

Farklı Konukçulardan Elde Edilen *Botryosphaeriaceae* İzolatlarında Sıcaklığa Bağlı Miseliyal Gelişim ve Kardinal Sıcaklıkların Belirlenmesi

Melike VERNEZ¹, **Hakan ŞİMŞEK¹**, **Seher BENLİOĞLU²**

¹Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Aydın, TÜRKİYE

²Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Aydın, TÜRKİYE

Öz: Bu çalışmada, *Botryosphaeriaceae* familyasına ait *Botryosphaeria dothidea* (ceviz, badem, zeytin, bağ), *Neofusicoccum mediterraneum* (ceviz, badem), *Neofusicoccum parvum* (ceviz, zeytin, bağ) ve *Dothiorella sarmentorum* (badem) türlerine ait 11 izolatın farklı sıcaklık aralıklarındaki miseliyal gelişimleri incelenmiş ve kardinal sıcaklık değerleri (T_{min} , T_{opt} , T_{max}) belirlenmiştir. İzolatlar, 5–40°C arasındaki sekiz farklı sıcaklıkta yetiştirilmiş, koloni çapları ölçülmüş ve sıcaklığa bağlı gelişim parametreleri Analytis Beta modeli kullanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca, izolatların miseliyal gelişme oranları karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, izolatlar arasında optimum ve maksimum gelişme sıcaklıkları ile büyüme hızları bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. En yüksek optimum sıcaklık değeri 33.2°C ile bir *B. dothidea* izolatında tespit edilirken, *N. mediterraneum* izolatlarının 28.4–29.7°C arasında nispeten yüksek optimum sıcaklıklara sahip olduğu gözlemlenmiştir. *Neofusicoccum* türleri, genel olarak en yüksek miseliyal gelişme oranlarını sergilemişlerdir. Buna karşılık, *D. sarmentorum* en düşük optimum ve maksimum sıcaklık değerlerini göstermiştir. Elde edilen bulgular, *Neofusicoccum* türlerinin sıcak koşullara daha yüksek adaptasyon kapasitesine sahip olduğunu ve iklim değişikliğinin etkisiyle hastalık risklerinin potansiyel olarak artabileceğini desteklemektedir. Elde edilen termal parametrelerin, hastalık tahmin modellerinin geliştirilmesinde ve sürdürülebilir mücadele stratejilerinin oluşturulmasında faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Botryosphaeriaceae*, miseliyal gelişim, sıcaklık, *in-vitro*, Analytis Beta model

Temperature-Dependent Mycelial Growth and Cardinal Temperatures of Botryosphaeriaceae Isolates from Different Host Plants

Abstract: In this study, the mycelial growth of 11 isolates belonging to the *Botryosphaeriaceae* species *Botryosphaeria dothidea* (walnut, almond, olive, grapevine), *Neofusicoccum mediterraneum* (walnut, almond), *Neofusicoccum parvum* (walnut, olive, grapevine), and *Dothiorella sarmentorum* (almond) was evaluated under varying temperature regimes. The cardinal temperatures (T_{min} , T_{opt} , and T_{max}) of the isolates were determined. The isolates were cultured at eight temperatures ranging from 5 to 40°C, and colony diameters were measured. Temperature-dependent growth parameters were estimated using the Analytis Beta model. Additionally, mycelial growth rates of the isolates were calculated and compared. The results revealed statistically significant differences among isolates in optimum and maximum growth temperatures, as well as growth rates. The highest optimum temperature (33.2°C) was recorded for a *B. dothidea* isolate, while *N. mediterraneum* isolates exhibited relatively high optimum temperatures ranging from 28.4 to 29.7°C. Overall, *Neofusicoccum* species displayed the highest mycelial growth rates. In contrast, *D. sarmentorum* exhibited the lowest optimum and maximum temperature values. These findings support that *Neofusicoccum* species possess a greater capacity for adaptation to warm conditions and suggest that disease risks associated with these pathogens may increase under climate change scenarios. The thermal parameters obtained in this study may contribute to the development of disease forecasting models and the design of sustainable disease management strategies.

