



Farklı sıcaklık koşullarında *Neoscytalidium novaehollandiae* etmeninin misel ve konidi gelişimi

Mycelia and conidia development of Neoscytalidium novaehollandiae at different temperature conditions

Berfin KILINÇ^{1*}, Mehmet Ertuğrul GÜLDÜR², Murat DİKİLİTAŞ³

^{1,2,3}Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Şanlıurfa 63300, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-7086-0255>; ²<https://orcid.org/0000-0002-3374-5602>; ³<https://orcid.org/0000-0002-7399-4750>

To cite this article:

Kılınç, B., Güldür, M. E. & Dikilitaş, M. (2023). Farklı Sıcaklık Koşullarında *Neoscytalidium novaehollandiae* Etmeninin Misel ve Konidi Gelişimi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27(4): 589-594
DOI: 10.29050/harranziraat.1326265

*Address for Correspondence:

Berfin KILINÇ
e-mail:
berfinkilinc@gmail.com

Received Date:

12.07.2023

Accepted Date:

11.10.2023

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Öz

Neoscytalidium cinsine ait türler son zamanlarda dünyada ve Türkiye’de kültür, peyzaj ve orman bitkilerinde önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır. *N. novaehollandiae* türü tek yıllık bitkilerde kurumalara ve iletim demetlerinde kararmalara yol açarken ağaçlarda gövde çatlamlarına kabuk altı nekrozlarına ve dal kurumalarına yol açmaktadır. Bölgemizde yeni yayılmaya başlayan bu hastalık etmenine karşı herhangi bir mücadele yöntemi bilinmemektedir. Bu çalışmada -5 ila 40°C aralığındaki farklı sıcaklık değerlerinde 3 günlük süre içinde *N. novaehollandiae* etmeninin misel gelişimleri ölçülmüştür. Hastalık etmeni 15 ve 35°C aralığında gelişme gösterirken optimum gelişimleri 25 ve 30°C aralığında bulunmuştur. Fakat etmenin misellerinin 10°C ve 40°C’lerde 4. günde gelişmeye başladığı gözlenmiştir. Bu sıcaklık çalışması *N. novaehollandiae* etmenine karşı mücadele zamanının belirlenmesinde önemli bir adım olmuş ve bölgemizde son zamanlarda ortaya çıkan ve epidemi yapma potansiyeline sahip fungal etmenin fizyolojik karakterinin aydınlatılması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Neoscytalidium novaehollandiae*, sıcaklık, gelişim, hastalık kontrolü

ABSTRACT

Species belonging to the genus *Neoscytalidium* have recently caused significant economic losses in crop, landscape and forest plants in the world and in Turkey. While *N. novaehollandiae* causes drying in annual plants and darkening of vascular bundles, it causes trunk cracks, sub-bark necrosis and drying of branches in trees. There is no known method of struggle against this disease agent, which has just started to spread in our region. In this study, mycelial growth of *N. novaehollandiae* was measured in 3 days at different temperature values between -5 and 40°C. While the disease agent developed between 15 and 35°C, their optimum development was found between 25 and 30°C. However, it was observed that the mycelias of the agent started to develop on the 4th day at 10°C and 40°C. This temperature study was an important step in determining the control time against *N. novaehollandiae* and it was aimed to enlighten the physiological character of the fungal agent that has recently emerged in our region and has the potential to cause an epidemic.

Key Words: *Neoscytalidium novaehollandiae*, temperature, growth, disease control

