85.7</b>	<b>19.6</b>	<b>15.5</b>
Kırşehir	Akçakent	4	135	75.0	1.5	5.2
	Akpınar	5	165	100.0	4.9	13.0
	Boztepe	2	110	100.0	5.6	14.6
	Çiçekdağı	3	65	100.0	11.8	16.3
	Kaman	12	583	83.3	11.2	13.4
	Merkez	20	760	85.0	11.3	13.0
	Mucur	6	245	83.3	16.7	13.3
	<b>Toplam</b>	<b>52</b>	<b>2063</b>	<b>86.5</b>	<b>10.5</b>	<b>12.8</b>
Yozgat	Akdağmadeni	3	69	66.6	3.2	9.2
	Aydıncık	4	349	75.5	6.5	10.6
	Boğazlayan	6	309	100.0	13.3	16.3
	Çandır	2	110	100.0	44.2	28.2
	Merkez	27	1056	100.0	31.8	22.8
	Sarıkaya	1	15	100.0	2.0	11.6
	Sorgun	5	170	80.0	10.2	11.2
	Yenifakılı	3	150	100.0	31.2	25.7
	Yerköy	1	40	100.0	10.0	15.6
<b>Toplam</b>	<b>52</b>	<b>2268</b>	<b>94.2</b>	<b>22.9</b>	<b>19.0</b>	

Bu çalışmada hastalığın bulunma oranı ilçeler bazında ortalama %1.5-48.7 arasında değişim göstermiştir. Ancak Singh ve Reddy (1991), Myanmar'da yapmış oldukları survey

## Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale İllerinde Nohut Kök Çürüklük ve Solgunluk Hastalığının Oluşumu ve Dağılımı

çalışmasında kök çürüklüğü ve solgunluk hastalığının il bazında bulunma oranının %90'lara kadar çıkabileceğini bildirmiştir. Bu fark, Myanmar'ın ülkemize göre daha fazla yağış alması ve üretimde kullanılan çeşitlerin özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer taraftan, Hindistan'da kök çürüklüğü ve solgunluk hastalığı yönünden gerçekleştirilen survey çalışmasında hastalığın ortalama bulunma oranının %13.9-27.7 arasında değişiklik gösterdiği Patra ve ark. (2017) tarafından bildirilmiştir. Çalışmada Purulia bölgesinde maksimum hastalık bulunma oranının %21.4-27.7, Bankura bölgesinde %19.8-24.8, Birbhum bölgesinde ise %13.9-23.8 arasında oranlarda olduğu bildirilmiştir. Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale illerini kapsayan toplam 139 nohut tarlasında yapılan survey sonucunda 124 nohut tarlasında hastalığa

rastlanmış olup, hastalık dağılımı üç il için %89.2 olarak saptanmıştır. İllere göre hastalık yaygınlığı en fazla Yozgat (%94.2) ilinde saptanmış ve bu ili sırasıyla Kırşehir (%86.5) ve Kırıkkale (%85.7) takip etmiştir (Çizelge 1). Bu çalışmanın sonuçları, 2019 yılı nohut vejetasyonunda özellikle Mayıs ve Haziran aylarının oldukça yağışlı ve nemli geçmiş olması, bitkilerde predispozisyonu artırıcı yönde etki göstermiştir (Çizelge 2). Bu çalışma sonucuna göre hastalık bulunma oranının aylık yağış miktarı, sıcaklık ortalaması ve nisbi nem ile bağlantılı olduğunu göstermektedir (Patra ve ark., 2017; Yimer ve ark., 2018). Nitekim 2019 yılında Yozgat ili diğer iki ile göre daha fazla yağış almakla beraber, Yozgat ilinde Mart ve Ağustos ayları arasında ortalama sıcaklık ve nisbi nem diğer iki ile göre sırasıyla daha düşük ve yüksek olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 2. 2019 nohut üretim sezonunda sövreylenen alanların meteorolojik verileri

Ay	İl	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Nisbi Nem (%)	Ortalama Toplam Yağış (mm)
Mart	Yozgat	3.4	63.1	21.0
	Kırıkkale	8.0	54.0	19.6
	Kırşehir	6.3	56.4	10.2
Nisan	Yozgat	7.3	67.4	45.4
	Kırıkkale	11.7	57.0	30.0
	Kırşehir	9.7	64.0	29.0
Mayıs	Yozgat	15.3	54.9	37.8
	Kırıkkale	19.2	48.8	13.6
	Kırşehir	17.5	52.7	17.1
Haziran	Yozgat	19.0	63.3	84.1
	Kırıkkale	23.1	55.5	132.2
	Kırşehir	21.8	56.1	84.7
Temmuz	Yozgat	18.7	56.0	22.1
	Kırıkkale	23.7	44.3	17.2
	Kırşehir	22.4	47.5	8.7
Ağustos	Yozgat	19.3	59.8	36.3
	Kırıkkale	24.5	45.8	34.6
	Kırşehir	23.5	49.4	41.8

