

## Dünya Çam Ormanlarını Tehdit Eden Yabancı İstilacı Tür; *Fusarium circinatum*

R. Ceyda BERAM<sup>1\*</sup>, Funda OSKAY<sup>2</sup>, A. Gülden ADAY KAYA<sup>3</sup>, Asko LEHTIJÄRVİ<sup>4</sup>,  
H. Tuğba DOĞMUŞ LEHTIJÄRVİ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, 32260, Isparta, Türkiye

<sup>2</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, 18200, Çankırı, Türkiye

<sup>3</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Yenişarbademli Meslek Yüksekokulu, 32850, Isparta, Türkiye

<sup>4</sup>Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, 16310, Bursa, Türkiye

\* Corresponding author (İletişim yazarı): \*ceydaberam@gmail.com

**Özet:** Yabancı istilacı türler, doğal yayılış alanlarının dışında bulunan ekosistemleri işgal ederek biyolojik çeşitliliği tehdit eden türlerdir. Ekosistemlerin fonksiyonlarını ve doğal bileşenlerini değiştiren bu türlerden, özellikle tohum ve bitki materyali ile taşınanlar oldukça dikkat çekmektedir. Tohum ile taşınan patojenler, hastalıkların ülke bazında ve ülkeler arası yayılışında önemli bir role sahiptir. Bu tehlikeli patojenler arasında çok sayıda *Fusarium* türü bulunmaktadır.

*Fusarium circinatum* fidanlıkarda çökertene, ormanlarda ise çam çıralı kanseri hastalığına neden olan, çam türlerinin en tehlikeli patojenlerinden birisidir. Bu fungus çam tohumlarını enfekte ederek, tohum ticareti yoluyla kolaylıkla uzun mesafelere taşınabilmektedir. Doğal ve plantasyon çam ormanları için önemli bir tehdit oluşturan bu türün, bugüne kadar 5 farklı kıtada yayılış gösterdiği bilinmektedir. *Pseudotsuga menziesii* ile birlikte en az 57 *Pinus* cinsine ait türün çam çıralı kanserine karşı çeşitli derecelerde duyarlı olduğu bildirilmiştir. *F. circinatum*, dünya genelinde çok sayıda ülkede karantina organizması olarak listelenmiştir. Avrupa'da, karantina patojeni olarak önerilen zararlıların bulunduğu Avrupa ve Akdeniz Bitki Sağlığını Koruma Örgütü (EPPO) A2 listesinde yer almaktadır. Bunun yanı sıra Türkiye Bitki Karantina Yönetmeliği Ek-2A'ya göre, Türkiye'de varlığı bilinmeyen karantinaya tabi zararlı bir organizmadır.

Dünyanın çeşitli bölgelerinde bulunan çam ormanlarında neden olduğu büyük ölçekli kayıplardan dolayı bu mikroorganizmanın önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bu nedenle, *F. circinatum* ve diğer tüm yabancı istilacı türlere karşı kontrol önlemleri geç kalınmadan alınmalı ve tüm dünyada uygulanmalıdır. Patojenin epidemiyolojisini ve ekolojisini ayrıntılı bir şekilde anlamak patojenle mücadelede önemli bir önkoşuldur. Tüm bu nedenlerden dolayı, bu çalışmada *F. circinatum* ile ilgili geniş kapsamlı bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fungus, *Fusarium circinatum*, çam çıralı kanseri, yabancı istilacı tür

## The Invasive Alien Species Threatening The World Pine Forests; *Fusarium circinatum*

**Abstract:** Invasive alien species are species threatening biological diversity by occupying ecosystems outside of natural spreading areas. Among these invasive alien species that change the functions and natural components of ecosystems, especially the ones that are carried by seed and other plant material draw great attention. In pathogens, carried by seeds, have a crucial role in spreading the diseases both domestically and across country borders. Among the important pathogens carried by seeds are a large number of *Fusarium* species.

*Fusarium circinatum* is one of the most dangerous pathogen of *Pinus* species, causing damping-off in nurseries and pitch canker in forests. This aggressive fungus may infect pine seeds and, therefore, can easily be spread long distances by the seed trade. It is a very significant threat to natural and planted pine forests, and to date it has invaded countries across five continents. At least 57 species of *Pinus* along with *Pseudotsuga menziesii* are susceptible to pitch canker to varying degrees. *F. circinatum* has recently been listed as a quarantine organism in numerous countries throughout the World. In Europe, it is currently included in the European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) A2 list of pests recommended for regulation as quarantine pests. In addition, to Regulation on Plant Quarantine Annex-2A, it is a forest pathogen included in the quarantine list although it is not present in the country.