Giriş

Dothideomycetes sınıfına ait endofitik mantarlarının çoğu dünyada çeşitli bölgelerde çok farklı ağaçlarda kansere neden olan fırsatçı bitki patojenleridir (Chuang ve ark., 2012; Ezra ve ark., 2013; Yi ve ark., 2015). Bugüne kadar, morfolojik ve moleküler özelliklere dayalı olarak sınırlı sayıda *Neoscytalidium* türü tanılanmıştır. Bu türlerden *N. dimidiatum* türünün hem *N. novaehollandiae* (Polizzi ve ark., 2009) hem de *Scytaalidium hyalinum* (Madrid ve ark., 2009) türleri ile benzer olduğu bildirmiştir. *N. novaehollandiae* türü *Mangifera indica* (mango) (Ray ve ark., 2010), *Pistachia vera* (Antepfıstığı) (Kılınç ve ark., 2022), *Solanum lycopersicum* (domates) (Derviş ve ark., 2020), *Pinus eldarica* (çam) (Alizadeh ve ark., 2022), *Prunus dulcis* (badem) (Ören ve ark., 2020) gibi konukçularda enfeksiyon yaptığı ve yaygın olarak görüldüğü belirtilmiş, aynı konukçularda *N. dimidiatum* etmeninin de enfeksiyona yol açtığı yapılan farklı çalışmalarda ortaya konmuştur. Bu türleri birbirinden ayırt etmek için çeşitli denemeler yapılmıştır. Bununla birlikte, *N. dimidiatum*, *N. novaehollandiae*'den, *N. novaehollandiae*'nin muriform veya dikomer benzeri konidia üretme yeteneği ile ayırt edilmiştir (Pavlic ve ark., 2008). Bu muriformlar kolayca tanınmazlar ve bu nedenle *N. dimidiatum* ve *N. novaehollandiae* türleri uzun bir morfolojik gözlem periyodu boyunca benzer özellikler sergileyebilir (Mohd ve ark., 2013). Öte yandan, *S. hyalinum*, *N. dimidiatum*'un bir çeşidi veya melaninsiz olan kültürel bir mutant varyantı olduğu ifade edilmiştir (Madrid ve ark., 2009). Bu morfolojik ve mikrobiyolojik verilerin çıkarılması zaman alıcı bir süreç gerektirir ve bu sorunu çözmek için henüz doğru moleküler markörler keşfedilememiştir. Sonuç olarak, fungusun tür düzeyinde kesin olarak tanılanması zordur (Machouart ve ark., 2004). Biyolojik kontrol (Ubalua ve Oti, 2007; Louzada ve ark., 2009), ürün rotasyonu (Reis ve ark., 2011), dayanıklı çeşit kullanımı ve kimyasal kontrol (Fischer ve ark., 2005) esas alınarak daha sürdürülebilir bir üretim sistemi sağlamak en etkili kontrol yöntemidir (Onyeka ve ark., 2005). Öte yandan, ıslah programları çalışmalarına rağmen, şu anda Brezilya'da *Botryosphaeriaceae* türlerinin yol açtığı kök

çürüklüğüne dirençli sadece birkaç manyok (*Manihot esculenta*) çeşidi mevcuttur (Brito ve ark., 2020). Tarla koşullarında kök çürüklüğü hastalığına dayanıklı genotiplerin seçimindeki ana sorunlardan biri genotipi değerlendirmek için geçen süredir (yaklaşık 12 ay). Dolayısıyla bu gibi hastalıkların mücadelesinde ıslah çalışmaları zaman almaktadır, *N. novaehollandiae* da bu hastalıklardan biri olmaya adaydır.

Funguslar 45°C'de daha iyi büyüme olarak tanımlanan termofili, *Ascomycota*'nın birçok türünde görülmektedir (Raspor ve Zupan, 2006; Berka ve ark., 2011; Morgenstern ve ark., 2012). Yirminci yüzyılın başından beri termofilik türler, büyüleyici fizyolojik özellikleri ve endüstrideki potansiyel değerleri nedeniyle büyük ilgi görmüştür. Fungal termofillerin de arasında olduğu ökaryotlar için üst sıcaklık sınırını 60°C veya bunun hemen üzerindeki sıcaklıklar oluşturmaktadır (Tansey ve Brock, 1972; Powell ve ark., 2012). Yapılan bir çalışmada *Scytaalidium hyalinum*'un misel ve konidi üretimi, beş sıcaklıkta (10-, 15-, 25-, 35- ve 40°C) PDA ortamında değerlendirilmiştir (Hohenfeld ve ark., 2018). Patojen için misel gelişimi ve sporlanma için optimum sıcaklık aralığı 30 ile 36°C arasında bulunmuştur. Hastalık şiddeti 32 ila 36°C'de gözlenmiştir. Optimal büyüme koşulların 48 saatlik inkübasyondan sonra Petri kabını tamamen kaplamış olan *N. hyalinum* için optimum sıcaklık 32°C iken, daha düşük sıcaklıklarda (10°C) önemli bir büyüme gözlemlenmemiştir. Bitki köklerin 35°C'de tutulması daha büyük lezyonlu alanların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Buna karşılık, 40°C gibi daha yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında daha az zarar meydana gelmiştir. Dolayısıyla sıcaklığın artışı ile hastalık şiddeti arasında doğrusal bir ilişki tespit edilmiştir.