Fungal hastalıklar genel olarak yüksek nisbi nemde ve ortalama 20-25 °C sıcaklıkta optimum gelişmektedir. Dahası yağış miktarının yüksek olması, bitki köklerinin

yeteri kadar hava almasını engelleyerek, nohut bitkilerinin predispozisyonunu artırıcı yönde etki etmiş olabilir (Singh ve Reddy, 1991). Bu çalışma sonuçları ile meteorolojik veriler bir

## Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale İllerinde Nohut Kök Çürüklük ve Solgunluk Hastalığının Oluşumu ve Dağılımı

biriyile tam olarak örtüşmektedir. Yukarıda da belirtildiği üzere, Yozgat ilinde kök çürüklüğü ve solgunluk hastalığının şiddeti, bulunma ve yaygınlık oranlarının diğer iki ile göre daha yüksek olarak gerçekleşmiş olmasının sebepleri arasında iklimsel verilerin oldukça önemli bir faktör olduğu bu çalışma ile ortaya konmuştur. Hastalık belirtileri Mayıs ayı başlarında birkaç alanda kaydedilmiştir. Yağış ile birlikte nisbi nem yüksek olmasından dolayı hastalık hızlı bir şekilde ilerlerken, Kırşehir ve özellikle Kırıkkale illerinin az yağış almalarından dolayı hastalık ilerlemesi durmuş olabilir. Benzer şekilde, Trapero-Casas ve Jimenez-Diaz (1985), nisbi nem artışı ile birlikte nohut hastalıklarının hastalık şiddet düzeyinin arttığını ve ayrıca bulutluluk ve uzun süreli ıslak hava, hastalığın hızlı gelişimini ve yayılmasını desteklediğini bildirmiştir.

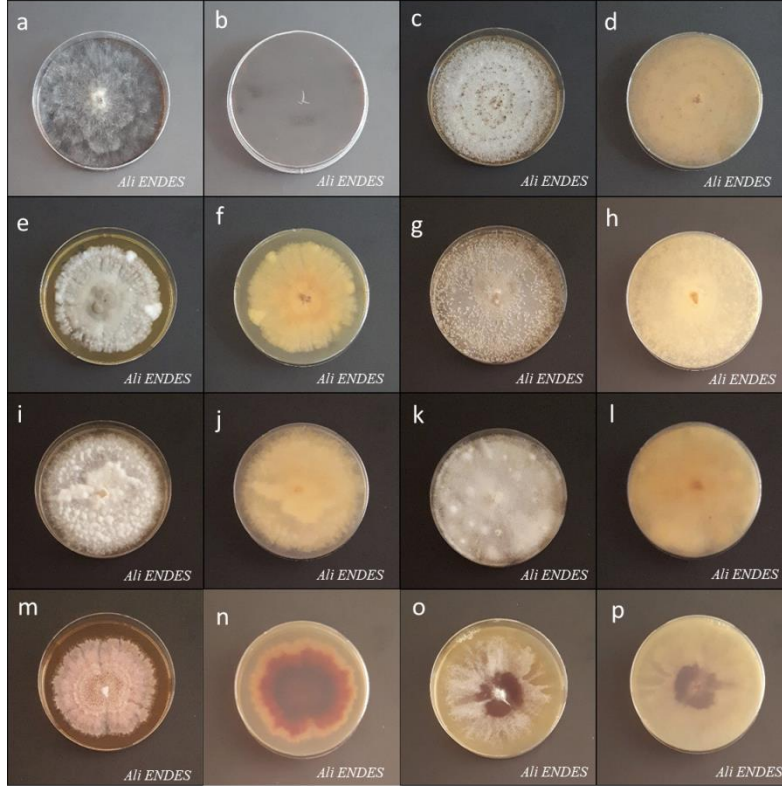
### Fungal İzolasyon ve Morfolojik Tanılama

Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale illerinden nohut kök çürüklüğü ve solgunluğu hastalığının semptomlarını gösteren toplam 124 nohut tarlasından elde edilen 1390 bitki doku parçası izolasyon çalışmalarında kullanılmıştır. İnfekteli bitki dokularından toplam 987 fungal izolat elde edilmiştir. İzolatlar koloni özellikleri esas alınarak geçici olarak kategorize edilmiştir (Şekil 2). İzolatların çoğunun beyaz renkli miselyum oluşturduğu görülmüştür ancak menekşe, pembe, sarı gibi diğer pigmentasyonlar da oluşmuştur. Bu sonuçlara benzer olarak, Paulkar ve Raut (2004) FUSACI izolatlarının pigmentasyonda, yani beyaz, açık sarı, menekşe ve pembe renkli miselyal gelişim gösterebileceklerini bildirmiştir. Koloni gelişimindeki bu pigmentasyon varyasyonları, birkaç araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Gupta ve ark., 1986; Agrawal ve Gupta, 2006; Groenewald ve ark., 2006; Patel ve Anahosur, 2001; Golakiya ve ark., 2018). Honnareddy ve Dubey (2007) koloni renginin, pigmentasyonun, büyüme hızının ve makrokonidi varlığının FUSACI izolatlarına ait virülensliği etkilediğini saptamışlardır. Diğer