The importance of this microorganism is increasing day by day due to the large-scale losses to pine forestry in various parts of the World. For this reason, control measures against *F. circinatum* and all other invasive species should be taken and carried out without delay in the world. A thorough understanding of the epidemiology and ecology of the causal agent is an important prerequisite for managing this pathogen. In this study, an extensive search of literature dealing with *F. circinatum* was performed.

**Keywords:** Fungi, *Fusarium circinatum*, pitch canker, invasive alien species

## 1. Giriş

Doğal yayılış alanlarının dışında bulunan ekosistemleri işgal ederek, çevreye, ekonomiye ve insan sağlığına zarar verebileceği düşünülen türler, yabancı istilacı türler (YİT) olarak adlandırılmaktadır. Bu türler, kazara veya kasıtlı olarak giriş yaptıkları ekosistemlerde popülasyonlarını kontrol eden doğal predatör ve rakiplerinin bulunmaması nedeniyle biyolojik çeşitliliği etkilemekte ve bu bölgelerde ciddi hasarlara neden olmaktadır (Vitousek vd., 1997; Mooney ve Hobbs, 2000; Pimentel, 2002; Pimentel vd., 2005; Westphal vd., 2008; Pejchar ve Mooney, 2009; Fisher vd., 2012).

Ülkeler arası yapılan ulaşım, ticaret, turizm gibi ivme kazanan faaliyetler, iklim değişikliği ve büyük oranda insan müdahaleleri sonucunda ortaya çıkan yeni koşullar organizmaların kendi doğal yaşam alanları dışındaki alanlara taşınmasında önemli bir yer tutmaktadır. Bu tip taşınmalar, türlerin yayılışını sınırlayan en önemli faktörler arasında yer alan biyocoğrafik engellerin daha hızlı ve kolay aşılmasına olanak sağlamaktadır (Liebhold vd., 1995; Filip ve Morrell, 1996; Everett, 2000; Hulme, 2009). Yapılan çalışmalar, müdahale altında bulunan doğal ekosistemlerin bu tür istilalara daha eğilimli olduğunu göstermektedir (Mooney ve Hobbs, 2000).

Dünya çapında kayıtlara geçen istilacı patojenlerin sayısının ve bu patojenlerin neden olduğu salgınların son yıllarda benzeri görülmemiş bir hızla arttığı bilinmektedir (Santini vd., 2013; Eschen vd., 2014). Avrupa'da tespit edilen orman patojeni sayısının 1800-2008 yılları arasında 123'e ulaştığı (Santini vd., 2013) ve ithalat hacminin genişliği nedeniyle istilacı patojenlerin en fazla İtalya, Fransa, İsviçre, Avusturya ve Macaristan'da bulunduğu bildirilmiştir (Desprez-Loustau, 2009). Bununla birlikte Kuzey Amerika ormanlarında 20'den fazla istilacı patojen bulunduğu (Pimentel vd., 2000) ve en az yedi farklı ağaç türünün bu istilacı türler sebebi ile yok olma tehdidi ile karşı karşıya kaldığı rapor edilmiştir (Liebhold vd., 1995; Orwig, 2002). Avrupa ve Akdeniz Bitki Sağlığını Koruma Örgütü (EPPO) A1 karantina listesinde yer alan bitki patojenlerinin yarısından fazlası (%52) orman patojenidir. Bunun yanı sıra Türkiye Bitki Karantina Yönetmeliği Ek 1-A ve 2-A'ya göre, Türkiye'de varlığı bilinmeyen karantinaya tabi 32 fungusun 19'u orman patojenidir.

İstilacı patojenler arasından tohumlarla taşınanlar, sebep oldukları önemli hastalıklar ve zararlar nedeniyle son derece dikkat çekmektedir. Çok sayıda orman ağacı hastalığı, bulaşık tohumlar aracılığı ile hem fidanlıklara, hem de buradaki fidanlar aracılığı ile yeni alanlara taşınmaktadır (Cilliers vd., 1993; Storer vd., 1998). Patojenin bulaştığı fidan ve ağaçlar yakın çevresinin inokulum kaynağını oluşturmaktadır (Burgess ve Wingfield, 2002). Uzun idare sürelerinin söz konusu olduğu ormanlarda tohumla taşınan patojenlerin etkileri, ekonomik olduğu kadar ekosistem ölçeğinde de uzun vadeli ve geri dönüşü olmayan kayıplarla sonuçlanabilmektedir (Kamra, 1989; Singh ve Mathur, 1993).

Ekosistemlerin fonksiyon ve doğal bileşenlerini değiştiren bu istilacı türlere çok sayıda örnek bulunmaktadır. Tohumlar ile taşınan en önemli patojenler arasında *Diplodia sapinea* (Fr.) Dyko & B. Sutton, *Sirococcus conigenus* (DC.) P.F. Cannon & Minter, *Caloscypha fulgens* (Pers.) Boud., *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon ve Maublile ile birlikte çok sayıda *Fusarium* türü yer almaktadır (Sutherland vd., 2002).