Bu çalışmada farklı sıcaklık değerlerinde *N. novaehollandiae* etmeninin misel ve konidi gelişimleri ölçülerek etmenin en uygun gelişme sıcaklığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar hastalık yönetimine ışık tutacaktır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Fitopatoloji laboratuvarında

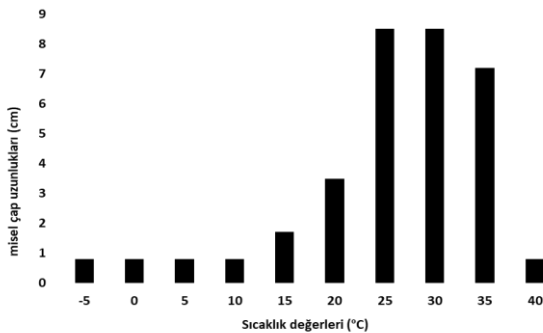
yürütülmüştür. Çalışmanın ana materyalini stok kültüründen alınan *N. novaehollandiae* (ITS bölgesi için erişim no: OL455801, LSU bölgesi için erişim no: OL589617) etmeni, PDA (Patates Dekstroz Agar) besi ortamı, spor sayımı için heamocytometer (Thoma lamı) ve diğer temel laboratuvar malzemeleri oluşturmaktadır.

Antepfıstığından izole edilen ve saflaştırılan *N. novaehollandiae* kültüründen bir parça alınarak çoğaltılmış ve çalışmada kullanılmak üzere +4°C'de muhafaza edilmiştir. Sıcaklık değerleri üçer günlük aralıklarla inkübatörde -5-, 0-, 5-, 10-, 15-, 20-, 25-, 30-, 35-, 40°C'ye ayarlanmıştır. Saf olarak gelişen genç misellerden mantar delici yardımıyla 8 mm lik diskler alınıp antibiyotik (tetracycline) ile desteklenmiş PDA besi ortamına Petri kabının ortasına gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Her sıcaklık değerinde 3. günde misellerin gelişme çapları cetvel yardımı ile yatay ve dikey yönlü ölçülmüş ve ortalamaları alınmıştır. Gelişmenin görüldüğü sıcaklık değerlerinde Thoma lamı kullanılarak 1 mL'deki konidi sayımları yapılmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Stok kültüründen alınıp saflaştırılan taze olarak çoğaltılmış ve her bir sıcaklık değeri (-5, 0-, 5-, 10-, 15-, 20-, 25-, 30-, 35- ve 40°C) için 4 tekerrürlü olarak hazırlanmış Petri kapları 3 gün süre ile inkübe edilmiştir. (Şekil 1)

N. novaehollandiae -5-, 0-, 5- ve 10°C'de herhangi bir gelişim göstermemiş, ancak 10- ve 40°C'lerde 3 günlük inkübasyon periyodu sonunda düşük düzeyde miselyal gelişme tespit edilmiştir.