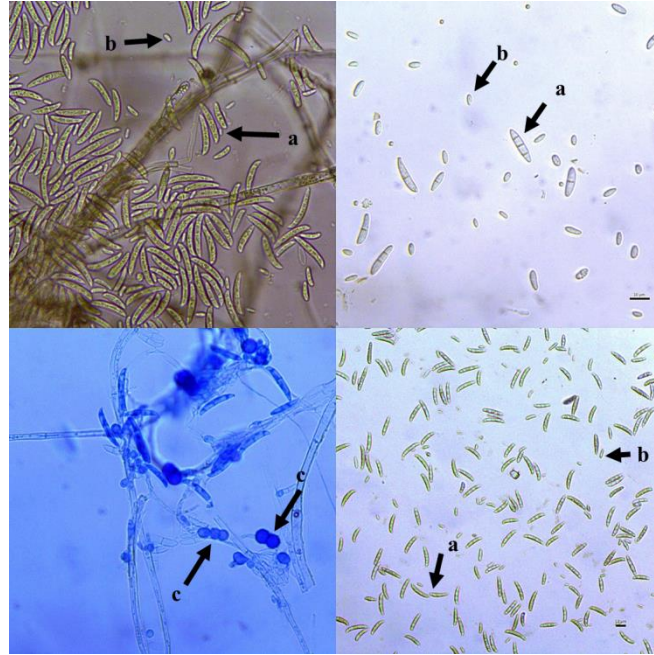
tarafından, Dubey ve ark. (2010) ve Singh ve ark. (2010) FUSACI izolatlarının donuk beyazdan menekşe ya da pembe renkli, ince ve düz miselyumlardan kabarık düzensiz kenarlı miselyumlara kadar farklı koloniler geliştirebildiklerini bildirmişlerdir. Nitekim bu çalışmada da FUSACI izolatları morfolojik karakterizasyon çalışmalarında oldukça değişkenlik göstermiştir. Nohut kök çürüklük ve solgunluk hastalık etmeni FUSACI'in her ilden 10 olmak üzere toplam 30 izolatının mikromorfolojileri üzerine morfolojik karakterizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. FUSACI izolatlarının makrokonidileri boyut ve şekil bakımından değişken, uzun, tek tip genişlikte, dar, küt ve ucu pürüzsüz ve sivri olarak belirlenmiştir. Bölme sayısı 1-4 arasında değişmiş olup (Şekil 3) genel olarak 3 bölmeli olduğu gözlemlenmiştir. Makrokonidi uzunluğu 13.7-53.1 µm, genişliği ise 2.2-5.8 µm arasında değişmiştir (Çizelge 3). Mikrokonidilerin ise oval, reniform ve silindirik veya hafif kavisli bir şekle sahip, hiyalin (renksiz) olduğu ve bölme sayısının 0-1 arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4). Mikrokonidinin boyutları önemli ölçüde değişiklik göstermiştir. Genel olarak uzunluğu 3.5 ile 12.7 µm arasında değişirken, genişliği 1.9 ile 5.8 µm arasında değişmiştir. FUSACI'in 25-30 gün yaşlı kültüründe, pürüzlü veya düz duvarlı, interkalari ya da terminal olan tek, çift veya zincir şeklinde klamidiosporlar gözlemlenmiştir (Şekil 2). İzolatların klamidiospor çapı, 25.4-71.4 µm olarak ölçülmüştür. Bu çalışma sonuçlarına benzer olarak, Dubey ve ark., (2010), FUSACI'in mikrokonidi boyutunun 5.1-12.8 x 2.5-5.0 µm arasında değiştiğini, buna karşın makrokonidinin 1-5 bölme ile 16.5-37.9 x 4.0-5.9 µm arasında değiştiğini bildirmiştir. Buna ek olarak, Gupta ve ark., (1986), mikrokonidi boyutunun 3.8-9.9 x 1.6-4.9 µm arasında değiştiğini, buna karşın makrokonidinin 16.6-66.6 x 3.3-6.6 µm arasında değiştiğini saptamışlardır.



## Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale İllerinde Nohut Kök Çürüklük ve Solgunluk Hastalığının Oluşumu ve Dağılımı



Şekil 2. Nohutta hastalık belirtisi gösteren bitki dokularından elde edilen fungusların PDA üzerinde oluşturdukları koloni desenleri. a-b ) *Rhizoctonia bataticola*, c-d ) *Rhizoctonia solani* e-h ) *Fusarium solani*, i-p ) *Fusarium oxysporum*. a, c, e, g, i, k, m ve o petrilerde ön yüzü; b, d, f, h, j, l, n ve p bir önceki petrilerin ters yüzüdür.