## 2. *Fusarium circinatum*

*Fusarium circinatum* Nirenberg ve O'Donnell (telemorf: *Gibberella circinata* Nirenberg ve O'Donnell) dünyanın birçok bölgesinde özellikle çam türlerinin en tehlikeli patojeni olarak bilinmektedir. Etmen fidanlıklarda çökertene, ormanlarda ise çam çirali kanserine neden olmaktadır. *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco ile birlikte en az 57 *Pinus* türünün çam çirali kanserine karşı farklı derecelerde duyarlı olduğu bilinmektedir (Pinestrength, 2017). Bu türler arasında *Pinus radiata* D. Don, *Pinus taeda* L., *Pinus virginiana* Mill., *Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinaster* Aiton, *Pinus sylvestris* L., *Pinus strobus* L., *Pinus densiflora* Siebold & Zucc. gibi türler bulunmaktadır (Hepting ve Roth 1953; McCain vd., 1987; Viljoen vd., 1994; Wingfield vd., 2002; Landeras vd., 2005; Carlucci vd., 2007; Coutinho vd., 2007).

### 2.1. Hastalık etmeninin neden olduğu belirtiler ve tespiti

Dünya üzerinde çam fidanlarının önemli patojeni olarak düşünülen *F. circinatum*'un enfekte ettiği fidanlar tipik çökerten belirtilerini göstermektedir. Enfeksiyonun

erken safhalarında, kök uçları tahrip olmakta ve kökler su alamaz hale gelmektedir. Fidanlarda görülen primer belirti, zamanla ya da aniden gerçekleşen solgunluklardır. Sararan ibreler gün geçtikçe kızıl kahve bir renk almakta, sürgünlerde geriye doğru ölümler meydana gelmektedir. Hastalık ilerledikçe geriye doğru ölümler artmakta, taç gelişimi zayıflamakta ve fidan ölmektedir. Toprak üstü belirtiler patojen kök boğazını ve gövdeyi kuşatana kadar genellikle çok belirgin gözlenmemektedir. Hem etmenin bulaşmış olduğu tohumlar hem de toprak kaynaklı inokulumlar fidanları enfekte edebilme yeteneğine sahiptir. Her iki durumda da oluşan belirtiler, diğer çökerten patojenlerinin neden olduğu belirtilerden ayırt edilememektedir (Wingfield vd., 2008, Mitchell vd., 2011).

Yetişkin ağaçlarda, çam çıralı kanserinin en yaygın belirtisi; ana gövdede, tepe tacında veya dallarda reçineli kanser oluşumudur. Enfeksiyon genellikle kanser ve küçük dallarda geriye doğru ölümler ile başlamaktadır. Kabuk, kök ve gövdede çatlamalar meydana gelmekte ve oluşan reçine salgısı sonucu ağaçta kanserli dokular gözlenmektedir. Başlangıçta sararan ibreler sonrasında kızıl kahve bir renk almaktadır. Bu belirtiler tekrarlandığı ve hastalık ağaç gövdesini tamamen kuşattığı durumlarda ise etmen geniş çapta ölümlere sebep olmaktadır. Çam türlerinin dal ve gövdeleri bu fungus tarafından her yaşta enfekte edilebilmektedir (Wingfield vd., 2008; Pinestrength, 2017).

Bu zararlı organizmanın tespit ve teşhisi üzerinde çok sayıda bilimsel araştırma bulunmaktadır. Teşhis, kabuk altında reçineli ıslak görünüm, kanserli dokular ve renk değişimi gibi karakteristik belirtilerin varlığı sayesinde yapılabilmektedir. Fungusun kültüre alınması da teşhisi kolaylaştırmaktadır. Son yıllarda, patojenin enfekteli bitki dokularından izolasyonuna ve morfolojik tanısına dayanan klasik yöntemlerin yerini DNA esaslı moleküler yöntemlerin aldığı görülmektedir (Geiser vd., 2004; Schweigkofler vd., 2004; Garbelotto vd., 2008; Ramsfield vd., 2008; Ios vd., 2009; Dreaden vd., 2012; Fourie vd., 2014).

## 2.2. Hastalık etmeninin biyolojisi ve morfolojisi

Patojenin neden olduğu çoğu enfeksiyon rüzgar veya böcekler tarafından taşınan makrokonidi veya mikrokonidiler aracılığı ile gerçekleşmektedir. Makrokonidiler tipik olarak hafif kavisli duvarlara sahip ve 3 septalıdır. Bu özellik *Fusarium* cinsindeki sayısız anamorf ile benzerlik göstermektedir. Mikrokonidiler ise tipik olarak tek hücreli ve ovale yakındır. Miselyumlar beyaz, menekşe rengindedir. Koloniler çoğunlukla bölümlere ayrılmış şekilde gözlemlenmektedir. Peritesyumlar doğada görülmediğinden askosporların konukçuyu enfekte

etmekte büyük bir önemi olmadığı düşünülmektedir (Storer vd., 1997).