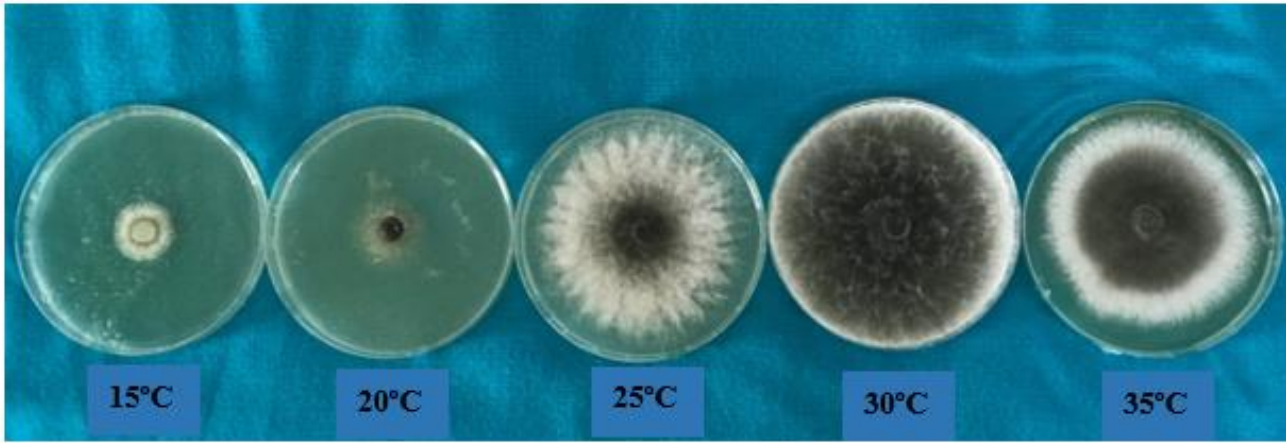


Şekil 1. Farklı sıcaklık değerlerinde *Neoscytalidium novaehollandiae* etmeninin gelişimi

Figure 1. Development of *Neoscytalidium novaehollandiae* at different temperatures

Bu durum, fungal etmenin daha uzun süren inkübasyon periyotlarında bu sıcaklıklarda gelişme gösterebileceğini ortaya koymuştur. Fungal etmenin 10 ve 40°C'lerde patolojik etki yapıp yapmayacağı bilinmemekle birlikte, bu durumun belirlenmesinin hastalık etmeninin kontrolü açısından büyük önem taşıdığı açıktır. Fungal etmen 15-35°C aralığında gelişme göstermiş, 25 ve 30°C'lerde ise optimum olarak gelişme göstermiştir. Benzer biçimde *N. hyalinum* türünün 10°C de gelişmeye başlayıp 32°C deki optimum koşullarda 48 saatte Petriyi kapladığı ve 40°C nin üzerinde konidi oluşumunda azalma meydana geldiği Hohenfeld ve ark. (2018) tarafından rapor edilmiştir.

Farklı sıcaklık koşullarında fungusun fizyolojik gelişimi Petri kaplarında "mm" olarak tespit edilmiş, fungusların gelişimleri görsel olarak da tespit edilmiştir. Buna göre, artan sıcaklıkla birlikte miselyal gelişime paralel olarak fungusun melanin pigmenti de yoğunlaşma göstermiş, 32°C'de en yüksek melanin konsantrasyonu görüntülenmiştir (Şekil 2). Yapılan bir çalışmada ejder meyvesinde sıcaklığın 15°C'den 32°C'ye yükselmesi sonucu *N. dimidiatum* etmenine ait koloninin kapladığı alan ve misel büyüme hızı artmış, ancak 37°C'de önemli ölçüde azaldığı belirtilmiştir (Mayorquin ve ark., 2016). Benzer bir çalışmada Kaliforniya'da incirde sürgün kurumalarına yol açan *N. dimidiatum* etmeninin 20 ila 35°C'deki sıcaklık aralıklarından en iyi gelişmenin 35°C'de %92'lik bir gelişme olduğu ve misel kolonizasyonu ile konidi miktarının sıcaklığın artmasıyla beraber arttığı ifade edilmiştir (Gusella ve ark., 2023). Aynı zamanda bu çalışmada da sıcaklık arttıkça konidi sayılarında da bir artış gözlenmiş, sıcaklık optimumun üzerine çıktığında ise konidi sayılarında azalma meydana gelmiştir.



