



A New Soilborne Pathogen: *Phytophthium vexans*

Çiğdem Özkan Kahraman^{1,a,*}, Figen Yıldız^{1,b}

¹Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, İzmir, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Review Article</p> <p>Received : 11.01.2024 Accepted : 08.02.2024</p> <p>Keywords: <i>Phytophthium</i> spp. <i>Phytophthium vexans</i>, Oomycetes Pathogens Soilborne</p>	<p>The genus <i>Phytophthium</i> is a group of soil-borne pathogens that were previously included under the genus <i>Pythium</i>, separated from the genus <i>Pythium</i> with the continuation of taxonomic studies, and today, different characteristics have been revealed compared to the genus <i>Pythium</i> and have only recently begun to be understood. The soil-borne organisms in the genus <i>Phytophthium</i> are closely related to <i>Phytophthora</i> and <i>Pythium</i> species and have similar morphological structure and biology. There are approximately 20 species in the genus <i>Phytophthium</i> and most species survive as saprophytic on host plants. Pathogenic species, on the other hand, are very dangerous and potentially threatening for host plants. Among these species, <i>Phytophthium vexans</i> draws attention. When the studies are analysed, it is seen that <i>Pp. vexans</i> causes serious damages on woody plants and ornamental plants as well as cultivated plants. The aim of this study is to introduce the general characteristics of the genus <i>Phytophthium</i>, to reveal the similarities and differences between the genus <i>Phytophthora</i> and <i>Pythium</i>, and to give detailed information about <i>Pp. vexans</i>, which is a pathogenic species in plants and has been found to be pathogenic in various plants in Turkey in recent years and its importance has been emphasised. In this review, in addition to general information about the genus <i>Phytophthium</i>, morphological characteristics of <i>Pp. vexans</i>, disease symptoms on host plants, methods used in its identification, studies carried out in the world and in Turkey and strategies for its control will be given. Thus, the potential threat posed by this soil-borne pathogen group in agricultural production will be discussed.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(5): 844-854, 2024

Yeni Bir Toprak Patojeni: *Phytophthium vexans*

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Derleme Makalesi</p> <p>Geliş : 11.01.2024 Kabul : 08.02.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: <i>Phytophthium</i> spp. <i>Phytophthium vexans</i> Oomycetes Patojenler Toprak</p>	<p><i>Phytophthium</i> genusu önceleri <i>Pythium</i> cinsi altında yer alan, taksonomik çalışmaların devam etmesiyle birlikte <i>Pythium</i> genusundan ayrılan, günümüzde ise <i>Pythium</i> genusuna göre daha farklı özellikleri ortaya konmuş ve daha yeni anlaşılmaya başlamış toprak kaynaklı bir patojen grubudur. <i>Phytophthium</i> cinsi içinde yer alan toprak kaynaklı organizmalar <i>Phytophthora</i> ve <i>Pythium</i> türleri ile yakından ilişkili, benzer morfolojik yapı ve biyolojiye sahip organizmalardır. <i>Phytophthium</i> genusunda yaklaşık olarak 20 tür bulunmakta ve çoğu tür konukçu bitkilerde saprofitik olarak yaşamını devam ettirmektedir. Patojen olan türler ise konukçu bitkiler için oldukça tehlikeli ve potansiyel tehdit oluşturmaktadırlar. Bu türler içinde özellikle <i>Phytophthium vexans</i> dikkat çekmektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde <i>Pp. vexans</i>'ın kültür bitkilerinin yanı sıra odunsu bitkilerde ve süs bitkilerinde de ciddi zararlar meydana getirdiği görülmektedir. Bu çalışmanın amacı <i>Phytophthium</i> genusunun genel özelliklerini tanıtabilmek, <i>Phytophthora</i> ve <i>Pythium</i> genusundan farklılaşan ve benzeşen özelliklerini ortaya koyabilmek, özellikle bitkilerde patojenik tür olan ve Türkiyede de son yıllarda çeşitli bitkilerde patojen olduğu saptanan ve önemi vurgulanan <i>Pp. vexans</i> hakkında ayrıntılı bilgi vermektir. Bu derlemede <i>Phytophthium</i> genusu hakkında genel bilgilendirmenin yanı sıra <i>Pp. vexans</i>'ın morfolojik özellikleri, konukçu bitkilerde meydana getirdiği hastalık belirtileri, tanılanmasında kullanılan yöntemler, dünyada ve Türkiye'de yürütülen çalışmalar ve savaşımına yönelik stratejilere yer verilecektir. Böylece toprak kaynaklı olan bu patojen grubunun tarımsal üretimde meydana getirdiği potansiyel tehdit hakkında fikir sahibi olunacaktır.</p>

^a cgdmdfn5@gmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0002-7589-1085>

^b figen.yildiz@ege.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-9562-5657>



Giriş

Phytophythium genusu ilk olarak 1858 yılında Alman botanikçi Nathanael Pringsheim tarafından *Pythium* cinsine ait türlerle ilişkili olarak tanılanmıştır (Pringsheim,1858). *Pythium* genusu altında yer alan türlerin farklı pek çok bitkide özellikle köklerde çürümelere neden olduğu bilinmektedir. Zamanla *Pythium* genusunun önemi yapılan araştırmalarla çok hızlı bir şekilde anlaşılmış ve giderek daha fazla türün tanınmasını mümkün kılmıştır (Lévesque & de Cock, 2004; Broders ve ark., 2009; Karaca ve ark., 2009; Senda ve ark., 2009; Bala ve ark., 2010; Uzuhashi ve ark., 2010). Moleküler çalışmalarla *Pythium* genusu 11 sınıf olarak ayrılmıştır (Lévesque & de Cock, 2004). Oluşturulan bu sınıflar genusun morfolojik özellikleriyle iyi bir şekilde desteklenmektedir. *Pythium* genusu, iyi gelişmiş miselyum ve genusa özel bir zoospor serbest bırakma yöntemiyle karakterize edilmektedir. Zoosporlar farklılaşmış bir formda sporangiumdan salınmakta ve bu salınma sporangiumun ötesinde meydana gelip, zoosporların farklılaşma süreci olarak kendini göstermektedir (Marano ve ark., 2014). Zoosporları serbest bırakmanın bu yöntemi *Pythium* cinsine ait tüm türler için benzerdir. Buna karşılık, *Pythium* cinsine ait türlerin evrimsel gelişiminde, sporangium şekli gibi bazı morfolojik yapılar önemli bir yer tutmaktadır. *Pythium* genusunda bulunan türler için pek çok farklı tipte sporangium şekli tanılanmıştır (Van Der Plaats-Niterink, 1981).

Yapılan çalışmalarda *Pythium* cinsinin gerçekten her biri özel ve benzersiz bir sporangium türü ile karakterize edilen beş farklı gruptan oluştuğu bildirilmektedir (Uzuhashi ve ark., 2010). Bu bağlamda *Pythium*, *Ovatisporangium*, *Globisporangium*, *Elongisporangium* ve *Pilasporangium* olmak üzere yeni bir sınıflandırma ortaya çıkmıştır. Yapılan filogenetik çalışmalarla birlikte (*Pythium* clade K; Levesque & de Cock, 2004) K sınıfına *Ovatisporangium* adı verilmiş (clade 1z; Uzuhashi ve ark., 2010) aslında bu sınıfın *Pythium* cinsinden çok *Phytophthora* ile daha yakından ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır (Bala ve ark., 2010; Uzuhashi ve ark., 2010; Robideau ve ark., 2011). Bu çalışmalar sonucunda *Ovatisporangium* olarak adlandırılan grup *Phytophythium* ile eşanlamli hale gelmiştir (de Cock ve ark., 2015). Fakat öncelikli olarak *Phytophythium* isminin kullanılması tercih edildiği için *Ovatisporangium* ismi bu genusun sinonim ismi olarak kabul edilmiştir.

Phytophythium genusunun ortaya çıkışını özetlemek gerekirse, *Pythium* genusundan ayrılan ve ona göre taksonomik olarak daha genç bir genus olduğu söylenebilir (Bala ve ark., 2010; Rai ve ark., 2020; Tkaczyk, 2020). Bu genus, birçok *Pythium* ve *Phytophthora* türünün de yaşam koşullarını sürdürdüğü ortam koşullarıyla güçlü bir şekilde ilişkilidir (Nam & Choi, 2019). *Phytophythium* genusunda yaklaşık 20 tür bulunmakta ve bu organizmaların tarımsal üretimde önemli zararlar oluşturduğu son yıllarda yapılan çalışmalarla ortaya konmaktadır (Baten ve ark., 2014).

Phytophythium Genusunun Phytophthora ve Pythium Genusu ile Karşılaştırılması

Pythium genusunun taksonomik olarak sınıflandırılmasına ilişkin daha ayrıntılı moleküler

çalışmalar yapılmış, filogenetik analize dayalı olarak *Pythium* ve *Phytophthora* arasında yüksek akrabalık ilişkisi olduğu bildirilmiş ve bu akrabalık ilişkisinde K sınıfına özellikle dikkat çekilmiştir (Levesque & de Cock, 2004). Filogenetik analizlere dayalı yapılan bir çalışmada K sınıfına ait türlerin aslında *Phytophthora* türlerine daha yakın olduğu bildirilmiştir (Villa ve ark.,2006). Villa ve ark. (2006) tarafından önerilen ITS (internal transcribed spacer), cox II (cytochrome oxidase II) ve β -tubulin bölgelerine dayalı olarak oluşturulan filogenetik farklılıkların tartışılması sonucunda, yakın zamana kadar *Pythium* genusuna ait olan K sınıfının farklı bir grup olarak ayrılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu bölgelerin dışında LSU (large subunit) bölgesine dayalı NL1 ve NL4 primer çiftleri kullanılarak ta tanılama yapmak mümkündür (O'Donnel, 1993; Baten ve ark., 2014; Yin ve ark., 2016; Zhou ve ark., 2023).