Şekil 3. FUSACI'nın mikromorfolojisi (a) makrokonidi (b) mikrokonidi (c) klamidiospor

**Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale İllerinde Nohut Kök Çürüklük ve Solgunluk Hastalığının Oluşumu ve Dağılımı**

Çizelge 3. FUSACI izolatlarının makrokonidi, mikrokonidi ve klamidospor ölçümleri

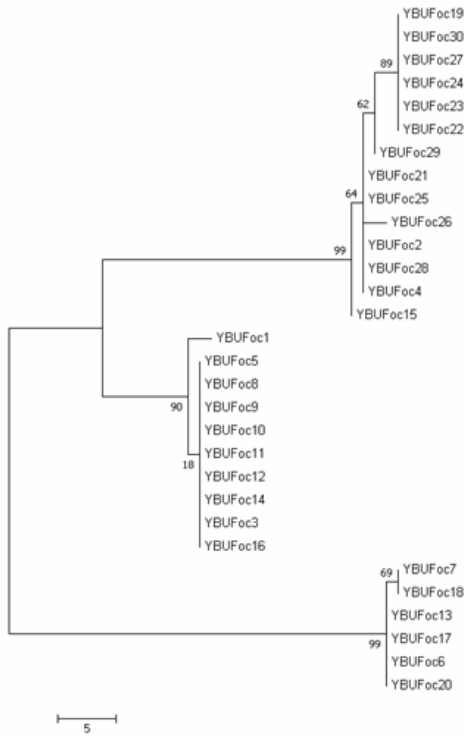
İl	İlçe	İzolat	Konidi ölçümü (µm) <sup>a</sup>						Klamidiospor Çapı (µm) <sup>a</sup>
			Makrokonidi			Mikrokonidi			
			Uzunluk	Genişlik	Bölme	Uzunluk	Genişlik	Bölme	
Yozgat	Merkez	YBUFoc1	28.7	4.6	1-4	8.4	3.3	0-1	50.7
	Merkez	YBUFoc2	30.0	4.0	2-4	9.5	4.0	0-1	48.6
	Yerköy	YBUFoc3	32.7	4.1	1-4	8.8	3.4	0-1	52.1
	Sorgun	YBUFoc4	30.4	4.1	2-3	8.3	3.5	0-1	50.4
	Sarıkaya	YBUFoc5	28.7	4.6	2-4	8.6	3.5	0-1	48.4
	Çandır	YBUFoc6	28.5	4.4	1-3	10.5	4.2	0-1	41.3
	Boğazlayan	YBUFoc7	29.8	4.3	1-3	8.9	3.7	0-1	40.4
	Yenifakılı	YBUFoc8	29.8	4.2	2-3	7.8	3.4	0	43.7
	Akdağmadeni	YBUFoc9	31.2	4.3	2-3	6.3	2.9	0	42.4
	Aydıncık	YBUFoc10	34.2	4.2	1-3	8.0	3.6	0-1	41.4
	<b>Ortalama</b>		<b>30.4</b>	<b>4.3</b>		<b>8.5</b>	<b>3.5</b>		<b>45.9</b>
Kırşehir	Merkez	YBUFoc11	33.7	4.2	1-4	9.0	3.5	0-1	44.4
	Merkez	YBUFoc12	28.4	4.3	2-3	8.2	3.6	0-1	47.5
	Kaman	YBUFoc13	30.8	4.1	2-3	7.6	3.1	0	46.8
	Kaman	YBUFoc14	29.3	4.2	2-3	8.0	3.3	0-1	45.7
	Boztepe	YBUFoc15	27.7	4.2	2-4	7.9	3.4	0	40.0
	Akpınar	YBUFoc16	28.4	4.1	2-3	9.2	3.7	0-1	44.7
	Akçakent	YBUFoc17	28.0	4.1	1-3	8.8	3.7	0-1	42.3
	Akçakent	YBUFoc18	34.8	4.2	2-3	8.1	3.2	0	43.8
	Çiçekdağ	YBUFoc19	28.5	4.3	1-3	8.5	3.4	0-1	37.2
	Mucur	YBUFoc20	31.0	4.2	2-3	9.1	3.7	0-1	41.7
	<b>Ortalama</b>		<b>30.1</b>	<b>4.2</b>		<b>8.4</b>	<b>3.5</b>		<b>43.4</b>
Kırıkkale	Delice	YBUFoc21	29.3	4.4	1-4	8.9	3,5	0-1	44.2
	Delice	YBUFoc22	28.0	4.2	2-3	7.7	3,4	0	47.8
	Balışeyh	YBUFoc23	31.5	4.2	1-3	8.9	3,4	0-1	46.1
	Balışeyh	YBUFoc24	30.8	4.4	2-3	8.6	3,5	0-1	44.6
	Merkez	YBUFoc25	28.3	4.6	2-4	8.4	3,5	0-1	43.1
	Keskin	YBUFoc26	29.6	4.5	2-4	9.3	3,9	0-1	40.0
	Keskin	YBUFoc27	30.2	4.4	1-4	8.0	3,4	0-1	42.7
	Keskin	YBUFoc28	29.4	4.4	1-3	7.7	3,3	0	43.5
	Karakeçeli	YBUFoc29	28.7	4.1	1-3	6.4	3,0	0	41.5
	Çelebi	YBUFoc30	32.1	4.2	2-3	7.9	3,6	0	40.2
	<b>Ortalama</b>		<b>29.8</b>	<b>4.3</b>		<b>8.2</b>	<b>3.5</b>		<b>43.4</b>
<b>Genel Ortalama</b>			<b>30.1</b>	<b>4.3</b>		<b>8.4</b>	<b>3.5</b>		<b>44.2</b>