Şekil 2. Farklı sıcaklıklarda gelişmeye bırakılan *Neoscytalidium novaehollandiae* etmeninin Petri kaplarındaki görüntüleri
Figure 2. Images of *Neoscytalidium novaehollandiae* in Petri dishes incubated at different temperatures

Şanlıurfa ilinde çoğu zaman 30°C nin üzerinde sıcaklığın seyretmesinin hastalığın yayılma ve enfeksiyon riskini artırdığı düşünülmektedir. Örneğin, Sadowsky ve ark. (2007) 34°C'nin üzerindeki sıcaklığın

turunçgillerde *Scytaalidium* solgunluğunu arttırdığını rapor etmişlerdir. Bu çalışmada, farklı sıcaklık koşullarında gelişen sporların sayımı yapılmış 1 mL'deki spor yoğunluğu Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Farklı sıcaklıklarda gelişmeye bırakılan *Neoscytalidium novaehollandiae* etmeninin konidi yoğunluğu
Table 1. Conidia density of *Neoscytalidium novaehollandiae* at different temperatures

		Sıcaklık değerleri (°C) Temperature values (°C)				
Conidia (mL ⁻¹)	15	20	25	30	35	
	1.08x10 ⁶	1.36x10 ⁶	8.38x10 ⁶	4.56x10 ⁶	4.41x10 ⁶	

Işık mikroskobu altında yapılan sayımlara göre spor sayısı en fazla 25°C de 8.38x10⁶ spor mL⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Sıcaklık arttıkça spor sayılarında da artış gözlemlenmiş sıcaklığın 25°C'nin altına inmesi ile veya 25°C üstüne çıkması ile yani optimum sıcaklıktan uzaklaşması sonucu konidi yoğunluğu azalmıştır. Konidi yoğunluğunun optimum sıcaklık koşullarından uzaklaşması ile düştüğü tespit edilse de farklı sıcaklık koşullarında üretilen konidi miktarının dolayısı ile yoğunluğunun herhangi bir bitkiyi enfekte etmek için yeterli olduğu görülmüştür. Buna benzer bulgular Dikilitaş (2003) tarafından da ifade edilmiş olup, NaCl koşullarında *Verticilium albo-atrum*'a ait azalan konidilerin yine de enfeksiyon yapabilme kabiliyetine sahip olduğunu ve domates bitkilerinde simptom oluşturacak seviyeye geldiğini rapor etmiştir. Fungal etmenin ekstrem koşullarda miselyal gelişmesi hız kaybetse bile, konidi üretiminin bu koşullarda bitki dayanıklılığının da düşeceği ön görüldüğünden patojenin enfeksiyon kapasitesinin artacağı düşünülmektedir. Virülenslik konusu, virülenslikle ilgili genler ile direkt ilişkili olduğundan patojenin ekstrem koşullarda gen ekspresyonu ve genlerin

aktivasyonu ile sentezlenen enzimlere bağlı olduğu bilindiğinden bu konunun ayrıca değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bununla birlikte bölgemizde Antepfıstığında hastalığın gelişimine sadece sıcaklığın değil aynı zamanda konukçu duyarlılığının da etki ettiği düşünülmektedir. Benzer biçimde yüksek sıcaklık ve konukçu duyarlılığının turunçgillerde Bortyosphaeriaceae üyesine ait türlerin Kaliforniya turunçgil bahçelerinde hastalıkları arttırdığı rapor edilmiştir (Adesemoye ve ark., 2014).

Güney Kaliforniyada yarı kurak alanlarda yetiştirilen bağlarda *N. dimidiatum*'un %15 oranında bulunduğu ve bu nedenle hastalığın epidemiyolojisinin belirlenmesi gerektiğini rapor etmişlerdir (Rolshausen ve ark., 2013). Benzer biçimde bölgemizde de hastalığın antepfıstıklarında enfeksiyon oranı %28.07-43.68 arasında değiştiği ve hastalığın epidemiyolojisinin belirlenmesinin öncelik arzettiği vurgulanmıştır (Kılınç ve ark., 2022).