Phytophythium genusuna ait türler morfolojik özellikler açısından belirgin farklılıklar göstermektedir. Bu genusun tipik özelliklerinden biri, ovalden küresel şekle kadar uzanan belirgin sporangiumlarının (*Pp.vexans* dışında) olmasıdır. Bu cinsin türleri genelde hif üzerinde sporangioforsuz terminal, interkalar, yanal olarak gelişen ve internal olarak çoğalan papillalı veya papillasız oval, elips ya da limon şekilli sporangiumlar oluşturmaktadır (Uzuhashi ve ark., 2010; de Cock ve ark., 2015). *Phytophythium* türlerinin sporangiumlarının çoğunlukla papillalı ve oval olması ve yaygın olarak internal olarak çoğalma göstermesi *Phytophthora* türleri ile benzerdir. Fakat *Phytophthora* türlerinde papillalı sporangiumlar hiçbir koşulda internal olarak çoğalan sporangium üretmemektedirler. *Phytophythium* türlerinin zoosporlarının gelişimi ve sporangiumlardan salınımı ise *Pythium* genusuna benzemektedir. Bir diğer farklılaşmış özellik ise sporangiumların gelişimidir. *Phytophythium* türlerinde yeni oluşan genç sporangiumlarda olgun sporangiumlarda oluşan şekilde papilla oluşmaz ve *Phytophthora* türlerinde olduğu gibi sporangium ucunda şeffaf bir şekilde oluşan "apical thickening" görülmemektedir. Papilla yapısındaki bir diğer farklılık ise, uzamış formu gözlemlendiğinde uzamanın yanı sıra genişleme durumunun da olmasıdır (de Cock ve ark., 2015). Bir diğer farklılık ise nadir görülmekle birlikte, tanı kriterlerinde önemli rol oynayabilmektedir. Şekilli bir yapıya sahip papilla ucunda vesiküller bulunmaktadır. *Phytophthora* türlerinin aksine, *Phytophythium* türlerinde daha kısa veya daha büyük deşarj vesikülleri görülebilmektedir (Baten ve ark., 2014).

Phytophythium genusunun bir diğer karakteristik özelliği de antheridium şeklidir. Çoğu *Phytophythium* türünde antheridium silindirik ve ince uzun formdadır, bazı türlerde ise antheridiumlarda daralmalar görülmektedir. *Phytophythium* türlerinde uzamış silindirik formda antheridiumlar bulunurken, *Pythium* türlerinde çoğu zaman bu formda antheridium gözlenmez. *Phytophthora* türlerinde ise antheridiumlar genellikle küresel formludurlar. Örneğin *Pp. vexans*'da oogonium ile büyük ölçüde bağlantılı ve oogonium üzerine lop şeklinde yapışan antheridiumlar bulunmaktadır. *Pythium helicandrum*, *P. marsipium* ve *P. grandisporangium* hariç diğer *Pythium* türlerinin ince uzun, silindirik ve lob şekilli antheridium oluşturmadıkları bildirilmiştir. *Pythium helicandrum* uzun

silindirik formda antheridium üretmekte fakat *Phytophythium* türlerinden daha büyük sporangiumlara ve motifli (desenli) ve daha büyük oogoniumlara sahip olduğundan *Phytophythium* genusundan ayırt edilmektedir. *P. marsupium* *Pp. vexans* gibi çan şekilli antheridiumlara sahip olmasına rağmen oval sporangium yerine yerine şişe şeklinde (utriform) sporangiumlar oluşturmaktadır. *P. grandisporangium* ise lop şeklinde antheridium oluşturduğu fakat tabanı daha dar ve çok daha büyük sporangiumlara sahip olduğu ve bu türün deniz kenarlarında ve sucul habitatlarda yaşadığı bilinmektedir (de Cock ve ark., 2015).

Tarımsal Üretimde *Phytophythium* Türlerinin Önemi

Phytophythium genusu Chromista alemi içerisinde çift kamçıya sahip heterokont grupları kapsayan Oomycota şubesinin, Oomycetes sınıfı Peronosporales takımı, Pythiaceae familyası içerisinde bulunmaktadır (de Cock ve ark., 2015). *Phytophythium* genusunda olan patojenlerin zararlı etkilerine yönelik pek çok çalışma bulunmaktadır. Toprak kökenli bu hastalık etmenleri, meyve ağaçları, orman ağaçları ve peyzaj bitkileri ve sebze türlerini kapsayan geniş bir konukçu dizinine sahiptir (Tewoldemedhin ve ark., 2011). Patojen olan *Phytophythium* türleri tarımsal üretim alanlarında ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Duncan & Cooke, 2002).

Kültür ve süs bitkilerinde toprak kökenli patojenlerden *Phytophthora*, *Pythium* ve *Fusarium* türleri ilk sıralarda yer almalarına rağmen *Phytophythium* türleri de son yıllarda ciddi oranda çalışılmaya başlanmış ve potansiyel tehdidi ortaya konmuştur. Son yıllarda yapılan çalışmalar, bazı *Phytophythium* türlerinin sadece otsu bitkilerde değil çok yıllık odunsu bitkilerde de patojen olduklarını ve ciddi zararlar meydana getirdiğini göstermiştir (Nakova, 2010; Spies ve ark., 2011; Tewoldemedhin ve ark., 2011). *Phytophythium* türlerinin çoğu rizosfer bölgesinde ve sucul ortamlarda saprofit ya da fakültatif patojen olarak kabul edilse de, *Pp. litorale* (kabak meyve çürüklüğü), *Pp. helicoides* (birçok bitkinin kök ve gövde çürüklüğü), *Pp. vexans* (kivi dahil birçok bitkinin kök çürüklüğü) gibi farklı pek çok bitkide patojen olan türleri de bulunmaktadır (Javadi & Sharifnabi, 2016; Prencipe ve ark., 2020).

Bitki patojeni *Phytophythium* türlerinin çoğu belirli bir konukçu dizisine sahip olmadığı gibi tipik hastalık belirtileri de oluşturmamaktadır. Yapılan çalışmalara göre Pythiaceae türlerinin oluşturduğu semptomlara benzer olarak gelişmede gerileme, solma, geriye doğru ölüm, kuruma, kök ve kök boğazı çürüklüğü belirtileri oluşturmaktadır (Mazzola ve ark., 2002; Nakova, 2010; Souli ve ark., 2011). Bu semptomlar diğer toprak kökenli bitki patojeni funguslar ve abiyotik (asfeksi) faktörlerin neden olduğu semptomlar ile benzerlik gösterdiğinden *Phytophythium* türlerinin neden olduğu hastalıklar çoğunlukla gözden kaçmaktadır.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde kültür bitkilerinden ziyade çalı formu süs bitkilerinde, orman ağaçlarında ve kesme çiçeklerde de bu türlerin saptandığı ve patojen olduğu göze çarpmaktadır. 2011 yılında begonyada (*Begonia × semperflorens-cultorum* cv. Vodka Dark Red) yapılan bir çalışmada, infekteli yapraklar, köklerde ve gövdede çürüme gibi semptomlar izlenmiştir. Bu hastalık

belirtileri sonunda bitkilerin neredeyse %80'inde tamamen ölüm belirtilerine rastlanmıştır. İnfekteli dokulardan yapılan izolasyonlarda *Pp. helicoides* izole edilmiştir (Yang ve ark., 2013). *Pp. helicoides*'in lotus çiçeğinin (*Nelumbo nucifera* Gaertn spp. *nucifera*) köklerinde de begonyada olduğu gibi benzer semptomları oluşturduğu bildirilmiş ve yapılan izolasyonlarda saptanmıştır (Yin ve ark., 2016). Yapılan çalışmalara örnek olarak Boari ve ark.'nın 2018 yılında *Manihot esculenta* (cassava) bitkisinin köklerindeki çürümeleri araştırdığı çalışma verilebilir. *Phytophythium* spp. Brezilya'da yetiştiriciliği yapılan bu çalı için en büyük tehdidi oluşturmaktadır. Hastalığın araştırıldığı dönemde bitkide hastalık semptomlarının ortaya çıkmasından sorumlu farklı toprak kaynaklı patojenlerin olduğu düşünülmekteydi. Boari yaptığı araştırmada *Phytophythium* spp.'yi bitkide hastalık oluşturan en önemli etmen olarak bildirmiştir (Boari ve ark., 2018). *Phytophythium* spp. ile ilgili bir diğer çalışmada Filipinlerde mangrove ormanlarında yürütülmüş ve 2 yeni tür saptanmıştır (Bennett ve ark., 2017). Bu yeni 2 tür *Pp. leanoi* ve *Pp. dogmae*'dir. Bennett ve arkadaşları araştırmalarında bu türlerin mangrov ormanlarındaki varlığından kaynaklanan tehditleri (yeşil aksamda solma ve kuruma) potansiyel olarak tanımlamışlardır. 2020 ve 2021 yılları arasında Çin'de *Photinia × fraseri* (alev çalısı) bitkisinin yaklaşık %80'inde yanıklık, nekroz ve köklerde ölüm belirtileri gözlenmiştir. Semptomatik kök dokusundan yapılan izolasyonlar sonucunda *Pp. helicoides* saptanmış ve moleküler tanılamayla doğrulanmıştır. Bu çalışma *Photinia × fraseri* bitkisinde *Pp. helicoides*'in patojen olduğuna dair ilk kayıttır (Zhou ve ark., 2023). Türkiye'de yürütülen bir çalışmada Diyarbakır'da yol kenarındaki *Platanus orientalis* (doğu çınarı) bitkilerinde gövde ve dal kanserleri ile kök ve kök boğazı çürüklükleriyle ilişkili geriye doğru ölüm belirtileri gözlemlenmiştir. Ağaçlarda toprak üstü aksamda yaprak nekrozları, yaprak kıvrılmaları, sürgünlerde, dallarda, gövde kabuğunda koyu renkli lekelenmelerin yanı sıra gövde kanserleri ve kabuğun pul pul dökülmesi belirtileri ortaya çıkmıştır. Yapılan izolasyonlar ile morfolojik ve moleküler tanılamalar sonucunda ağaçlarda patojen olan türün *Pp. litorale* olduğu bildirilmiştir. Bu çalışma çınar ağaçlarında tehdit oluşturan ve önemli bir patojen olduğu doğrulanmış *Pp. litorale* için ilk kaydı sunmaktadır (Derviş ve ark., 2020).