<sup>a</sup> Normal yazı tipi kullanılan rakamlar 50 gözleme dayalı ortalamaları ifade eder

## Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale İllerinde Nohut Kök Çürüklük ve Solgunluk Hastalığının Oluşumu ve Dağılımı

### FUSACI İzolatlarının Moleküler Karakterizasyonu

FUSACI izolatlarından elde edilen total genomik DNA'lar ile, ITS1/ITS4 primerleri kullanılarak PCR çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Molgentek firmasından elde edilen çift yönlü (5'-3' ve 3'-5') baz dizileri, Blast programı kullanılarak NCBI gen bankasında diğer fungal izolatlar ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen FUSACI izolatları Hindistan'da nohut (JN400720), buğday (MW750190) ve toprak (MZ267028), Çin'de altın krizantemi (MK385594), kudret narı (GU445363)], Polonya'da çavdar (MH725595) izolatları ile %98.4 ile %100 arasında nükleotid dizi homojenitesi göstermiştir. Daha sonra, Mega 7 programı kullanılarak FUSACI'in izolatları arasındaki genetiksel ilişki Maksimum Parsimoni (MP) yöntemine göre elde edilen filogenetik ağaç ile belirlenmiştir. (Şekil 4).



Şekil 4. Nohuttan izole edilen FUSACI izolatlarının maksimum parsonimi analizi ile oluşturulmuş ITS gen dizisine ait filogenetik ağaç. (1000 tekrar sonunda elde edilen

bootstrap değerleri (%) dalların bağlantı noktalarında gösterilmiştir.)

MP filogenetik ağacında, boşluklarda dahil olmak üzere 630 nükleotid karakteri kullanılmış ve bu nükleotidlerden 98'i parsimonik bilgi verici bölge olarak belirlenmiştir. MP analizleri en çok parsimoni görülen ağacından birini vermiştir [Figure 4; Ağaç Uzunluğu: 79; Consistency Index (CI): 0.974; Retention Index (RI): 0.996; Rescaled Consistency Index (RC): 0.971 ve Homoplasy Index (HI): 0.026].

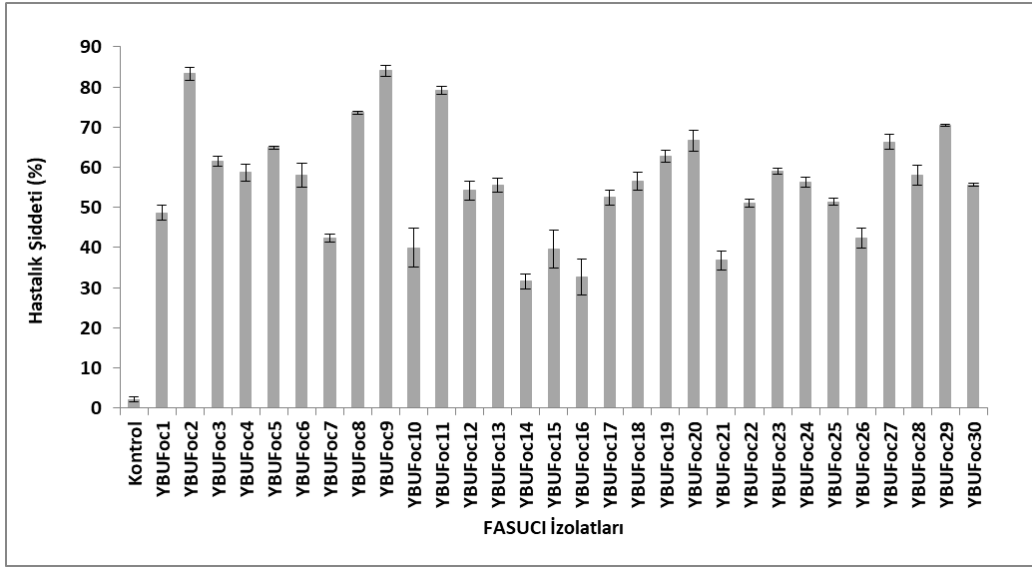
FUSACI izolatlarına ait bu MP dendrogramı incelendiğinde soy ağacı öncelikle 3 ana dala ayrılmıştır. Bunlardan ilki %99 bootstrap değeriyle desteklenen Kırıkkale izolatlarının tamamına karşılık gelmiştir. Diğer ana dal %90 bootstrap değeriyle kendi içerisinde, Yozgat ve Kırşehir izolatlarını barındırmaktadır. Kırşehir izolatlarının yoğun olarak bulunduğu son ana dal yine %99 bootstrap değeriyle diğer iki daldan ayrılmıştır.