Sonuç

Antepfıstığı, kayısı, badem, asma, incir, zeytin ve dut ağaçlarının ana dallarında meydana gelen derin kabuk çatlakları ve kanser gibi belirtilerden sorumlu olan *N. novaehollandiae* hastalık etmeni bu bölgede görülen yeni bir hastalık etmenidir.

Hastalık yönetimi için farklı sıcaklıklarda gelişme durumu değerlendirilmiş ve hastalık etmeninin oluşturduğu konidi miktarı hesaplanmıştır. Farklı sıcaklık değerlerine maruz bırakılan *Neoscytalidium* hastalığının yönetiminde en etkili mücadele zamanlarını belirlemek için yapılan bu çalışmada 15 °C'de hastalık etmeninin gelişmeye başladığı optimum gelişmenin ise 25-30°C aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Bu yüzden hava koşulları 15°C'ye yükselmeden önce ilk ilaçlamalar yapılmalıdır. Hastalık etmeninin sıcaklığın artmasıyla hastalık yapabilme kapasitesinin artması eş zamanlı olduğundan erken mücadele önem arz etmektedir.

En fazla sporun optimum sıcaklıkta yani 25°C'de 8.38×10^6 spor mL⁻¹ üretildiği tespit edilmiştir. Sıcaklığın optimum sıcaklığın üstüne çıkması ile konidi sayılarında azalma gözlenmiştir. Bu araştırma, problemin çözüm olanakları açısından bundan sonraki çalışmalara katkı sağlayacaktır. Fungusun sıcaklık tepkisi yanında kuraklık ve tuz stresi gibi diğer çevresel faktörlere ve pestisit toksisitesine tepkisi artan çevresel sorunlar içinde büyük önem arz etmektedir. Çünkü patolojik stres koşullarının gelecek periyotlarda tek başına tarımsal alanlarda etkili olmayacağı, abiyotik stres faktörleri ile etkileşime girerek daha fazla kayıplara yol açacağı tahmin edilmektedir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar Katkısı: Çalışma, Mehmet Ertuğrul GÜLDÜR tarafından tasarlanmış ve Berfin KILINÇ tarafından yürütülmüştür. Berfin KILINÇ makaleyi yazmış Murat DİKİLİTAŞ makaleyi okuyup gerekli düzeltmelerde bulunmuştur.