Phytophythium türlerinin süs bitkileri dışında tarımı yapılan kültür bitkilerinde de patojen olduğu yapılan çalışmalara ortaya konmuştur. ABD Kaliforniya'da genç fıstık ağaçlarının ölümlerinden *Phytophythium* spp.'ye ait organizmaların sorumlu olduğuna dair yapılan çalışmada fıstık ağaçlarındaki kök nekrozları ve geriye doğru ölümler araştırılmıştır (Fichtner ve ark., 2016). Bu araştırmada *Pp. helicoides* tanımlanarak, ağaçlardaki ölümlerden sorumlu olduğu bildirilmiştir. ABD'de yapılan bir diğer çalışma ise soya fasulyesinde yürütülmüştür. Soya fasulyesi yetişen 12 alandan örnekler alınarak, hastalıklı dokulardan yapılan izolasyonlar sonrasında moleküler tanılama yapılmıştır. Çalışmada *Phytophthora*, *Pythium* ve *Phytophythium* genuslarına ait pek çok tür elde edilmiştir. Her bir patojen grubu için patojenisite testleri yapılmıştır. *Pp. litorale* soya fasulyesinde patojen olan en önemli türlerden biri olarak tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmada ayrıca infekteli soya fasulyesi tohumlarının inkubasyona bırakıldığı, sıcaklığın

15 °C'den 25 °C'ye yükseltilmesinin *Pp. litorale*'nin neden olduğu hasarı önemli ölçüde artırdığı sonucuna da ulaşılmıştır (Radmer ve ark., 2017). İran'da toprak kaynaklı patojenlerin oluşturduğu kök hastalıkları major problemlerdendir. Javadi ve Sharifnabi (2016) badem ağaçlarındaki (*Prunus amygdalus* L.) zararlanmalara dikkat çekmişlerdir. İran İsfahan'da badem ağaçlarında görülen kök ve kök boğazı çürüklük ve geriye doğru ölüm belirtilerinden *Pp. litorale*'nin sorumlu olduğu bildirilmiştir. *Phytophythium* spp'nin avokado (*Persea americana* Mill.) bitkisinde de zarara sebep olduğu bilinmektedir. 2018 yılında Rodrigues-Padron ve arkadaşları Kanarya Adaları'nda avokado plantasyonunda geriye doğru ağaç ölümlerinin sebeplerini araştırmışlar, hastalıklı bitki dokularından *Phytophthora* spp. ve *Pp. vexans* izole etmişlerdir. İzole edilen türlerin patojenisitelerini birbirleriyle kıyaslayarak ana hastalık etmeninin ne olduğunu anlamaya çalışmışlardır. Kontrollü koşullar altında yürütülen patojenisite testinde izole edilen 6 adet *Pp. vexans* izolatından 3 tanesinin patojenik olmadığı, 1 tanesinin orta düzeyde patojenik olduğu, 2 tanesinin ise oldukça agresif olduğu saptanmıştır (Rodriguez-Padron ve ark., 2018). *Pp. vexans*'ın yanı sıra *Phytophthora cinnamomi* de izole edilen bir diğer önemli tür olmuştur. Çin'de 2010-2012 yılları arasında kivi (*Actinidia chinensis*) bahçelerinde geriye doğru ölüm belirtileri gözlenmiştir. Hastalık belirtileri ilk olarak yaprak kenarlarında nekrotik alanlar ve yaprak kıvrılması olarak ortaya çıkmış, daha sonra tüm bitkinin zayıflaması olarak kendini göstermiştir. İnfekteli bitkilerin kök ve kök boğazı bölgesinde koyu renkli alanlar ve çürümeler de tespit edilmiştir. Kök bölgesinden yapılan izolasyonlarda *Pp. helicoides* izole edilmiştir (Wang ve ark., 2015). Kivi bitkilerinde (*Actinidia deliciosa*) yürütülen bir diğer çalışma ise Türkiye'de bulunmaktadır. Wang ve arkadaşlarının çalışmasında görülen kök ve kök boğazı çürümesi, bu bölgelerde renk değişiklikleri ve nekrotik alanlar gibi belirtilere Türkiye'deki kivi bitkilerinde de rastlanılmıştır. Bursa, Kocaeli ve Yalova illerinde yürütülen bu çalışma alanı tüm kivi üretim alanının %20'sini kapsamaktadır. İnfekteli dokulardan yapılan izolasyonlar sonucu *Pp. vexans* izole edilmiştir (Polat ve ark., 2017). Adana, Mersin illerinde 2010-2012 yılları

arasında kayısı ağaçlarında hastalığa neden olan *Phytophythium* türlerinin morfolojik ve moleküler tanılamalarının yapılması amacıyla bir çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmada elde edilen izolatların tamamı *Pp.vexans* olarak saptanmıştır. Bu çalışma ile *Pp. vexans*'ın kayısı ağaçlarında ekonomik zarar oluşturduğu bildirilmiştir (Endes ve Kayım, 2016). *Pp. vexans* ile ilgili detaylı bilgilere çalışmanın ilerleyen bölümlerinde yer verilecektir.

***Phytophythium vexans* Hakkında Genel Bilgiler**

Patojen Tanıtımı

Phytophythium türleri Oomycetes grubu içinde yer alan toprak kaynaklı ve suda aktif olarak yaşayan, ekonomik olarak öneme sahip bitkileri enfekte eden patojenlerdir (Baten ve ark., 2014; Park ve ark., 2019; Redekar ve ark., 2019; Shrestha ve ark., 2013). *Phytophythium* genusu içinde *Pp. vexans* en iyi bilinen ve en çok çalışılan bitki patojen türlerindedir. Taksonomik sınıflandırması ve isimlendirmesi Çizelge 1'de yer almaktadır.

Pp. vexans'ın hastalık döngüsü incelendiğinde zoosporlarının hareket etmesi ve infeksiyon oluşturabilmesi için serbest su yüzeyine ihtiyacı vardır. *Pp. vexans* hızlı büyüyen miselyumlar üretmekte ve bu miselyumlardan da infeksiyon yeteneğindeki sporangiumları üretmektedir. Sporangium bir veya çok sayıda çimlenme tüpü üreterek direkt çimlenmekte ya da vesikül adı verilen balon benzeri ikincil sporangium oluşturan kısa hiflerden meydana gelmektedir. Vesikülde 100 veya daha fazla zoospor üretilmekte ve bu zoosporlar serbest bırakıldığında toplu halde kümelenip kist oluşturacak şekilde yuvarlanmakta, sonrasında çimlenmektedirler. Çimlenme tüpü genellikle konukçu dokusuna penetre olup yeni infeksiyonu başlatmaktadır, bazen çimlenme tüpü içinde daha fazla zoosporun olduğu ikincil bir vesikül oluşturmakta ve bu durum tekrarlanabilmektedir. Miselyum küresel oogoniumlar meydana getirmekte ve oogoniumlar döllendikten sonra kalın duvarlı oospor haline gelmektedir. Oosporlar olumsuz sıcaklık ve nem koşullarına dayanıklı olup, hayatta kalan ve dinlenme aşamasında olan sporlardır (Hendrix ve Campbell, 1973).

Çizelge 1. *Phytophythium vexans* taksonomik sınıflandırması

Table 1. Taxonomic classification of *Phytophythium vexans*

Taksonomik sınıflandırma	
Kingdom	Chromista
Phylum	Oomycota
Class	Oomycetes
Order	Pythiales
Family	Pythiaceae
Genus	<i>Phytophythium</i>
Species	<i>Phytophythium vexans</i>
Authority	(de Bary) Abad, de Cock, Bala, Robideau, A.M. Lodhi & Lévesque, 2014
Synonym	<i>Ovatisporangium vexans</i> (de Bary) Uzuhashi, Tojo & Kakish., (2010) <i>Pythium allantocladon</i> Sideris (1932) <i>Pythium complectens</i> Hans Braun, (1924) <i>Pythium piperinum</i> Dastur, (1935) <i>Pythium vexans</i> de Bary, (1876) <i>Pythium vexans</i> var. <i>minutum</i> G.S. Mer & Khulbe, (1983)

Çizelge 2. *Phytophthium vexans* ile ilgili yapılan çalışmalarTable 2. Studies on *Phytophthium vexans*