Keywords: *Botryosphaeriaceae*, mycelial growth, temperature, *in-vitro*, Analytis Beta model

GİRİŞ

Botryosphaeriaceae familyasına ait patojenler, kutup bölgeleri hariç dünyanın tüm coğrafi bölgelerinde yayılış gösteren; patojen, endofit veya saprofit karakterli fungusları içeren, morfolojik olarak çeşitlilik gösteren bir gruptur (Phillips ve ark., 2013). Binden fazla konukçu spektrumuna sahip olan bu familya; başta badem, ceviz, antep fıstığı, zeytin, bağ ve turuncgiller olmak üzere tarım ve ormancılıkta ticari öneme sahip pek çok odunsu bitkide enfeksiyon oluşturmaktadır (Mehl ve ark., 2013; Phillips ve ark., 2013). Günümüzde bu familya içerisinde, sert kabuklu meyveler ve zeytinde patojenitesi tanımlanmış *Botryosphaeria*, *Diplodia*, *Dothiorella*, *Lasiodiplodia*, *Neofusicoccum*, *Neoscytalidium*

ve *Macrophomina* 'nın da dahil olduğu 17 cins ve 150'den fazla tür yer almaktadır (Moral ve ark., 2019).

Uzun yıllar para patojeni olarak kabul edilen bu funguslar, son araştırmalarla birlikte stres koşulları oluşana dek sağlıklı dokularda latent kalabilen endofitik organizmalar olarak tanımlanmıştır (Marsberg ve ark., 2017). Bitkilerde; gövde ve kalın dalların odun dokusunda "V" şeklinde kahverengi renk değişimi, iletim demetlerinde tıkanıklık, geriye doğru ölüm, yanıklık ve zamklanma gibi tipik belirtilere yol açmaktadırlar

***Sorumlu Yazar:** sbenlioglu@adu.edu.tr

Geliş Tarihi: 04 Haziran 2026

Kabul Tarihi: 01 Temmuz 2026

(Kayim ve ark., 2015; Endes ve ark., 2016; Akgül ve ark., 2015). Özellikle son on yılda Avrupa genelinde bu hastalıklarda görülen artışın temel nedenlerinden birinin iklim değişikliği olduğu düşünülmektedir (Zlatkovic ve ark., 2016).

Hastalık epidemiyolojisinde, inokulum yoğunluğu, patojenin virülansı ve konukçu duyarlılığının yanı sıra iklim koşulları da temel çevresel faktörlerden biridir. Enfeksiyon döngüsü, spor çimlenmesi için gerekli olan serbest su (veya >%90 bağıl nem) ve birçok tür için uygun sıcaklık (10-35 °C) durumunda sezon boyunca devam edebilmektedir (Moral ve ark., 2019). Literatürde, spor çimlenmesi için optimal sıcaklıklar 25-30 °C olarak kabul edilse de, bu değerlerin türe ve izolatin coğrafi kökenine göre varyasyon gösterdiği bildirilmiştir. Örneğin, zeytinden elde edilen *B. dothidea* izolatlarının konidial çimlenmesi için optimum sıcaklığın 30 °C olması, bu patojenin sıcak iklimlere adaptasyonunu kanıtlar niteliktedir (Moral ve ark., 2019). Ayrıca, Antep fıstığından elde edilen *Neofusicoccum mediterraneum* izolatlarının piknidiosporlarının sıklıkla >36°C'de çimlenmesine rağmen koloni oluşturamadığı saptanmıştır. Antep fıstıklarında yapılan bu çalışmada sıcaklık artışının hastalıklı dokulardaki piknit sayısını doğrusal olarak artırdığı ve ilkbahar sonu/yaz başı dönemindeki ani sıcaklık yükselmelerinin salgın çökmesi gibi şiddetli belirtilere neden olduğu bilinmektedir (Moral ve ark., 2019).