Kaynaklar

- Adesemoye, A. M. (2014). Identification of species of Botryosphaeriaceae Causing Bot Gummosis in Citrus in California. *Plant Disease*, 98:54-61.
- Alizadeh, M., Safaie, N., Shams-Bakhsh, M., & Mehrabadi, M. (2022). *Neoscytalidium novaehollandiae* causes dieback on *Pinus eldarica* and its potential for infection of urban forest trees. *Scientific Reports*, 12(1), 9337.
- Berka, R. M., Grigoriev, IV., Otilar, R., Salamov, A., Grimwood, J., Reid, I., Ishmael, N., John, T., Darmond, C., Moisan, M-C., Henrissat, B., Coutinho, P. M., Lombard, V., Natvig, D. O., Lindquist, E., Schmutz, J., Lucas, S., Harris, P., Powlowski, J., Bellemare, A., Taylor, D., Butler, G., de Vries, R. P., Allijn, I. E., van den Brink, J., Ushinsky, S., Storms, R., Powell, A. J., Paulsen, I. T., Elbourne, L. D. H., Baker, S. E., Magnuson, J., La Boissiere, S., Clutter buck, A. J., Martinez, D., Wogulis, M., Lopez de Leon, A., Rey, M. W., & Tsang A. (2011). Comparative genomic analysis of the thermophilic biomass-degrading fungi *Myceliophthora thermophila* and *Thielavia terrestris*. *Nat Biotech* 29:922–927, doi:10.1038/nbt.1976
- Brito, A. C. Q., De Mello, J. F., Câmara, M. P. S., Vieira, J. C. B., Michereff, S. J., Souza-Motta, C. M., & Machado, AR (2020). Diversity and pathogenicity of Botryosphaeriaceae species associated with black root rot and stem cutting dry rot in *Manihot esculenta*, Brazil. *European Journal of Plant Pathology*, 157, 583-598.
- Chuang, M. F., Yang, H. R., Shu, S. L., & Lai, S. Y. (2012). First report of stem canker disease of pitaya (*Hylocereus undatus* and *H. polyrhizus*) caused by *Neoscytalidium dimidiatum* in Taiwan. *Plant Dis* 96:906. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-11-0689-PDN>
- Derviş, S., Özer, G., & Türkölmez, Ş. (2020). First report of *Neoscytalidium novaehollandiae* causing stem blight on tomato in Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 102(4), 1339-1340.
- Dikilitas, M. (2003). *Effect of salinity and its interactions with Verticillium albo-atrum on the disease development in tomato (Lycopersicon esculentum Mill) and lucerne (Medicago sativa L and M. media) plants*. Swansea University (United Kingdom).
- Ezra, D., Liarzi, O., Gat, T., Hershovich, M., Dudai, M. (2013). First report of internal black rot caused by *Neoscytalidium dimidiatum* on *Hylocereus undatus* (Pitahaya) fruit in Israel. *Plant Dis* 97:1513. <https://doi.org/10.1094/pdis-05-13-0535-pdn>
- Fischer, I. H., Lourenço, S. A., Martins, M. C., Kim, A. T. H., & Amorim L (2005). Selection of resistant plant sand fungicides for the control of passion fruit collar rot, caused by *Nectria haematococca*. *Fitopatologia Brasileira* 30:250–258.
- Gusella, G., Fiore, G., Vitale, A., Felts, D. G., & Michailides, T. J. (2023). New findings on the effects of different factors involved in fig limb dieback caused by *Neoscytalidium dimidiatum* in California. *European Journal of Plant Pathology*, 1-9.
- Hohenfeld, C. S., Santana, M. P., Junior, L. R. C., de Oliveira, E. J., & de Oliveira, S. A. S. (2018). Modelling growth characteristics and aggressiveness of *Neoscytalidium hyalinum* and *Fusarium solani* associated with black and dry root rot diseases on cassava. *Tropical Plant*