Bitki familyası	Bitki türü	Türkçe isim	Referans
Actinidiaceae	<i>Actinidia deliciosa</i>	Kivi	Polat ve ark.,2017; Turkkan ve ark., 2022 Prencipe ve ark., 2020; Yano ve ark., 2010
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	Kaju	Davidson ve ark., 2000
Araceae	<i>Anthurium andraeanum</i>	Antoryum	Guo & Ko, 1996; Park ve ark., 2019
Araceae	<i>Colocasia esculenta</i>	Gölevez	Dervis ve ark., 2014
Araliaceae	<i>Panax ginseng</i>	Kore ginsengi	Lan ve ark., 2023
Euphorbiaceae	<i>Hevea brasiliensis</i>	Kauçuk	Zeng ve ark., 2005
Fabaceae	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Fasulye	Nzungize ve ark., 2011
Ginkgoaceae	<i>Ginkgo biloba</i>	Ginko	Panth ve ark., 2021
Lauraceae	<i>Cinnamomum osmophloeum</i>	Tarçın	Chang, 1993
Lauraceae	<i>Persea americana</i>	Avokado	Rodriguez-Padronve ark.,2018; Hernandez ve ark., 2019; Jabiri ve ark., 2020
Malvaceae	<i>Durio zibethinus</i>	Durian	Thao ve ark., 2020; Vawdrey ve ark., 2005
Malvaceae	<i>Gossypium hirsutum</i>	Pamuk	Hernandez ve ark., 2019; Kaosiri & Siddhipongse, 1985
Myrtaceae	<i>Eucalyptus spp.</i>	Ökalyptus	Linde ve ark., 1994
Orchidaceae	<i>Dendrobium spp.</i>	Orkide	Tao ve ark., 2011
Pinaceae	<i>Pinus spp.</i>	Çam	Linde ve ark., 1994
Pinaceae	<i>Picea glehnii</i>	Ladin	Yamaji ve ark., 2001,2005
Pinaceae	<i>Abies fraseri</i>	Göknar	Ivors ve ark., 2008
Rosaceae	<i>Prunus persica</i>	Şeftali	Yang ve ark., 2012
Rosaceae	<i>Prunus armeniaca</i>	Kayısı	Endes & Kayım,2016
Rosaceae	<i>Malus domestica</i>	Elma	Jabiri ve ark., 2020; Tewoldemedhin ve ark., 2011
Rosaceae	<i>Pyrus communis</i>	Armut	Jabiri ve ark., 2020; Tewoldemedhin ve ark., 2011
Rosaceae	<i>Prunus serrulata</i>	Süs kirazı	Baysal-Gurel ve ark., 2021
Rosaceae	<i>Fragaria × ananassa</i>	Çilek	Ibanez ve ark., 2022
Rosaceae	<i>Prunus amygdalus</i>	Badem	Beluzan ve ark., 2022
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i>	Mandalina	Benfradj ve ark., 2017; Noireung ve ark., 2020
Salicaceae	<i>Tetragastri panamensis</i>	-	Davidson ve ark., 2000
Solanaceae	<i>Solanum tuberosum</i>	Patates	Santika ve ark., 2021
Sapindaceae	<i>Acer rubrum</i>	Kırmızı akçaağaç	Baysal-Gurel ve ark., 2021; Panth ve ark., 2021
Buxaceae	<i>Buxus sempervirens</i>	Şimşir	Aday Kaya ve ark., 2019
Cuprassaceae	<i>Platyclusus orientalis</i>	Mazı	Aday Kaya ve ark., 2019
Urticaceae	<i>Boehmeria nivea</i>	Rami	Yu ve ark., 2016
Zingiberaceae	<i>Elettaria cardamomum</i>	Kakule	Thomas, 2000
-	Brazilian cerrado areas	-	Baptista ve ark., 2004
-	Toprak örneği	-	Mostoufizadeh & Banhashemi, 2005

Phytophthium vexans'ın neden olduğu ürün kayıpları toprak uzun süre ıslak kaldığında ve sıcaklık konukçu bitkinin sağlıklı büyümesi için gerekli olan sıcaklıktan çok daha düşük olduğunda daha şiddetli olmaktadır. Yüksek nemin, ıslak topraklarda en iyi şekilde çoğalan ve hareket yeteneği olan zoosporlara doğrudan fayda sağladığı bilinmektedir. Yüksek nem aynı zamanda ıslak topraktaki oksijen miktarının azalmasına ve toprak sıcaklığının düşmesine sebep olduğundan konukçu bitkinin kendini savunma yeteneğini de azaltmaktadır. Toprakta azot fazlalığı olduğunda ve ürün rotasyonu uygulanmadığında da daha yüksek hastalık seviyeleri gözlemlenmektedir (Hendrix & Campbell, 1973; CABI-CPC, 2020).

Hastalığın en büyük zararı köklerde ve çimlenen bitkilerde hem çıkıştan önce hem de çıkıştan sonra görülmektedir. Tohum yataklarındaki fideler tamamen yok olabilmektedir. Yaşlı bitkilerin hastalığa karşı daha duyarlı olduğu bilinmektedir. Hastalıkla bulaşık yaşlı bitkiler nemli topraklarda tamamen ölmekte ya da büyük verim kayıplarına uğramaktadırlar. Bitkilerde meydana gelen kayıplar toprak nemi ve sıcaklık kombinasyonlarına göre önemli ölçüde değişmektedir. *Pp. vexans* yapılan çalışmalarda genellikle hasta bitkilerde *Pythium* spp. ve *Phytophthora* spp. ile birlikte tespit edilmiştir (Benfradj ve ark., 2017).

Coğrafi Yayılım Alanı ve Tarımsal Üretimdeki Yeri

Pp.vexans konukçu bitkilerde en sık karşılaşılan türlerdendir. Fidanlık ve seraların sulama sularında, su depolarında (Choudhary ve ark., 2016; Parke ve ark., 2019) hidroponik sistemlerde (Gonçalves ve ark., 2016) drenajı sıkıntılı olan sulama alanlarında (Miyake ve ark., 2014) ve nehir ve kıyı alanlarında (Hon-Hing ve ark., 2012; Nam ve Choi, 2019) bol miktarda bulunmaktadır.

Pp.vexans ilk olarak 1985 yılında Kaosiri ve Siddhipongse Tayland'da fitopatogenik oomyceteslerle ilgili çalışmasında pamukta ilk kez bu türe yer vermiştir. Aynı zamanda Brezilya'da tropik ormanlarda (Baptista ve ark., 2004), İran'da toprak örneklerinden yapılan izolasyonlarda (Mostoufizadeh & Banihashemi, 2005) rapor edilmiştir. Ayrıca Avusturalya'da (Ogle ve ark., 1993; Vawdrey ve ark., 2005), Amerika'da farklı bölgelerde (Guo & Ko 1996; Ivors ve ark., 2008; Yang ve ark., 2012; Baysal-Gurel ve ark., 2021; Panth ve ark., 2021), Japonya'da (Yamaji ve ark., 2001, 2005; Yano ve ark., 2010), Çin'de (Zeng ve ark., 2005), Tayvan'da (Chang, 1993), Türkiye'de (Dervis ve ark., 2014; Polat ve ark., 2017), Vietnam'da (Thao ve ark., 2020), Tayland'da (Noireung ve ark., 2020), Tunus'da (Benfradj ve ark., 2017), Morokko'da (Jabiri ve ark., 2020), Rwanda'da (Nzungize ve ark., 2011), Güney Afrika'da (Linde ve ark., 1994; Tewoldemedhin ve ark., 2011), İtalya'da (Prencipe ve ark., 2020), İspanya'da (Beluzan ve ark., 2022) çeşitli kültür bitkilerinde hastalık yaptığı farklı araştırmacılar tarafından farklı yıllarda bildirilmiştir. Çizelge 2'de yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

Hastalık Belirtileri

Pp. vexans tohum, fide, kök, kök boğazı ve gövde olmak üzere bitkinin büyük bir kısmında zararlanmalara sebep olan, konukçu dizisi oldukça geniş, pek çok bitki familyasını etkileyen bir türdür. *Pp. vexans* bitkilerde pek çok farklı semptomlara sebep olmaktadır. Kök ve kök boğazında çürüme bilinen en önemli semptomlardandır. Duyarlı bitkilerde özellikle fide, fidanlık ve çoğaltma üretim aşamalarında gövdede, kökte ve kök boğazında bir dizi semptomu neden olurlar (Benfradj ve ark., 2017; Spies ve ark., 2011; Van der Plaats-Niterink, 1981; Yang ve ark., 2013). İnfekteli bitkilerde yaprak deformasyonları ve gövdede suyla ıslatılmış görünümlü lezyonlar oluşmaktadır (Chen ve ark., 2016). Yaygın kök nekrozu, kuruma ve kademeli olarak geriye doğru ölüm en bilinen belirtilerdendir (Browne ve ark., 2019; Fichtner ve ark., 2016). Yapraklarda kıvrılma, kloroz, ardından yanıklık görünümü birbirini takip eden semptomlardır. Tüm bu belirtiler genelleştirilmiş gövde ve yaprak solgunluğunu ifade etmektedir (Hernández ve ark., 2019; Ogle ve ark., 1993). Bu belirtilerden farklı olarak kauçuk gibi bazı bitkilerde gövdede kanser belirtilerine de sebep olmaktadır (Zeng ve ark., 2005).

Pp. vexans infeksiyonunun ilişkili konukçular üzerindeki semptomlarını tanımlamak için bitki halsizliği, geriye doğru ölüm sendromu ve replant hastalığı gibi ifadeler yaygın olarak kullanılmaktadır (Donati ve ark., 2020; Hernández ve ark., 2019; Prencipe ve ark., 2020; Tewoldemedhin ve ark., 2011; Vawdrey ve ark., 2005; Yang ve ark., 2012). *Pp. vexans* ile infekte olmuş kök ve kök korteksi kabuk değiştirme eğilimindedir, hafif bir çekme işlemine maruz bırakıldığında kökün iç tarafının ayrıldığı bildirilmiştir (Noireung ve ark., 2020).