### FUSACI İzolatlarının Virülenslik Düzeylerinin Belirlenmesi

Solgunluk ve kök çürüklüğü gösteren nohutlardan izole edilen morfolojik ve moleküler karakterizasyon çalışmaları tamamlanan FUSACI izolatlarının patojenisite çalışma sonuçları Şekil 5 ve Çizelge 4'de özetlenmiştir. Şekil 5'de görüldüğü üzere FUSACI izolatlarının ILC482 nohut çeşidinde neden oldukları hastalık şiddet seviyeleri farklılık göstermiştir ( $F_{(30-62; 0.05)} = 69.412$ ;  $P < 0.0001$ ). En virulent izolatlar Yozgat ilinin Merkez (YBUFoc2), Yenifakılı (YBUFoc8), Akdağmadeni (YBUFoc9) ve Kırşehir ilinin Merkez (YBUFoc11) ilçelerinden elde edilen izolatlar olmuştur. FUSACI izolatlarının rezolasyon oranları %81.9 ile %98.6 arasında değişiklik göstermiştir. Kontrolde FUSACI izolatları elde edilmemiştir.

FUSACI izolatları ILC482 çeşidinde oldukça farklı seviyelerde hastalık şiddetine neden olmuştur. Ancak izolatların virülenslik seviyesi iki farklı grup altında toplanmıştır. Çizelge 4'de görüldüğü üzere toplam 8 (sekiz) FUSACI izolatı orta derecede virulent iken geri kalan 22 izolatın tamamı yüksek derecede virulent patojen olarak belirlenmiştir.

## Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale İllerinde Nohut Kök Çürüklük ve Solgunluk Hastalığının Oluşumu ve Dağılımı



Şekil 5. Farklı FUSACI izolatlarının ILC482 nohut çeşidinde oluşturduğu hastalık şiddeti (%). Barlar üzerindeki dikey çizgiler standart hataları temsil eder

Çizelge 4. ILC482 nohut çeşidinde FUSACI izolatlarının virülenslik seviyelerine göre gruplandırılması

Virülenslik Seviyesi		
Zayıf Derecede Virülene Patojen ( $0.1 \leq x < 30.1$ )	Orta Derecede Virülene Patojen ( $30 < x \leq 50$ )	Yüksek Derecede Virülene Patojen ( $> 50$ )
—	YBUFoc1, YBUFoc7, YBUFoc26, YBUFoc10, YBUFoc15, YBUFoc21, YBUFoc16, YBUFoc14,	YBUFoc9, YBUFoc2, YBUFoc11, YBUFoc8, YBUFoc29, YBUFoc20, YBUFoc27, YBUFoc5, YBUFoc19, YBUFoc3, YBUFoc23, YBUFoc4, YBUFoc6, YBUFoc28, YBUFoc18, YBUFoc24, YBUFoc30, YBUFoc13, YBUFoc12, YBUFoc17, YBUFoc25, YBUFoc22
0	8	22

FUSACI izolatlarının ILC482 nohut çeşidi üzerindeki patojenik değişkenliği, izolatların doğası gereği değişkenlik gösterebileceğini ortaya çıkarmıştır (Mandhare ve ark., 2011) Hindistan'da FUSACI'in dört ırkının varlığı Haware ve Nene (1982) tarafından rapor edilmiş ve ayrıca araştırmacılar bu ırkların farklı virülenslik seviyelerine sahip olduğunu rapor etmiştir. FUSACI nohut solgunluğuna neden olan yüksek düzeyde patojenik

değişkenlik Hindistan'daki diğer araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (Gupta ve ark., 1986; Rahman ve ark., 1998; Paulkar ve ark., 2004).

### Teşekkür

Bu çalışma Yozgat Bozok Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri (Proje No: 6602c-ZF/18-230) tarafından desteklenmiştir.

## Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale İllerinde Nohut Kök Çürüklük ve Solgunluk Hastalığının Oluşumu ve Dağılımı