Çam ile beslenen böcekler, hastalığın epidemiyolojisinde patojenin konukçuya erişimini sağlayan yaralanma etkeni veya patojeni enfekteli ağaçlardan sağlıklı ağaçlara ileten vektör olarak anahtar rol oynamaktadır. Kabuk böcekleri (*Pityophthorus*, *Ips*, *Conophthorus* gibi) genellikle patojenin neden olduğu hasarlı dallarda çoğalmaktadır. Bu dallarda erginliğe erişen kabuk böcekleri, patojenin taşınmasında ve yayılmasında önem arz etmektedir. Ağaçlarda meydana gelen, enfeksiyona uygun yaralar yine bu böcekler tarafından meydana getirilmektedir (Storer vd., 1997). Kaliforniyada gerçekleştirilen araştırmalar, kabuk böceklerinin yanı sıra kozalak ve tohum böceklerinin de fungusun enfeksiyon sürecinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir (Fox vd., 1991; Hoover vd., 1996).

Patojen, çam tohumları istila ederek veya bu tohumların yüzeyinde kontaminant olarak bulunarak yayılış gösterebilmektedir. Böylece tohumlarda bulunan inokulum kaynağı fidanı enfekte ederek öldürmektedir (Storer vd., 1998). Patojenin bulaştığı tohum, fidan ve ağaçlar da yakın çevresinin inokulum kaynağını oluşturmaktadır (Burgess ve Wingfield, 2002). Etmenin toprak yolu ile bulaşma riski bulunmaktadır. Enfeksiyon sürecinde nem oldukça büyük önem taşımaktadır. Yapılan çalışmalar patojenin neden olduğu enfeksiyonun atmosferik nemin ve sıcaklığın yüksek olduğu bölge ve mevsimler ile yüksek oranda ilişkili olduğunu göstermektedir (Dwinell vd., 1985).

## 2.3. Hastalık etmeninin dünya üzerindeki yayılışı

İlk kez 1945 yılında Güney Amerika'da tanımlandığında endemik olduğu düşünülen bu patojenin daha sonra gerçekleştirilen çalışmalarda Meksika kökenli olabileceği ileri sürülmüştür (Wingfield vd., 2008). Tespit edildiği zamandan günümüze kadar hızlı bir şekilde yayılış gösteren bu patojen, Orta Amerika (Haiti ve Honduras), Güney Afrika, Güney Amerika (Şili, Kolombiya ve Uruguay), Asya (Güney Kore Cumhuriyeti ve Japonya) ve Güney Avrupa gibi farklı kıtalara ulaşarak doğal ve plantasyon çam ormanlarında önemli zararlara neden olmuştur (Dwinell, 1998; Wingfield vd., 2002; Carlucci vd., 2007; Wingfield vd., 2008; Pfenning vd., 2014).

Güney Afrika'da bulunan fidanlıklarda ilk kez 1990 yılında tespit edilen patojen (Viljoen vd., 1994), 2005 yılından itibaren genç plantasyonlarda meydana getirdiği salgıların beraberinde rapor edilmeye başlanmıştır (Coutinho vd., 2007). Avrupa'da ilk olarak 21. yüzyılın başlarında İspanya'da bulunan *P. radiata* plantasyonlarında görülen hastalık (Landeras vd., 2005), daha sonra Fransa (EPPO, 2006), İtalya (Carlucci vd.,

2007) ve Portekiz (Bragança vd., 2009)'de tespit edilmiştir. Patojen, hızlı yayılma potansiyeli ile söz konusu kıtalarda bulunan diğer ülkeleri de tehdit etmektedir. Yapılan çalışmalarda Yeni Zelanda, Çin ve Avustralya gibi hastalığın henüz kaydedilmediği birçok ülkenin fungusun gelişimi için uygun iklim koşullarına sahip olduğu bildirilmiştir. Etmenin neden olduğu zararın şiddeti, bulunduğu konukçu veya bölgeye bağlı olarak farklılık göstermektedir (Ganley vd., 2009).