Tanımlanmasında Kullanılan Yöntemler

Patojenin morfolojik olarak tanınması için koloni rengi, miselyumların yüzeye yapışık veya havai oluşu, kenar şekli, besi yerindeki mevcut durumu ve izolatların üreme yapılarının morfolojisi gibi özellikler, saf kültürlerin 24 °C'de 12 saat aydınlık/12 saat karanlık döngüsünde inkübe edilmesinden sonra saf kültürlerle karşılaştırılabilir ve doğrulanabilir (Donati ve ark., 2020). *Pp. vexans* V8-PARPH veya CMA-PARPH besi yeri üzerinde beyazımsı ışık halinde veya krizantem çiçeği benzeri miseloyal büyüme deseni oluşturmaktadır. Besi yerindeki koloniler mikroskopta incelendiğinde küresel zoosporlar ve uzamış ve silindirik yapıda antheridiumlar görülmektedir (Baysal-Gurel ve ark., 2021; de Cock ve ark., 2015; Panth ve ark., 2021). Kolonilerin seçici besi yeri hariç PDA besi yerindeki gelişimi 4-5 gün içerisinde hızlı bir şekilde olup, beyaz ve pamuksu bir görüntü vermektedir (Thao ve ark., 2020). *Pp.vexans* globose/subglobose papillalı veya papillasız farklı büyüklüklerde (13.8-17.9 µm; 24.7-27.5 µm) sporangiumlar üretmektedir (Park ve ark., 2019; Thao ve ark., 2020). Kistik zoosporların boyutu 9-11 µm arasında değişmektedir (Park ve ark., 2019). Oogonium ve antheridium aynı hiften üremektedir. Oogoniumlar pürüzsüz, filamentli veya küresimsi, uçta olup çapı 15-24,7 µm arasında değişmektedir. Antheridiumlar silindirik, uzun ve geniş bir şekilde oogoniumu yapıştırmıştır (Thao ve ark., 2020).

Moleküler yöntemler kullanılarak *Pp. vexans*'ın tanınması, mitochondrial 40S ribosomal protein S10 (rps10 geni) (Foster ve ark., 2022), internal transcribed spacer (ITS), cytochrom c oxidase I gene (coxI), cytochrom c oxidase II gene (coxII) (Choi ve ark., 2015; Robideau ve ark., 2011) ve large subunit rDNA gene (LSU) (O'Donnell, 1993) gibi bir veya daha fazla DNA işaretleyicisinin hedef olarak dizilenmesiyle gerçekleştirilmektedir. rps 10_DB_Fb ve rps10_DB_Rb primerleri, mitochondrial 40S rps10 genini amplifiye etmek ve *Pp.helicoides*, *Pp.vexans* ve diğer oomycetesler arasında ayırım yapmak için de kullanılmaktadır (Foster ve ark., 2022). Çoğu *Phytophythium* türü gibi *Pp. vexans*'ta ITS1 ve IT2, ITS6 ve ITS4, ITS1 ve ITS4 primer çiftleri kullanılarak yapılan PCR sonucunda moleküler olarak tanınmaktadır (Cooke ve ark., 2000; Oszako ve ark., 2013). LSU bölgesinin amplifikasyonunda NL1 ve NL4 primer çiftleri kullanılarak ta tanımlama yapmak mümkündür (O'Donnell, 1993; Yin ve ark., 2016; Zhou ve ark., 2023).

Pp. vexans'ın moleküler tanımlanmasında yapılan çalışmalarda en fazla ITS1 ve ITS4 primer çiftlerinden yararlanıldığı görülmektedir (Beluzán ve ark., 2022; Cooke ve ark., 2000; Hernández ve ark., 2019; Jabiri ve ark., 2020). ITS bölgesinin en çok tercih edilen bölgesi olmasının yanı sıra coxI bölgesini hedef alan OomCoxI-Levup ve FM85mod (alternatif reverse primer olarak OomCoxI-Levlo) (Robideau ve ark., 2011) primer çifti de moleküler tanımlamada önemli bir yer tutmaktadır. coxII bölgesini hedef alan FM66/52 ve FM59/52 primer çiftlerinden de (Martin, 2000) bazı çalışmalarda yararlanılmıştır. Bir diğer tercih edilen primer çifti NL1 ve NL4 olup, LSU bölgesinin çoğaltılmasında kullanılmaktadır (Baten ve ark., 2014).

***Phytophthora vexans*'a Yönelik Yönetim Stratejileri**

Phytophthora ve *Pythium* kaynaklı hastalıklar için farklı mücadele stratejileri olmasına rağmen, henüz yeni yeni önemi anlaşılmaya başlayan ve önemli ekonomik kayıplara neden olan *Pp. vexans*'ın mücadelesine yönelik araştırma sayısı oldukça kısıtlıdır. *Phytophthora vexans*'ın neden olduğu kök ve kök boğazı çürüklüğünün mücadelesine yönelik öneriler geliştirmek için, kontrollü koşullarda ve açık alan koşullarında yapay olarak inokule edilmiş patojen baskısı altında oomycetes patojenleri için genellikle önerilen fungusitlerin, biyofungisitlerin, bitki büyüme düzenleyicilerinin veya konukçu bitki savunma indükleyicilerinin performansının belirlenmesi önemlidir. *Pp. vexans* ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunluğu morfolojik ve moleküler tanılama ile birlikte virulenslik belirlemeye yönelik olduğundan mücadelesinde neler yapılması gerektiği bir eksik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bitki koruma ürünlerinin kullanımı mücadele seçenekleri içinde en fazla tercih edilen yöntemdir. Fungisit ve biyofungisit seçiminde dikkat edilmesi gereken önemli konulardan biri de fitotoksikite faktörüdür. *Pp. vexans*'a karşı ruhsatlı bir fungusit veya biyofungisit olmadığından bitkilerin kullanılan öneri dozuna dahi ne tepki vereceği bilinmemektedir. Bu nedenle yapılan çalışmalarda kullanılan fungusitlerin ve biyofungisitlerin öneri dozunun aşılması gerektiği unutulmamalıdır. Farklı etki mekanizmalarına sahip fungusitlerin ve rotasyon halinde uygulanan biyofungisitlerin kullanımı *Phytophthora* populasyonlarında direnç gelişimini önlemek için önemli olacak ve *Phytophthora* kontrolü daha etkin bir şekilde sağlanacaktır. Özellikle metalaxyl, metalaxyl-M (mefenoxam) gibi aktif maddeleri içeren phenylamide grubu fungusitlerin Oomycetes grubu kök ve kök boğazı çürüklük hastalıklarının yönetiminde etkili olduğu bilinmektedir (Nyoni ve ark., 2019). Mefenoxam ve metalaxyl gibi bazı fosfonatların ve fenilamidlerin tarla koşullarında *Phytophthora* hastalıklarına karşı etkinliği bildirilmiştir (Moein, 2016). Ayrıca, havuç, soya fasulyesi, mısır ve orman fidanlıklarında kök çürüklüğü hastalıklarıyla ilişkili birkaç *Pythium* türünün metalaxyl, mefenoxam ve fosetyl-Al'e duyarlı olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Lu ve ark., 2012; Weiland ve ark., 2014; Matthiesen ve ark., 2016). Matthiesen ve ark. (2016), *Pythium* spp. agresifliğinin ve fungusit duyarlılığının sıcaklıktan önemli ölçüde etkilendiğini vurgulamışlardır. Soya fasulyesi ve mısırdaki *Phytophthora* spp. karşı benzer aktif maddeler kullanılmıştır (Radmer ve ark., 2017). Uygulanan fungusitlerin *Pythium* ve *Phytophthora* türlerine karşı etkinliği büyük ölçüde farklılık göstermiştir. Strobilurin grubu fungusitlerden olan azoxystrobin ve trifloxystrobin, *Pythium* veya *Phytophthora* türlerine karşı etkili olmamıştır. Test edilen fungusitler arasında *Pythium* izolatlarına karşı en etkili olan mefenoxam ve ardından etaboxam olmuştur. Aktif izomeri mefenoxam olan metalaxyl 100 µg/ml'de hem mısır hem de soya fasulyesindeki en agresif türlerden biri olan *P. ultimum* da dahil olmak üzere çoğu patojenik *Pythium* ve *Phytophthora* türlerinin büyümesini tamamen engellemiştir (Radmer ve ark., 2017). Fas'ta yapılan bir çalışmada oomycetes grubu patojenlerin neden olduğu kök çürüklüğünün kontrolünde fosfonatlarla gövde enjeksiyonları ve damla sulama şeklinde fungusitler

uygulanmıştır. Damla sulama şeklinde fungusitlerin uygulanması son zamanlarda *Phytophthora* taç ve kök çürüklüğü hastalıklarının iyileştirmek için bir yöntem olarak ilgi görmektedir (Meyer ve Hausbeck, 2013). Fakat oomycetes grubuna uygulanan aktif maddeler etki şekli nedeniyle patojen direncini tetikleme açısından riskli kabul edilmekte, bu durum ise kullanım amacını sınırlandırmaktadır (Baysal-Gürel & Kabir, 2019; Jeffers ve ark., 2004). Bu nedenle bu aktif maddelerin kullanımında kesin öneride bulunabilmek için *Pp. vexans* izolatlarıyla direnç belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

Pp. vexans ile mücadelede fungusit ve biyofungisitlerin kullanımının dışında entegre mücadele yaklaşımı önemli bir yer tutmaktadır. Hastalık oluşmadan ya da çok erken aşamada kültürel önlemlerle birlikte kimyasal mücadele uygulanmalıdır. *Phytophthora* ile mücadele yöntemleri içinde kültürel mücadele yöntemi tercih edilmesi gereken ilk yöntemdir. Fidanlıklarda, seralarda, tarlalarda kısacası üretim alanlarında bulunan bitkilerin ekolojik istekleri göz önüne alınmalıdır. Bitkilerin ışık, toprak, nem gibi ekolojik istekleri bitki gelişiminde önemli parametrelerdendir. Ayrıca bitkilerin düzenli gelişimi için toprak nemi önemlidir. Toprak devamlı nemli tutulmalı fakat ıslak olmamalıdır. *Phytophthora*'un zoosporları su içerisinde hareket yeteneğinde olduğundan ıslak toprak etmen gelişimi için uygun bir ortam oluşturmaktadır. Bu nedenle drenajı iyi alanlar kurmak önemlidir. Sera gibi kapalı üretim alanlarında nem miktarı ayarlanmalı, özellikle yaz aylarında hava sıcaklığının fazla olması nemi artıracığından sera içerisinde havalandırma sistemlerinin kurulumu sağlanmalıdır. Geçirgen, organik maddece zengin topraklarda bitki yetiştiriciliği yapılmalıdır. Bitki dikilmeden toprak bakımına başlanılmalı, yeterli derinlikte toprak işlenip gevşetilmelidir. Toprak sterilizasyonu sağlıklı bitki yetiştirmek için dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardandır. Steril etme yöntemine göre fiziksel ya da kimyasal mücadele yöntemleri tercih edilmektedir.