### Kaynaklar

- Achari, S. R., Mann, R. C., Sharma, M., Edwards, J. (2023) Diagnosis of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* causing *Fusarium* wilt of chickpea using loop-mediated isothermal amplification (LAMP) and conventional end-point PCR. *Sci Rep* 13:2640.
- Agrawal, S. C., Gupta, A. (2006) Variability of isolate of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* causing wilt of chickpea. *Indian J. Pulses Res.* 25:156-157.
- Agrios, G. N. (1997) Plant pathology, 4th edn. Elsevier, Amsterdam
- Ajayi-Oyetunde, O. O., Bradley, C. A. (2018) *Rhizoctonia solani*: taxonomy, population biology and management of rhizoctonia seedling disease of soybean. *Plant pathology* 67: 3-17.
- Arıci, Ş. E., Seven, M. A. (2018) Nohut antraknozu (*Ascochyta rabiei*)'nun entegre hastalık yönetimi. *Erzincan University Journal of Science and Technology* 11: 488-498.
- Armstrong-Cho, C., Sivachandra Kumar, N. T., Kaur, R., Banniza, S. (2023) The chickpea root rot complex in Saskatchewan, Canada-detection of emerging pathogens and their relative pathogenicity. *Frontiers in Plant Science* 14: 1117788.
- Aveskamp, M. M. Gruyter J de, Woudenberg J. H. C., Verkley G. J. M., Crous P. W. (2010) Highlights of the Didymellaceae: A polyphasic approach to characterise *Phoma* and related pleosporalean genera. *Studies in Mycology* 65:1-60.
- Azevedo, D. M., Rocha, F. S., Costa, C. A., Pfenning, L. H., da Costa, S. S., Melo, M. P., Maria de Fátima, G. F. (2017) Etiology of root rot and wilt disease of chickpea in Brazil. *Tropical Plant Pathology* 42:273-283.
- Bayraktar, H. (2006) Nohutlarda kök çürüklüğüne sebep olan funguslar arasındaki genetik farklılığın moleküler yöntemlerle incelenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi.
- Bayraktar, H., Dolar, F. (2009) Genetic diversity of wilt and root rot pathogens of chickpea, as assessed by RAPD and ISSR. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 33:1-10.
- Bora, T., Karaca, İ. (1970) Kültür Bitkilerinde Hastalığın ve Zararın Ölçülmesi. Ege Üniversitesi Matbaası, Bornova.
- Cenis, J. L. (1992) Rapid extraction of fungal DNA for PCR amplification. *Nucleic acids research* 20:2380.
- Chilakala, A. R., Pandey, P., Durgadevi, A., Kandpal, M., Patil, B. S., Rangappa, K., Reddy, P. C. O., Ramegowda, V., Senthil-Kumar, M. (2023) Drought attenuates plant responses to multiple rhizospheric pathogens: A study on a dry root rot-associated disease complex in chickpea fields. *Field Crops Research* 298:108965.
- Demirci, E., Eken, C., Kantar, F. (1999) Pathogenicity of wilt and root rot pathogens of chickpea cv. Aziziye-94. *J. Turk. Phytopath.* 28:25-32.
- Dolar, F. S. (1996) Survey of Chickpea Diseases in Ankara, Turkey. *International Chickpea and Pigeonpea Newsletter* 3:33-34.
- Dubey, S. C., Singh, S. R., Singh, B. (2010) Morphological and pathogenic variability of Indian isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* causing chickpea wilt. *Arch. Phytopathology Plant Protect.* 43:174-190.
- Dubey, S. C., Tripathi, A., Upadhyay, B. K., Deka, U. K. (2014) Diversity of *Rhizoctonia solani* associated with pulse crops in different agro-ecological regions of India. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 30:1699-1715.
- Faostat. (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, Accessed 28 August 2023.
- Ghosh, R., Sharma, M., Telangre, R., Pande, S. (2013) Occurrence and distribution of chickpea diseases in central and southern parts of India. *American Journal of Plant Sciences* 4:940-944.
- Golakiya, B. B., Bhimani, M. D., Akbari, L. F. (2018) Characterization of Indian Isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*

## Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale İllerinde Nohut Kök Çürüklük ve Solgunluk Hastalığının Oluşumu ve Dağılımı

- Causing Chickpea Wilt. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 7:1152-1162.
- Gomez, K. A., Gomez, A. A., (1984) Statistical procedures for agricultural research (2ed.). Jhon Wiley and Sons, New York
- Groenewald, S., Berg, N. V. D., Marasas. W. F. O., Viljoen, A. (2006) Biological, physiological and pathogenic variation in a genetically homogenous population of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Australas. Plant Pathol.* 35:401-409.
- Gupta, O., Khare M. N., Kotasthane, S. R. (1986) Variability among six isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* causing wilt of chickpea. *Indian Phytopath.* 39:279-281.
- Güllü, B. (2003) Gaziantep il ve ilçelerinde yetiştiriciliği yapılan nohutta zarar veren fungal hastalık etmenlerinin belirlenmesi ve yabancı nohut türlerinde bulunan dayanıklılığının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi.
- Haware, M. P., Nene, Y. L. (1982) Races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*. *Plant disease* 66: 809-810.
- Haware, M. P., Nene, Y. L., Pundir, R., Rao, J. N. (1992) Screening of world chickpea germplasm for resistance to *Fusarium* wilt. *Field Crops Research* 30:147-54.
- Honnareddy, N. and Dubey, S. C. (2007) Morphological characterization of Indian isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* causing chickpea wilt. *Indian Phytopath.* 60:373-376.
- Jawad, M., Malik, S. R., Atif, R. M., Ahmed, H., Afzal, M. S. (2020) Species identification of gram wilt complex through ITS region by PCR-RFLP analysis. *Pakistan Journal of Agricultural Research* 33:770-777.
- Jendoubi, W., Bouhadida, M., Boukteb, A., Béji, M., Kharrat, M. (2017) *Fusarium* Wilt Affecting Chickpea Crop. *Agriculture* 7:23
- Jiménez-Díaz, R. M., Castillo, P., del Mar Jiménez-Gasco, M., Landa, B. B., Navas-Cortés, J. A. (2015) *Fusarium* wilt of chickpeas: Biology, ecology and management. *Crop Protection*, 73:16-27.
- Kadam, A. M., Chavan, S. S., Dhutraj, D. N., Rewale, K. A. (2018) Survey of dry root rot of chickpea incidence in Marathwada region. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7: 3004-3008.
- Landa, B. B., Navas-Cortés, J. A., Jiménez-Díaz, R. M. (2004) Integrated management of *Fusarium* wilt of chickpea with sowing date, host resistance, and biological control. *Phytopathology* 94:946-960
- Leslie, J. F., Summerell, B. A. (2006) *The Fusarium Laboratory manual*. Blackwell Publishing, Iowa
- Lindbeck, K. D., Bretag, T. W., Ford, R. (2009) Survival of *Botrytis* spp. on infected lentil and chickpea trash in Australia. *Australasian Plant Pathology* 38:399-407.
- Maden, S. (1987) Seed-borne Fungal Diseases of Chickpea in Turkey. *J. Turk. Phytopath.* 16:1-8.
- Mandal, A. K., Dubey, S. C. (2011) Genetic diversity analysis of *Sclerotinia sclerotiorum* causing stem rot in chickpea using RAPD, ITS-RFLP, ITS sequencing and mycelial compatibility grouping. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 28:1849-1855.
- Mandhare, V. K., Deshmukha, V. K., Patil, J. V., Kale, A. A., Chavand, U. D. (2011) Morphological, pathogenic and molecular characterization of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* isolates from Maharashtra, India. *Indonesian J. Agri. Sci.* 12:47-56.
- Mazur, S., Nawrocki, J., Kucmierz, J. (2002) Fungal diseases of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivated in the south region of Poland. *Plant Protection Science* 38:332-335.
- Nene, Y. L. and Haware, M. P. (1980) Screening chickpea for resistance to wilt. *Plant Dis.* 66:379-380.
- Ozturk, M., Endes, A. (2023) Isolation of bacterial isolates from soil samples and determination of their in vitro antagonistic potential against chickpea wilt disease agent *Fusarium oxysporum* f.