#### 2.4. Olası tehditler ve kontrol önlemleri

Türkiye İstatistik Kurumu, dış ticaret istatistikleri 2005-2014 yıllarına ait orman ağacı tohumları ithalatına ait veriler incelendiğinde, en fazla tohum ithalatının bu hastalık etmeninin orijini olan ABD'den yapıldığı görülmektedir (TÜİK, 2015). Bu durumda, ithal orman ağacı tohumları ile ülkemize bilinen ya da bilinmeyen çok sayıda zararlı organizmanın giriş yapmış ya da yapabilecek olması muhtemeldir. Avrupa Gıda Güvenliği Kurumu (EFSA), mevcut konukçu dağılımı ve iklim koşulları altında, bu patojenin Avrupa'da bulunan (Batı Rusya ormanları hariç) 50 milyon hektar çam ormanının yaklaşık %20'sini tehlikeye attığını bildirmiştir. Patojen çok kısa bir sürede neredeyse tüm Avrupa'yı etkisi altına alacak potansiyele sahiptir. Normalin üzerinde seyreden iklim değişiklikleri (kuraklık, sel, yüksek sıcaklık farkı ve fırtına) bu patojenin varlığını sürdürdürebilmesi için daha elverişli ortam koşulları yaratmaktadır (Pinestrength, 2017).

Watt vd. (2011) ve Möykkynen vd. (2015) tarafından yapılan çalışmalarda, ülkemizde özellikle Marmara bölgesinin bu hastalık etmeninin yerleşme ve yayılması için uygun iklim koşullarına sahip olduğu belirtilmektedir. *P. radiata* da dahil olmak üzere, bir çok egzotik çam türüne ait plantasyon sahaları bu bölgede bulunmaktadır. Diğer taraftan yerli ve egzotik çam türlerine ait tohum bahçeleri ve tohum meşcereleri yer almaktadır. Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda, hastalık etmeninin ülkemize giriş yapması durumunda çam ormanlarımıza yerleşip yayılabilme potansiyeli yüksektir.

Dünya çapında sıkı karantina düzenlemelerine olan gereksinime dikkat çeken bu patojen (Burgess ve Wingfield, 2002) ülkemiz çam ormanları için de büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Bu zararlı organizma 2007 yılından bu yana Avrupa Birliği bitki sağlığı önlemlerine konu olmuş, ülkemize girişi ve yayılması, 17.06.2014 tarihinde yayımlanan, "Anı Meşe Ölümü ve Çam Çıralı Kanser Hastalığı İle Turunçgil Uzun Antenli Böceği Ve Kestane Gal Arısı Mücadelesi Hakkında Yönetmelik" hükümlerince yasaklanmıştır. Bunun yanı sıra Türkiye Bitki Karantina Yönetmeliği Ek-2A'ya göre, Türkiye'de varlığı bilinmeyen karantinaya tabi zararlı bir organizmadır.

*F. circinatum*, Avrupa'da karantina patojeni olarak önerilen zararlıların bulunduğu Avrupa ve Akdeniz Bitki Sağlığını Koruma Örgütü (EPPO) A2 listesinde yer almaktadır. Avrupa genelinde bu patojenin önemi açısından farkındalığı arttırmak ve tespitinden mücadelesine kullanılan yöntemleri en iyi hale getirmek amacı ile Avrupa Birliği tarafından, bugüne kadar 35 ülkenin katılımının sağlandığı bir COST aksiyonu programı (COST Action FP1406: Pinestrength) başlatılmıştır. Araştırmacılar, ormancılar, ilgili endüstri kolları ve politikacıların ortak çalışmalarının ve bilgi paylaşımının desteklendiği bu işbirliği sayesinde, aksiyona dahil olmayan ancak bu patojen ve diğer bitki hastalıkları konusunda oldukça tecrübeli olan; Şili, Yeni Zelanda, Kore Cumhuriyeti, Güney Afrika ve ABD gibi ülkeler, Avrupa ülkelerinin bilgi ve becerilerine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır (Pinestrength, 2017).

#### 3. Sonuç

Ülkemiz, sahip olduğu jeolojik konum, biyolojik çeşitlik ve nispeten yetersiz kalan karantina önlemleri gibi faktörlerin meydana getirdiği koşullar nedeniyle, yabancı istilacı patojenler açısından son derece büyük bir tehdit altında bulunmaktadır. Bu türlerin neden olduğu hastalıklar için uygulanan bilinçsiz mücadele yöntemleri, doğal dengenin bozulmasına yol açarak; canlı-cansız tüm çevreyi ciddi boyutta etkilemektedir. Bu nedenle çam ağaçlarının en tehlikeli patojeni olma özelliğini taşıyan ve hızlı yayılış potansiyeli ile dikkat çeken *F. circinatum* ve diğer tüm istilacı türlere yönelik gerekli önlemler geç kalınmadan alınmalı ve uygulanmalıdır.