Sonuç ve Öneriler

Phytophthora türlerinin konukçu bitkilerde zararını anlamak ve en uygun mücadele stratejilerinin belirlenmesi için doğru izolasyon ve doğru tanılama yapmak en önemli basamaktır. *Phytophthora* genusuna ait türlerin tanılanması morfolojik karakterlerin mikroskopik gözlemine, seçici besi yerlerinde patojenin izolasyonuna ve fiziksel özelliklerine göre yapılmaktadır. Ancak *Phytophthora* türlerinin güvenilir morfolojik özelliklerinin çoğunlukla *Phytophthora* ve *Pythium* türlerine benzemesi ve bu nedenle ayırt edici belirtilerinin yetersiz olması, morfolojik yapıdaki şekil değişimi ve hep aynı olmaması genelde yanlış tanılamaya neden olmaktadır. Bu nedenle türlerin tanılamasında daha net ve güvenilir olması için moleküler biyolojiye dayalı PCR temelli yöntemler kullanılmaktadır. Moleküler yöntemler kullanılarak *Phytophthora* genusunun tanılanması internal transcribed spacer (ITS), cytochrom c oxidase I gene (coxI), cytochrom c oxidase II gene (coxII) ve large subunit rDNA gene (LSU) gibi bir veya daha fazla DNA işaretleyicisinin hedef olarak dizilenmesiyle gerçekleştirilmektedir. Özellikle ITS ve LSU bölgelerine ait baz dizileri çok yakın akraba türlerde son derece değişken olduğu için,

Phytophthora türlerini ayırt etmede veya sınıflandırılmasında oldukça kullanışlı ve güvenilir markörler sunmaktadır. (Lévesque & Cock, 2004; Uzuhashi ve ark. 2010). Tanılama ve virulensliklerinin saptanması dışında *Pp. vexans*'ın yönetim stratejileri de tarımda çok önemli bir yere sahiptir. Ürün kayıplarının önlenmesi için etmen ile mücadelede kimyasal mücadelenin dışında entegre mücadele yaklaşımı önemli bir yer tutmaktadır.

Kaynaklar

- Aday Kaya, A.G., Gültekin, H. C., & Karakaya, A. (2019). Marmara Bölgesindeki orman fidanlıklarında yetiştirilen odunsu bitkilerdeki fungus ve su küflerinin tespiti. *Turkish Journal of Forestry*, 20(4), 324-332. <https://doi.org/10.18182/tjf.588976>
- Bala, K., Robideau, G.P., Désaulniers, N., De Cock, A.W.A.M., Lévesque, C.A. (2010). Taxonomy, DNA barcoding and phylogeny of three new species of *Pythium* from Canada. *Persoonia: Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 25, 22. <https://doi.org/10.3767/003158510X524754>
- Baptista, F. R., Pires-Zottarelli, C. L. A., Rocha, M., & Milanez, A. I. (2004). The genus *Pythium* Pringsheim from Brazilian cerrado areas, in the state of São Paulo. *Brazil. Rev. Bras. Botânica*, 27:281-290. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042004000200008>
- Baten, M. A., Asano, T., Motohashi, K., Ishiguro, Y., Rahman, M. Z., Inaba, S., ... & Kageyama, K. (2014). Phylogenetic relationships among *Phytophthora* species, and re-evaluation of *Phytophthora fagopyri* comb. nov., recovered from damped-off buckwheat seedlings in Japan. *Mycological progress*, 13, 1145-1156. <https://doi.org/10.1007/s11557-014-1003-1>
- Baysal-Gurel, F., & Kabir, M. N. (2019). Evaluation of fungicides and biocontrol products for the control of *Phytophthora* root rot of hydrangeas. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 52(5-6), 481-496. <https://doi.org/10.1080/03235408.2019.1648023>
- Baysal-Gurel, F., Liyanapathirana, P., Panth, M., Avin, F. A., & Simmons, T. (2021). First report of *Phytophthora vexans* causing root and crown rot on flowering cherry in Tennessee. *Plant Disease*, 105(1), 232. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-20-1166-PDN>
- Beluzán, F., Miarnau, X., Torguet, L., Armengol, J., and Abad-Campos, P. (2022). Survey of oomycetes associated with root and crown rot of almond in Spain and pathogenicity of *Phytophthora niederhauserii* and *Phytophthora vexans* to 'Garnem' rootstock. *Agriculture* 12:294. <https://doi.org/10.3390/agriculture12020294>
- Benfradj, N., Migliorini, D., Luchi, N., Santini, A., & Boughalleb-M'Hamdi, N. (2017). Occurrence of *Pythium* and *Phytophthora* species isolated from citrus trees infected with gummosis disease in Tunisia. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 50(5-6), 286-302. <https://doi.org/10.1080/03235408.2017.1305479>
- Bennett, R. M., Nam, B., Dedeles, G. R., & Thines, M. (2017). *Phytophthora leanoi* sp. nov. and *Phytophthora dogmae* sp. nov., *Phytophthora* species associated with mangrove leaf litter from the Philippines. *Acta Mycologica*, 52(2). <https://doi.org/10.5586/am.1103>
- Boari, A., Cunha, E. M., Quadros, A. F. F., Barreto, R. W., & Fernandes, A. F. (2018). First report of *Phytophthora* sp. causing storage root rot and foliage blight of cassava in Brazil. *Plant Disease*, 102(5), 1042-1042. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-17-1449-PDN>
- Brodgers, K.D., Lipps, P.E., Ellis, M., Dorrance, A.E. (2009). *Pythium delawarii* – a new species isolated from soybean in Ohio. *Mycologia*, 101, 232–238. <https://doi.org/10.3852/08-133>
- Browne, G. T., Ott, N. J., and Fichtner, E. (2019). First Report of *Phytophthora helicoides* causing root rot on peach rootstock in California. *Plant Dis.* 103:2968. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-18-1697-PDN>
- CABI Crop Production Compendium (2020). *Pythium vexans*. <https://www.cabi.org/cpc/datasheet/46174>. Erişim tarihi: 27.09.2023
- Chang, T. T. (1993). Investigation and pathogenicity tests of *Pythium* species from rhizosphere of *Cinnamomum osmophloeum*. *Plant Pathol. Bull.* 2:66-70. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19942306681>
- Chen, X.-R., Liu, B.-B., Xing, Y.-P., Cheng, B.-P., Liu, M.-L., Tong, Y.-H., & Xu, J.-Y. (2016). Identification and characterization of *Phytophthora helicoides* causing stem rot of Shatangju mandarin seedlings in China. *Eur. J. Plant Pathol.* 146:715-727. <https://doi.org/10.1007/s10658-016-0952-4>
- Choi, Y.-J., Beakes, G., Glockling, S., Kruse, J., Nam, B., Nigrelli, L., Ploch, S., Shin, H.-D., Shivas, R. G., Telle, S., Voglmayr, H., & Thines, M. (2015). Towards a universal barcode of oomycetes - a comparison of the *cox1* and *cox2* loci. *Mol. Ecol. Resour.* 15:1275-1288. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12398>
- Choudhary, C. E., Burgos-Garay, M. L., Moorman, G. W., & Hong, C. (2016). *Pythium* and *Phytophthora* species in two Pennsylvania greenhouse irrigation water tanks. *Plant Dis.* 100:926-932. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-15-0836-RE>
- Cooke, D.E.L., Drenth, A., Duncan, J.M., Wagels, G., Brasier, C.M. (2000). A molecular phylogeny of *Phytophthora* and related oomycetes. *Fungal Genetics and Biology*, 30 (1), 17–32. <https://doi.org/10.1006/fgbi.2000.1202>
- Davidson, J. M., Rehner, S. A., Santana, M., Lasso, E., Urena de Chapet, O., & Herre, E. A. (2000). First report of *Phytophthora heveae* and *Pythium* spp. on tropical tree seedlings in Panama. *Plant Dis.* 84:706. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.6.706C>
- De Cock, A. W. A. M., Lodhi, A. M., Rintoul, T. L., Bala, K., Robideau, G. P., Abad, Z. G., ... & Lévesque, C. A. (2015). *Phytophthora*: molecular phylogeny and systematics. *Persoonia-Molecular phylogeny and evolution of fungi*, 34(1), 25-39. <https://doi.org/10.3767/003158515X685382>
- Dervis, S., Soylu, S., Serce, C. (2014). Corm and root rot of *Colocasia esculenta* caused by *Ovatisporangium vesans* and *Rhizoctonia solani*. *Romanian Biotechnological Letters* 19(6):9868–9874.
- Derviş, S., Türkölmez, Ş., Çiftçi, O., Özer, G., Ulubaş Serçe, Ç., & Dikilitas, M. (2020). *Phytophthora litorale*: A novel killer pathogen of plane (*Platanus orientalis*) causing canker stain and root and collar rot. *Plant disease*, 104(10), 2642-2648. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-20-0141-RE>
- Donati, I., Cellini, A., Sangiorgio, D., Caldera, E., Sorrenti, G., & Spinelli, F. (2020). Pathogens associated to kiwifruit vine decline in Italy. *Agriculture*. 10:119. <https://doi.org/10.3390/agriculture10040119>
- Duncan, J. & Cooke, D. (2002). Identifying, diagnosing and detecting *Phytophthora* by molecular methods. *Mycologist* 16:59-66. [https://doi.org/10.1017/S0269-915X\(02\)00205-7](https://doi.org/10.1017/S0269-915X(02)00205-7)
- Endes, A. & Kayım, M. (2016). Çukurova Bölgesi'nde Kayısı Ağaçlarında Solgunluk ve Gövde Çürüklüğü Etmeni *Phytophthora vexans*'ın Tanılanması. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(2), 59-68.
- Fichtner, E.J., Browne, G.T., Mortaz, M., Ferguson, L., Blomquist, C.L. (2016). First report of root rot caused by *Phytophthora helicoides* on Pistachio Rootstock in California. *Plant Disease*, 100 (11), 2337. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-15-1424-PDN>
- Foster, Z. S. L., Albornoz, F. E., Fieland, V. J., Larsen, M. M., Jones, F. A., Tyler, B. M., Nguyen, H. D. T., Burgess, T. I., Riddell, C., Voglmayr, H., Martin, F. N., & Grünwald, N. J. (2022). A new oomycete metabarcoding method using the *rps10* gene. *PhytoBiomes J.* 6:214-226. <https://doi.org/10.1094/PBIOMES-02-22-0009-R>