- Pathology*, 43, 422-432. Kılınc, B., Güldür, M., & Dikilitaş, M. (2022). Şanlıurfa ilinde Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) ağaçlarında *Neoscytalidium novaehollandiae*'nin bulaşıklık oranının belirlenmesi, morfolojik ve genetik karakterizasyonu. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(1), 25-39.
- Leavitt, G. M., (1990). *The occurrence, distribution, effect and control of Botryodiplodia theobromae on Vitis vinifera in California, Arizona, and northern Mexico*. Ph.D. dissertation, University of California, Riverside.
- Louzada, G. A. S., Carvalho, D. D. C., Mello, S. C. M., Lobo Júnior, M., Martins, I., & Braúna, L. M. (2009). Antagonist potential of *Trichoderma* spp. From distinct agricultural ecosystems against *Sclerotinia sclerotiorum* and *Fusarium solani*. *Biota Neotropica* 9:145–149.
- Madrid, H., Ruiz-Cendoya, M., Cano, J., Stchigel, A., Orofino, R., & Guarro, J. (2009). Genotyping and in vitro antifungal susceptibility of *Neoscytalidium dimidiatum* isolates from different origins. *Int J Androl* 34:351–354. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2009.05.006>
- Mayorquin, J. S., Wang, D. H., Twizeyimana, M., & Eskalen, A. (2016). Identification, distribution, and pathogenicity of Diatrypeaceae and Botryosphaeriaceae associated with citrus branch canker in the southern California desert. *Plant Disease*, 100(12), 2402-2413.
- Mohd, M. H., Salleh, B., Zakaria, L. (2013). Identification and molecular characterizations of *Neoscytalidium dimidiatum* causing stem canker of red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) in Malaysia. *J Phytopathol* 161:841–849. <https://doi.org/10.1111/jph.12146>
- Morgenstern, I., Powlowski, J., Ishmael, N., Darmond, C., Marqueteau, S., Moisan, M-C., Quenneville, G., & Tsang, A. (2012). A molecular phylogeny of thermophilic fungi. *Fungal Biol* 116:489–502, doi:10.1016/j.funbio.2012.01.010
- Onyeka, T. J., Dixon, A. G. O., & Ekpo, E. J. A. (2005). Field evaluation of root rot disease and relationship between disease severity and yield in cassava. *Experimental Agriculture* 41:357–363.
- Ören, E., Koca, G., Gencer, R., & Bayraktar, H. (2020). First report of *Neoscytalidium novaehollandiae* associated with stem canker and branch dieback of almond trees. *Australasian Plant Disease Notes*, 15, 1-3.
- Pavlic, D., Wingfield, M. J., Barber, P., Slippers, B., Hardy, G. E., & Burgess, T. I. (2008). Seven new species of the Botryosphaeriaceae from baobab and other native trees in Western Australia. *Mycologia* 100:851– 866. <https://doi.org/10.3852/08-020>
- Polizzi, G., Aiello, D., Vitale, A., Giuffrida, F., Groenewald, Z., & Crous, P. W. (2009). First report of shoot blight, canker, and gummosis caused by *Neoscytalidium dimidiatum* on citrus in Italy. *Plant Dis* 93: 1215. <https://doi.org/10.1094/PDIS-93-11-1215A>
- Powell, A. J., Odenbach K. J., Bustamante, J. M., Ricken, B., Hutchinson, M. I., & Natvig DO. (2012). Thermophilic fungi in an arid land ecosystem. *Mycologia* 104:813– 825, doi:10.3852/11-298
- Raspor, P., & Zupan, J. (2006). Yeasts in extreme environments. In: Rosa C, Ga'bor P, eds. *They east handbook: biodiversity and ecophysiology of yeasts*. Heidelberg: Springer Berlin. p 371–417, doi:10.1007/3-540-30985-3_15
- Ray, J. D., Burgess, T., & Lanoiselet, V. M. (2010). First record of *Neoscytalidium dimidiatum* and *N. novaehollandiae* on *Mangifera indica* and *N. dimidiatum* on *Ficus carica* in Australia. *Australasian Plant Disease Notes*, 5(1), 48-50.
- Reis, E. M., Casa, R. T., & Bianchin, V. (2011). Control of plant disease by crop rotation. *Summa Phytopathologica* 37:85–91.
- Rolshausen, P. A., (2013). First Report of Wood canker caused by *Neoscytalidium dimidiatum* on Grapevine in California. *Plant Disease*, 97:1511.
- Sadowsky, A., Solel, Z., & Szejnberg, A., (2007). Effect of heat-stress predisposition on the development of *Scytalidium* wilt of 'Star Ruby' grapefruit, caused by *Scytalidium lignicola*. *Eur. J. Plant Pathol.*, 117:123-127.
- Tansey, M. R., & Brock, T. D. (1972). The upper temperature limit for eukaryotic organisms. *Proc Natl Acad Sci USA* 69: 2426–2428, doi:10.1073/pnas.69.9.2426
- Ubalua, A. O., & Oti, E. (2007). Antagonistic properties of *Trichoderma viride* on post-harvest cassava root rot pathogens. *African Journal of Biotechnology* 6:2447–2450.
- Urbez-Torres, J. R. (2011). The status of Botryosphaeriaceae species infecting grapevines. *Phytopathol., Mediterr.*, 50:5-45.
- Yi, R. H., Lin, Q. L., Mo, J. J., Wu, F. F., & Chen, J. (2015). Fruit internal brown rot caused by *Neoscytalidium dimidiatum* on pitahaya in Guang dong province, China. *Australas Plant Dis. Notes* 10:13. <https://doi.org/10.1007/s13314-015-0166-1>