İstilacı türlerin yönetiminde doğru stratejik kararların alınabilmesi için hastalık etmeni yakından tanınmalı ve neden olabileceği hasarlar önceden tahmin edilebilmelidir. Bu bağlamda, istilacı türlerin bir ülkeye girmeden ya da henüz geniş alanlara yayılmadan önce güçlü görsel araçlar olarak kullanılan zararlı risk haritalarının oluşturulması, bu türlerin yönetiminde önemli bir aşamadır. Söz konusu türler, ülkemize bir kez giriş yaptığında bunların yok edilmesi ya da yayılmasının engellenmesi hemen hemen imkânsızdır. Odun hammaddesi, odun ambalaj materyali ve canlı bitki ithalatıyla ülkemize çok fazla sayıda yabancı istilacı türün giriş yapabileceği göz önünde bulundurulduğunda, sıkı karantina önlemlerinin gerekliliği bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

Yerli çam türlerimizin ve orjinlerimizin bu etmene olan hassasiyeti henüz bilinmemekle beraber, yakın bir zamanda Türkiye'ye de bulaşacağı kuvvetle muhtemel bu tehlikeli patojene karşı ülke olarak hazırlıklı olmamız gerekmektedir. Yabancı istilacı türlerin bir ortama girdikten sonra neden olduğu ekonomik kaybın bedeli, bu türlerin ülkeye girişini engelleyici faaliyetlere göre çok daha büyük bedellere mal olmaktadır.

## Teşekkür

Yazarlar olarak, bu hastalık etmenini tanımamıza ve önemi açısından farkındalığımızı artırarak ülke çapında hazırlıklı olmamıza olanak sağlayan COST-FP1406 aksiyonuna teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Bragança, H., Diogo, E., Moniz, F., Amaro, P. (2009). First report of pitch canker on pines caused by *Fusarium circinatum* in Portugal. *Plant Disease*, 93(10), 1079-1079.
- Burgess, T., Wingfield, M.J. (2002). Quarantine is important in restricting the spread of exotic seed-borne pathogens in the Southern Hemisphere. *International Forestry Review*, 4(1), 56-65.
- Carlucci, A., Colatruglio, L., Frisullo, S. (2007). First report of pitch canker caused by *Fusarium circinatum* on *Pinus halepensis* and *Pinus pinea* in Apulia (Southern Italy). *Plant Disease*, 91(12), 1683-1683.
- Cilliers, A.J., Swart, W.J., Wingfield, M.J. (1993). A Review of *Lasiodiplodia* the obrome with particular reference to its occurrence on coniferous seeds. *South African Forestry Journal*, 166(1), 47-52.
- Coutinho, T.A., Steenkamp, E. T., Mongwaketsi, K., Wilmot, M., Wingfield, M.J. (2007). First outbreak of pitch canker in a South African pine plantation. *Australasian Plant Pathology*, 36(3), 256-261.
- Desprez-Loustau M.L. (2009). The alien fungi of Europe. Drake JA, ed. *Handbook of alien species in Europe*, DAISIE. *Invading nature, series in invasion ecology*, 3, 15-28, Berlin, Germany.
- Dreaden, T.J., Smith, J.A., Barnard, E.L., Blakeslee, G. (2012). Development and evaluation of a real-time pcr seed lot screening method for *Fusarium circinatum*, Causal Agent of Pitch Canker Disease. *Forest Pathology*, 42(5), 405-411.
- Dwinell, L.D., Barrows-Broadus, J., Kuhlman, E.G. (1985). Pitch canker: a disease complex of Southern pines. *Plant Disease*, 69, 270-276.
- Dwinell L.D. (1998). Global distribution of the pitch canker fungus. Devey ME, Matheson AC, Gordon TR (eds) *Current and potential impacts of pitch canker in radiata pine*, proceedings of the IMPACT Monterey workshop, California, USA, CSIRO Forestry and Forest Products Report No. 112. CSIRO, Canberra, 54-57.
- Eschen, R., Holmes, T., Smith, D., Roques, A., Santini, A., Kenis, M. (2014). Likelihood of establishment of tree pests and diseases based on their worldwide occurrence as determined by hierarchical cluster analysis. *Forest Ecology and Management*, 315, 103-111.
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). (2006). First report of *Gibberella circinata* in France. EPPO Reporting Service 2006-05 no:104. [http://www.eppo.int/PUBLICATIONS/reporting/reporting\\_service.htm](http://www.eppo.int/PUBLICATIONS/reporting/reporting_service.htm) (Erişim tarihi: 01.05.2017).
- Everett, R.A. (2000). Patterns and pathways of biological invasions. *Trends in Ecology and Evolution*, 15(5), 177-178.
- Filip, G.M., Morrell, J.J. (1996). Importing pacific rim wood: pest risks to domestic resources. *Journal of Forestry*, 94(10), 22-26.
- Fisher, M.C., Henk, A.D., Briggs, C.J., Brownstein, J.S., Madoff, L.C., McCraw, S.H., Gurr, S.J. (2012). Emerging fungal threats to animal, plants and ecosystems. *Nature*, 484, 186-194.
- Fourie, G., Wingfield, M.J., Wingfield, B.D., Jones, N.B., Morris, A.R., Steenkamp, E.T. (2014). Culture-independent detection and quantification of *Fusarium circinatum* in a pine-producing seedling nursery, southern forests, *A Journal of Forest Science*, 76(3), 137-143.
- Fox, J. W., Wood, D. L., Koehler, C. S., O'keefe, S. T. (1991). Engraver beetles (*Scolytidae: Ips* species) as vectors of the pitch canker fungus, *Fusarium subglutinans*. *The Canadian Entomologist*, 123(6), 1355-1367.
- Ganley, R. J., Watt, M. S., Manning, L., Iturrirxa, E. (2009). A global climatic risk assessment of pitch canker disease. *Canadian Journal of Forest Research*, 39(11), 2246-2256.
- Garbelotto, M., Smith, T., Schweigkofler, W. (2008). Variation in rates of spore deposition of *Fusarium circinatum*, the causal agent of pine pitch canker, over a 12-month-period at two locations in northern California. *Phytopathology*, 98(1), 137-143.
- Geiser, D.M., Jiménez-Gasco, M., Kang, S., Makalowska, I., Veeraraghavan, N., Ward, T.J., Zhang, N., Kuldau, G.A., O'Donnell, K. (2004). FUSARIUM-ID v. 1.0: A DNA sequence database for Identifying *Fusarium*", *European Journal of Plant Pathology*, 110, 473-479.
- Hepting, G.H., Roth, E.R. (1953). Host relations and spread of the pine pitch canker disease. *Phytopathology*, 43, 475.
- Hoover, K., Wood, D.L., Storer, A.J., Fox, J.W., Bros, W.E. (1996). Transmission of the pitch canker fungus, *Fusarium subglutinans* f. sp. *pini*, to Monterey pine, *Pinus radiata*, by cone-and twig-