- Gonçalves, D. R., de Jesus, A. L., & Pires-Zottarelli, C. L. A. (2016). *Pythium* and *Phytophthora* species associated with hydroponically grown crops around the City of São Paulo. *Brazil. Trop. Plant Pathol.* 41:397-405. <https://doi.org/10.1007/s40858-016-0116-2>
- Guo, L. Y., & Ko, W. H. (1996). Nature of enhanced severity of *Anthurium* root rot by diuron treatment for weed control. *J. Phytopathol.* 144:7-11. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.1996.tb01480.x>
- Hendrix, F. F. & Campbell, W. A. (1973). *Phytophthias* as plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology* 11: 77-98. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.11.090173.000453>
- Hernández, P. A., Chávez, E. C., Ortiz, J. D., Beache, M. B., Vargas, L. T., & Fuentes, Y. O. (2019). First report of *Phytophthium vexans* causing the “avocado sadness” in Michoacan, Mexico. *Phyton (B. Aires)* 88: 11-13. <https://doi.org/10.32604/phyton.2019.04608>
- Hon-Hing, H. O., Xiu-Xian, C., Hui-Cai, Z., & Zheng, F.-C. (2012). The occurrence and distribution of *Pythium* species on Hainan Island of South China. *Bot. Stud.* 53:524-534. <http://ejournal.sinica.edu.tw/bbas/content/2012/4/Bot534-11.pdf>
- Ibanez, J. M., Favaro, M. A., Obregon, V. G., & Lattar, T. E. (2022). Oomycetes associated with strawberry diseases in Corrientes, Argentina. *Crop Prot.* 157:105967. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2022.105967>
- Ivors, K. L., Abad, Z. G., & Benson, D. M. (2008). Evaluating the pathogenicity of *Pythium vexans* isolates from Fraser fir in North Carolina. *Plant Health Progress*, 9(1), 8. <https://doi.org/10.1094/PHP-2008-1006-01-RS>
- Jabiri, S., Lahlali, R., Bahra, C., Bendriss Amraoui, M., Tahiri, A., & Amiri, S. (2020). First report of *Phytophthium vexans* associated with dieback disease of apple trees in Morocco. *J. Plant Pathol.* 102:1319. <https://doi.org/10.1007/s42161-020-00606-2>
- Javadi, N., & Sharifnabi, B. (2016). *Phytophthium litorale*, the causal agent of almond root and crown rot in Iran. In *Proceedings of 22nd Iranian plant protection congress* (pp. 27-30). Karaj, Iran: College of Agriculture and Natural Resources.
- Jeffers, S. N., Schnabel, G., & Smith, J. P. (2004). First report of resistance to mefenoxam in *Phytophthora cactorum* in the United States and elsewhere. *Plant Disease*, 88(5), 576-576. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.5.576A>
- Kaosiri, T., & Siddhipongse, S. (1985). Association of *Phytophthora cinnamomi* and *Pythium vexans* with stem canker disease of cotton [*Gossypium hirsutum* var. Srisamrong 3]. *Warasan Wichakan Kaset* 3:26-32.
- Karaca, G., Jonathan, R., Paul, B. (2009). *Pythium stipitatum* sp. nov. isolated from soil and plant debris taken in France, Tunisia, Turkey, and India. *FEMS Microbiology Letters*, 295, 164-169. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2009.01579.x>
- Lan, C., Lin, X., Dai, Y., Lin, G., Liu, X., & Yang, X. (2023). First report of sanqi (*Panax notoginseng*) root rot caused by *Pythium vexans* in China. *Plant Dis.* 107:235 <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-22-0781-PDN>
- Lévesque, C.A., de Cock, W.A.M. (2004). Molecular phylogeny and taxonomy of the genus *Pythium*. *Mycological Research*, 108, 1363-1383. <https://doi.org/10.1017/S0953756204001431>
- Linde, C., Kemp, G. H. J., & Wingfield, M. J. (1994). *Pythium* and *Phytophthora* species associated with eucalypts and pines in South Africa. *Eur. J. For. Pathol.* 24:345-356. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.1994.tb00828.x>
- Lu, X. H., Michael Davis, R., Livingston, S., Nunez, J., & Hao, J. J. (2012). Fungicide sensitivity of *Pythium* spp. associated with cavity spot of carrot in California and Michigan. *Plant disease*, 96(3), 384-388. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-11-0562>
- Marano, A. V., Jesus, A. L., De Souza, J. I., Leão, E. M., James, T. Y., Jerônimo, G. H., ... & Pires-Zottarelli, C. L. A. (2014). A new combination in *Phytophthium*: *P. kandeliae* (Oomycetes, Straminipila). *Mycosphere*, 5(4), 510-522. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/5/4/3>
- Martin, F. N. (2000). Phylogenetic relationships among some *Pythium* species inferred from sequence analysis of the mitochondrially encoded cytochrome oxidase II gene. *Mycologia*, 92(4), 711-727. <https://doi.org/10.1080/00275514.2000.12061211>
- Matthiesen, R. L., Ahmad, A. A., & Robertson, A. E. (2016). Temperature affects aggressiveness and fungicide sensitivity of four *Pythium* spp. that cause soybean and corn damping off in Iowa. *Plant disease*, 100(3), 583-591. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-15-0487-RE>
- Mazzola, M., Andrews, P. K., Reganold, J. P., Lévesque, C. A. (2002). Frequency, virulence, and metalaxyl sensitivity of *Phytophthium* spp. isolated from apple roots under conventional and organic production systems. *Plant Disease* 86:669-675. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.6.669>
- Meyer, M. D., & Hausbeck, M. K. (2013). Using soil-applied fungicides to manage *Phytophthora* crown and root rot on summer squash. *Plant disease*, 97(1), 107-112. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-11-1071-RE>
- Miyake, N., Nagai, H., & Kageyama, K. (2014). Wilt and root rot of poinsettia caused by three high-temperature-tolerant *Pythium* species in ebb-and-flow irrigation systems. *J. Gen. Plant Pathol.* 80:479-489. <https://doi.org/10.1007/s10327-014-0542-2>
- Moein, S. (2016). Quantification of apple replant pathogens from roots, and their occurrence in irrigation water and nursery trees (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University). <http://hdl.handle.net/10019.1/98329>
- Mostoufizadeh, G. R., & Banihashemi, Z. A. D. (2005). Identification of soil *Pythium* species in Fars province of Iran. *Iran. J. Sci. Technol. Trans. A* 29:79-87. <https://doi.org/10.22099/IJSTS.2005.2786>
- Nakova, M. (2010). Monitoring of *Phytophthora* species on fruit trees in Bulgaria. *European Journal of Plant Pathology* 128:517-525. <https://doi.org/10.1007/s10658-010-9686-x>
- Nam, B., Choi, Y.J. (2019). *Phytophthium* and *Pythium* species (Oomycota) isolated from freshwater environments of Korea. *Mycobiology*, 47 (3), 261-272. <https://doi.org/10.1080/12298093.2019.1625174>
- Noireung, P., Intaparn, P., Maumoon, R., Wongwan, T., & To-anun, C. (2020). First record of *Phytophthium vexans* causing root rot on mandarin (*Citrus reticulata* L. cv. Sainampung) in Thailand. *Plant Pathol. Quar.* 10:85-90. <https://doi.org/10.5943/ppq/10/1/10>
- Nyoni, M., Lötze, E., Mazzola, M., Wessels, J. P. B., & McLeod, A. (2019). Evaluating different approaches in the application of phosphonates for the control of apple root diseases. *Australasian Plant Pathology*, 48, 461-472. <https://doi.org/10.1007/s13313-019-00647-x>
- Nzungize, J., Geps, P., Buruchara, R., Buah, S., Ragama, P., Busogoro, J. P., & Baudin, J. P. (2011). Pathogenic and molecular characterization of *Pythium* species inducing root rot symptoms of common bean in Rwanda. *African J. Microbiol. Res.* 5:1169-1181. <https://doi.org/10.5897/AJMR10.747>
- O'Donnell, K. (1993). The fungal holomorph: Mitotic, meiotic and pleomorphic speciation in fungal systematics. Pages 225-233 in: *Fusarium and Its Near Relatives*. D. R. Reynolds and J. W. Taylor, eds. CAB International Wallingford, U.K.
- Ogle, H. J., Stirling, A. M., & Dart, P. J. (1993). Pathogenicity of fungi associated with seedling disease of cotton. *Aust. J. Exp. Agric.* 33:923-929. <https://doi.org/10.1071/EA9930923>
- Oszako, T., Sikora, K., Belbahri, L., & Nowakowska, J. A. (2016). Molecular detection of oomycetes species in water courses. *Folia For. Pol.* 58:246-251. <https://doi.org/10.1515/ffp-2016-0028>