## Yozgat, Kırşehir ve Kırıkkale İllerinde Nohut Kök Çürüklük ve Solgunluk Hastalığının Oluşumu ve Dağılımı

- sp. *ciceris*. *Harran Journal of Agricultural and Food Science* 27:64-72.
- Özer, N., Soran, H. (1991) *Fusarium* Genus and *Fusarium* Species Isolated From The Cultivated Plants in Turkey. *J. Turk. Phytopath.* 20:69-80.
- Pande, S., Siddique, K. H. M., Kishore, G. K., Bayaa, B., Gaur, P. M., Gowda, C. L. L., Bretag, T. W., 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.
- Patel, S. T., Anahosur, K. H. (2001) Variability among the isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* and *Fusarium solani* from chickpea. *Madras Agril. J.* 88:124-126.
- Patil, V., Gawade, D., Surywanshi, A. P., Zagade, S. N. (2015) Biological and fungicidal management of chickpea wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*. *The Bioscan* 10:685-690.
- Patra, S., Biswas, M. K., Mahato, A. (2017) Prevalence of *Fusarium* wilt of chickpea in the agro-ecological condition of undulating red and lateritic zone of West Bengal, India. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 6:2456-2462.
- Paulkar, P. K., Raut, B. T. (2004) Variability among the isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*. *J. Mycol. Plant Pathol.* 34:20-23.
- Rahman, M. L., Haware, M. P., Mian, I. H., Akanda, A. M. (1998) Races of *F. oxysporum* f. sp. *ciceri* causing chickpea wilt in India. *Bangladesh J. Plant Pathol.* 14:33-36.
- Shahjahan, M., Inam-ul-Haq, M., Mukhtar, T., Khalid, A. (2016) Incidence of major fungal root diseases of chickpea in Layyah and Bhakkar districts of Punjab, Pakistan. *Pakistan Journal of Phytopathology* 28:75-79.
- Singh, K. B., Ocampo, B., and Robertson, L. D. (1998) Diversity for abiotic and biotic stress resistance in the wild annual *Cicer* species. *Genet. Resour. Crop Evol.* 45:9-17.
- Singh, R. K., Hasan, A., Chaudhary, R. G. (2010) Variability in *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* causing vascular wilt in chickpea. *Arch. Phytopath. Pl. Prot.* 43:987-995.
- Singh, K. B., Reddy, M. V. (1991) Advances in disease-resistance breeding in chickpea. *Advances in Agronomy* 45:191-222.
- Sneh, B., Burpee, L., Ogoshi, A. (1991) Identification of *Rhizoctonia* species. APS press.
- Townsend G. K., Heuberger J. W. (1943) Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Plant Dis. Reporter* 27:340-343.
- Trapero-Casas, A., Jimenez-Diaz, R. M. (1985) Fungal wilt and root rot diseases of chickpea in Southern Spain. *Phytopathology* 75:1146-1151.
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S., Taylor, J., (1990) Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics: *In: PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*. M. A. Innis, D. H. Gelfand, J. J. Sninsky, T. J. White (Eds.), 315-322, Academic Press, New York
- Yildirim, Ü. A., Güldür, M. E. (2019) Determination of *Fusarium* resistance in registered chickpea cultivars. *Harran Journal of Agricultural and Food Science* 23: 218-225.
- Yimer, S. M., Ahmed, S., Fininsa, C., Tadesse, N., Hamwih, A., Cook, D. R., (2018) Distribution and factors influencing chickpea wilt and root rot epidemics in Ethiopia. *Crop Protection* 106:150-155.
- Yücel, S., Güncü, M. (1991) Fungal diseases determined on food legumes in Mediterranean region. *Plant Protection Bulletin* 31.