- infesting beetles. *The Canadian Entomologist*, 128(06), 981-994.
- Hulme, P.E. (2009). Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology*, 46(1), 10-18.
- Ioos, R., Fourier, C., Lancu, G., Gordon, T.R. (2009). Sensitive detection of *Fusarium circinatum* in pine seeds by combining an enrichment procedure with real-time PCR using dual-labelled probe chemistry. *Phytopathology*, 99(5), 582–590.
- Kamra, S.K. (1989). Improving the forest seed situation in some African countries. Turnbull, J. W. (Ed.) *Tropical Tree Seed Research*. Gympie, Australia.
- Landeras, E., García, P., Fernández, Y., Braña, M., Fernández-Alonso, O., Méndez-Lodos, S., Armengol, J. (2005). Outbreak of pitch canker caused by *Fusarium circinatum* on *Pinus* spp. in Northern Spain. *Plant Disease*, 89(9), 1015-1015.
- Liebholt, A.M., Macdonald, W.L., Bergdahl, D., Mastro, V.C. (1995). Invasion by exotic forest pests- a threat to forest ecosystems. *Forest Science*, 41(30), 1-49.
- McCain, A.H., Koehler, C.S., Tjosvold, S.A. (1987). Pitch canker threatens California pines. *California agriculture*, 41(11-12), 22-23.
- Mitchell, R. G., Steenkamp, E. T., Coutinho, T. A., Wingfield, M. J. (2011). The pitch canker fungus, *Fusarium circinatum*: implications for South African forestry. *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, 73(1), 1-13.
- Mooney, H.A., Hobbs, R.J. (2000). *Invasive species in a changing world*. Island Press, Washington, DC.
- Möykkynen, T., Capretti, P., Pukkala, T. (2015). Modelling the potential spread of *Fusarium circinatum*, the causal agent of pitch canker in Europe. *Annals of Forest Science*, 72(2), 169-181.
- Orwig, D.A. (2002). Ecosystem to regional impacts of introduced pests and pathogens: historical context, questions and issues. *Journal of Biogeography*, 29(10-11), 1471–1474.
- Pejchar, L., Mooney, H.A. (2009). Invasive species, ecosystem services and human well-being. *Trends in Ecology and Evolution*, 24(9), 497-504.
- Pimentel, D., Lach, L., Zuniga, R., Morrison, D. (2000). Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *BioScience*, 50(1), 53-65.
- Pimentel, D. (2002). *Biological Invasions: economic and environmental costs of alien plant, animal, and Microbe Species*. CRC Press.
- Pimentel, D., Zuniga, R., Morrison, D. (2005). Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics*, 52(3), 273-288.
- Pfenning L.H., Costa S.D.S., Melo M.P.D., Costa H., Ventura J.A., Auer C.G., Santos A.F.D. (2014). First report and characterization of *Fusarium circinatum*, the causal agent of pitch canker in Brazil. *Trop Plant Pathology*, 39(3), 210–216.
- Ramsfield, T.D. Dobbie, K. Dick, M.A., Ball, R.D. (2008). Polymerase chain reaction-based detection of *Fusarium circinatum*, the causal agent of pitch canker disease. *Molecular Ecology Research*, 8(6), 1270–1273.
- Richardson, M.J. (1990). *An annotated list of seed-borne diseases*. (4th edn.). International Seed Testing Association, Zurich.
- Santini, A., Ghelardini, L., De Pace, C., Desprez-Loustau, M. L., Capretti, P., Chandelier, A., Cech, T., Chira, D., Diamandis, S., Gaitniekis, T., Hantula, J., Holdenrieder, O., Jankovsky, L., Jung, T., Jurc, D., Kirisits, T., Kunca, A., Lygis, V., Malecka, M., Marçais, B., Schmitz, S., Schumacher, J., Solheim, H., Solla, A., Szabo, I., Tsopelas, P., Vannini, A., Vettraino, A., Webber, J., Woodward, S., Stenlid, J. (2013). Biogeographical Patterns and Determinants of Invasion by Forest Pathogens in Europe. *New Phytologist*, 197(1), 238–250.
- Schweigkofler, W. O'Donnell, K., Garbelotto, M. (2004). Detection and quantification of airborne conidia of *fusarium circinatum*, the causal agent of pine pitch canker, from two california sites by using a real-time per approach combined with a simple spore trapping method. *Applied Environmental Microbiology*, 70, 3512-3520.
- Singh, P., Mittal, R.K. (1989). Influence of seed-borne fungi on the nutrient composition and growth of conifer seedlings. *European Journal of Forest Pathology*, 19(2), 65-77.
- Singh, P., Mathur, S.B. (1993). Disease problems of forest tree seeds: diagnosis and management. In: Somé, L. M. & de Kam, M. (Ed.) *Proceedings of IUFRO Symposium on Tree Seed Problems, with Special Reference to Africa*. Project Group P.2.04.00 - Seed Problems. Ogadougou, Burkina Faso, November, 23 - 28.
- Storer A.J., Gordon T.R., Wood D.L., Bonello P. (1997). Pitch canker disease of pines: current and future impacts. *Journal of Forestry*, 95(12), 21–26.
- Storer, A.J., Gordon, T.R., Clarck, S.L. (1998). Association of the pitch canker fungus, *Fusarium subglutinans* f.sp. *pini* with monterey pine seeds