- Park, M.-J., Back, C.-G., & Park, J.-H. (2019). Occurrence of *Phytophthora vexans* causing stem rot on *Anthurium andraeanum* in Korea. *Korean J. Mycol.* 47:443-446. <https://doi.org/10.4489/KJM.20190049>
- Parke, J. L., Redekar, N. R., Eberhart, J. L., & Funahashi, F. (2019). Hazard analysis for *Phytophthora* species in container nurseries: Three case studies. *HortTechnology* 29:745-755. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04304-19>
- Polat, Z., Awan, Q.N., Hussain, M., Akgül, D.S. (2017). First report of *Phytophthora vexans* causing root and collar rot of kiwifruit in Turkey. *Plant Disease*, 101 (6), 1058. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-16-1554-PDN>
- Prencipe, S., Savian, F., Nari, L., Ermacora, P., Spadaro, D., & Martini, M. (2020). First report of *Phytophthora vexans* causing decline syndrome of *Actinidia deliciosa* 'Hayward' in Italy. *Plant Dis.* 104:2032. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-19-2101-PDN>
- Pringsheim, N. (1858): Beitrag für Morphologie und Systematik der Algen. Die Saprolegnieen. *Jahrbücher für Wissenschaftliche Botanik* 1: 284-306.
- Radmer, L., Anderson, G., Malvick, D. M., Kurle, J. E., Rendahl, A., & Mallik, A. (2017). *Pythium*, *Phytophthora*, and *Phytophthora* spp. associated with soybean in Minnesota, their relative aggressiveness on soybean and corn, and their sensitivity to seed treatment fungicides. *Plant disease*, 101(1), 62-72. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-16-0196-RE>
- Rai, M., Abd-El Salam, K.A., Ingle, A.P. (2020). *Pythium*: diagnosis, diseases and management. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429296406>
- Redekar, N.R., Eberhart, J.L., Parke, J.L. (2019). Diversity of *Phytophthora*, *Pythium*, and *Phytophthora* species in recycled irrigation water in a container nursery. *Phytobiomes Journal*, 3 (1), 31–45. <https://doi.org/10.1094/PBIOMES-10-18-0043-R>
- Robideau, G. P., De Cock, A. W., Coffey, M. D., Voglmayr, H., Brouwer, H., Bala, K., ... & André Lévesque, C. (2011). DNA barcoding of oomycetes with cytochrome c oxidase subunit I and internal transcribed spacer. *Molecular ecology resources*, 11(6), 1002-1011. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2011.03041.x>
- Rodriguez-Padron, C., Siverio, F., Perez-Sierra, A., Rodríguez, A. (2018). Isolation and pathogenicity of *Phytophthora* species and *Phytophthora vexans* recovered from avocado orchards in the Canary Islands, including *Phytophthora niederhauserii* as a new pathogen of avocado. *Phytopathologia Mediterranea*, 57(1), 89–106. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-22022
- Santika, I. A., Widiastuti, A., and Wibowo, A. (2021). First Report of *Phytophthora vexans* (de Barry) Abad, de Cock, Bala, Robideau, Lodhi & Lévesque causing potato tuber rot in Indonesia. *J. Perlindungan Tanam.* Indones. 25:173-181. <https://doi.org/10.22146/jpti.67556>
- Senda, M., Suga, H., Levésque, G.A. (2009). Two new species of *Pythium*, *P. senticosum* and *P. takayamanum*, isolated from cool-temperate forest soil in Japan. *Mycologia*, 101, 439–448. <https://doi.org/10.3852/08-104>
- Shrestha, S. K., Zhou, Y., and Lamour, K. (2013). Oomycetes baited from streams in Tennessee 2010–2012. *Mycologia* 105:1516-1523. <https://doi.org/10.3852/13-010>
- Souli, M., Boughalleb, N., Campo, P. A., Alvarez, L. A., Sierr, A. P., Armengol, J., Jimenez, J. G. (2011). First Report of *Phytophthora indigoferae* and *P. irregulare* Associated to Apple Trees Decline in Tunisia. *J. Phytopathology* 159:352–357. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2010.01772.x>
- Spies, C. F. J., Mazzola, M., McLeod, A. (2011). Characterisation and detection of *Phytophthora* and *Phytophthora* species associated with grapevines in South Africa. *Eur. J. Plant Pathology* 131:103– 119. <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9791-5>
- Tao, Y., Zeng, F., Ho, H., Wei, J., Wu, Y., Yang, L., & He, Y. (2011). *Pythium vexans* causing stem rot of *Dendrobium* in Yunnan province. China. *J. Phytopathol.* 159:255-259. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2010.01756.x>
- Tewoldemedhin, Y. T., Mazzola, M., Botha, W. J., Spies, C. J., McLeod, A. (2011). Characterization of fungi (*Fusarium* and *Rhizoctonia*) and oomycetes (*Phytophthora* and *Phytophthora*) associated with apple orchards in South Africa. *Eur. J. Plant Pathology* 130:215– 229. <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9747-9>
- Thao, L., Hien, L., Liem, N., Thanh, H., Khanh, T., Binh, V., Trang, T., Anh, P., & Tu, T. (2020). First report of *Phytophthora vexans* causing root rot disease on durian in Vietnam. *New Dis. Rep.* 41:2. <https://doi.org/10.5197/j.2044-0588.2020.041.002>
- Thomas, J. (2000). Biological control of rot diseases of small cardamom. Pages 223-237 in: *Biocontrol Potential and Its Exploitation in Sustainable Agriculture*. R. K. Upadhyay, K. G. Mukerji, and B. P. Chamola, eds. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4209-4_16
- Tkaczyk, M. (2020). *Phytophthora*: Origin, differences and meaning in modern plant pathology. *Folia For. Pol.* 62:227-232. <https://doi.org/10.2478/ffp-2020-0022>
- Türkkan, M., Özer, G., Karaca, G., Erper, İ. & Derviş, S. (2022). Characterization and pathogenicity of *Pythium*-like species associated with root and collar rot of kiwifruit in Turkey. *Plant Disease*, 106(3), 854-863. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-21-0961-RE>
- Uzhashi, S., Tojo, M., Kakishima, M. (2010). Phylogeny of the genus *Pythium* and description of new genera. *Mycoscience*, 51, 337–365. <https://doi.org/10.1007/S10267-010-0046-7>
- Van der Plaats-Niterink, A.J. (1981). Monograph of the genus *Pythium* Vol. 21. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Baarn. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(82\)80143-5](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(82)80143-5)
- Vawdrey, L. L., Langdon, P., & Martin, T. (2005). Incidence and pathogenicity of *Phytophthora palmivora* and *Pythium vexans* associated with durian decline in far northern Queensland. *Australas. Plant Pathol.* 34:127-128. <https://doi.org/10.1071/AP04093>
- Villa, N.O., Kageyama, K., Asano, T., Suga, H. (2006). Phylogenetic relationships of *Pythium* and *Phytophthora* species based on ITS rDNA, cytochrome oxidase II and β -tubulin gene sequences. *Mycologia*, 98 (3), 410–422. <https://doi.org/10.3852/mycologia.98.3.410>
- Wang, K. X., Xie, Y. L., Yuan, G. Q., Li, Q. Q., & Lin, W. (2015). First report of root and collar rot caused by *Phytophthora* helicoides on kiwifruit (*Actinidia chinensis*). *Plant Dis.* 99:725. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-14-0817-PDN>
- Weiland, J. E., Santamaria, L., & Grünwald, N. J. (2014). Sensitivity of *Pythium irregulare*, *P. sylvaticum*, and *P. ultimum* from forest nurseries to mefenoxam and fosetyl-Al, and control of *Pythium* damping-off. *Plant disease*, 98(7), 937-942. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-13-0998-RE>
- Yamaji, K., Fukushi, Y., Hashidoko, Y., & Tahara, S. (2005). *Penicillium* frequentans isolated from *Picea glehnii* seedling roots as a possible biological control agent against damping-off. *Ecol. Res.* 20:103-107. <https://doi.org/10.1007/s11284-004-0004-y>
- Yamaji, K., Fukushi, Y., Hashidoko, Y., Yoshida, T., & Tahara, S. (2001). *Penicillium* fungi from *Picea glehnii* seeds protect the seedlings from damping-off. *New Phytol.* 152:521-531 <https://doi.org/10.1046/j.0028-646X.2001.00280.x>
- Yang, J., Ruegger, P. M., McKenry, M. V., Becker, J. O., Borneman, J. (2012). Correlations between Root-Associated Microorganisms and Peach Replant Disease Symptoms in a California Soil. *Plos One* 7(10):1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0046420>
- Yang, X., Richardson, P. A., Olson, H. A., & Hong, C. X. (2013). Root and stem rot of begonia caused by *Phytophthora* helicoides in Virginia. *Plant Dis.* 97:1385. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-13-0472-PDN>

- Yano, T., Shimizu, S., Miyoshi, T., Miyata, N., Immon, K., Shinozaki, T., Sawada, H., & Kageyama, K. (2010). Tolerant Actinidia species to Pythium helicoides and P. vexans causing root rot. *Acta Hort.* 913:517-523. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.913.69>
- Yin, X., Li, X. Z., Yin, J. J., & Wu, X. (2016). First report of Phytophthium helicoides causing rhizome rot of Asian lotus in China. *Plant Dis.* 100:532. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-15-0833-PDN>
- Yu, Y.-T., Chen, J., Gao, C.-S., Zeng, L.-B., Li, Z.-M., Zhu, T.-T., Sun, K., Cheng, Y., Sun, X. P., Yan, L., & Yan, Z. (2016). First report of brown root rot caused by Pythium vexans on ramie in Hunan, China. *Can. J. Plant Pathol.* 38:405-410. <https://doi.org/10.1080/07060661.2016.1230150>
- Zeng, H. C., Ho, H. H., Zheng, F. C. (2005). Phytophthium vexans causing patch canker of rubber trees on Hainan Island, China. *Mycopathologia* 159: 601-606. <https://doi.org/10.1007/s11046-005-5258-6>
- Zhou, Z., Yang, J., Jiao, B., Wu, C., & Dai, T. (2023). First report of crown and root rot caused by Phytophthium helicoides on Photinia × fraseri in China. *Plant Dis.* 107:235. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-22-0672-PDN>