- and seedlings in California. *Plant Pathology*, 47, 649-656.
- Sutherland, J.R., Diekmann, M., Berjak, P. (2002). Forest tree seed health. IPGRI Technical Bulletin, (6).
- Viljoen, A., Wingfield, M.J., Marasas, W.F.O. (1994). First report of *Fusarium subglutinans* f. sp. *pini* on seedlings in South Africa. *Plant Disease*, 78(3), 309-312.
- Vitousek, P.M., D'Antonio, C.M., Loope, L.L., Rejmanek, M., Westbrooks, R. (1997). Introduced species: a significant component of human caused global change. *New Zealand Journal of Ecology*, 21, 1-16.
- Watt, M.S., Ganley, R.J., Kriticos, D.J., Manning, L.K. (2011). *Dothistroma* needle blight and pitch canker: the current and future potential distribution of two important diseases of *Pinus* species. *Canadian Journal of Forest Research*, 41(2), 412-424.
- Westphal, M.I., Browne, M., MacKinnon, K., Noble, I. (2008). The link between international trade and the global distribution of invasive alien species. *Biological Invasions*, 10(4), 391-398.
- Wingfield, M.J., Jacobs, A., Coutinho, T.A., Ahumada, R., Wingfield, B.D. (2002). First report of the pitch canker fungus, *Fusarium circinatum*, on pines in Chile. *Plant Pathology*, 51(3), 397-397.
- Wingfield, M.J., Hammerbacher, A., Ganley, R.J., Steenkamp, E.T., Gordon, T.R., Wingfield, B.D., Coutinho, T.A. (2008). Pitch canker caused by *Fusarium circinatum*—a growing threat to pine plantations and forests worldwide. *Australasian Plant Pathology*, 37(4), 319-334.
- Pinestrength, (2017). COST Action FP1406: Pine pitch canker strategies for management of *Gibberella circinata* in greenhouses and forests (Pinestrength). <http://www.pinestrength.eu/> (Erişim Tarihi: 05.04.2017).
- TÜİK, (2015). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr/Start.do> (Erişim Tarihi: 12.04.2017).