Botryosphaeriaceae familyası, geniş konukçu aralığı ve latent enfeksiyon stratejileri nedeniyle özellikle odunsu bitkilerde önemli ekonomik kayıplara yol açan fırsatçı patojenler olarak tanımlanmaktadır. Bu patojenlerin stres koşulları altında (kuraklık, sıcaklık artışı, mekanik yaralanmalar) aktive olduğu ve hastalık şiddetinin bu faktörlerle yakından ilişkili olduğu

Çizelge 1. Denemede kullanılan izolatların türü ve elde edildiği kültür bitkileri

İzolat No	Tür	İzole edilen konukçu	Orijin
Boz-7B	<i>Botryosphaeria dothidea</i>	Ceviz	Yıldız ve ark., 2022
Boz-2M	<i>Botryosphaeria dothidea</i>	Zeytin	Tabaklı, 2019
Bms 1/1b	<i>Botryosphaeria dothidea</i>	Badem	Erdem, 2020
1B158	<i>Botryosphaeria dothidea</i>	Bağ	Prof. Dr. D. Soner Akgül
1B83	<i>Neofusicoccum parvum</i>	Bağ	
1B86	<i>Neofusicoccum parvum</i>	Bağ	
Sul-7	<i>Neofusicoccum parvum</i>	Ceviz	
Kar-4M	<i>Neofusicoccum parvum</i>	Zeytin	Yıldız ve ark., 2022
Sul-2	<i>Neofusicoccum mediterraneum</i>	Ceviz	Tabaklı, 2019
Byz2/2	<i>Neofusicoccum mediterraneum</i>	Badem	Yıldız ve ark., 2022
BH1/3C	<i>Dothiorella sarmentorum</i>	Badem	Erdem, 2020

Metot

Çalışma, 5-40 °C arasında beşer derecelik aralıklardaki (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 ve 40 °C) 8 ayrı sıcaklığa ayarlanmış inkübatörde yürütülmüştür. Mikoloji laboratuvarlarının

bilinmektedir. Nitekim Akdeniz iklim kuşağında yapılan çalışmalar, sıcaklık artışı ve su stresi ile birlikte *Botryosphaeriaceae* kaynaklı geriye doğru ölüm (dieback) ve zamklanma (gummosis) hastalıklarının yaygınlığının arttığını göstermektedir (Endes ve ark., 2016; Endes ve Kayim, 2022; Kayim ve ark., 2025). Bu durum, iklim değişikliğinin etkisiyle bu patojenlerin gelecekte daha büyük bir tehdit oluşturabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, *Botryosphaeriaceae* türlerinin virülansı ve çevresel faktörlerle etkileşimleri türler arasında önemli farklılıklar göstermektedir. Özellikle sıcaklığa bağımlı büyüme modelleri ve optimum gelişme sıcaklıklarının belirlenmesi, farklı türlerin ekolojik adaptasyonları ve hastalık epidemiyolojisinin anlaşılmasında kritik öneme sahiptir.

Bu çalışma, zeytin, ceviz, badem ile bağdan izole edilmiş ve tanımlanmış farklı *Botryosphaeriaceae* türlerine ait izolatların *in-vitro* koşullarda farklı sıcaklıklardaki miseliyal gelişimlerini ve Analytis Beta Modeli kullanarak kardinal sıcaklık derecelerini (T_{min} , T_{opt} , T_{max}) belirlemek amacıyla ele alınmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Çalışmada kullanılan fungal materyal, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü'nde yürütülen tez ve projeler ile Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü'nde Prof. Dr. D. Soner Akgül'den temin edilmiştir. Aşağıda Çizelge 1'de verilen izolatlar daha önce morfolojik ve moleküler olarak tanımlanmış, *Botryosphaeriaceae* familyasında yer alan *Botryosphaeria dothidea* (Bd), *Neofusicoccum mediterraneum* (Nm), *Neofusicoccum parvum* (Np), ve *Dothiorella sarmentorum* (Ds) türlerine aittir.

kültür stoklarında -20°C' de kâğıt disklerde saklanan izolatlar (Çizelge 1), Patates Dekstrozu Agar (PDA) içeren 9 cm çapındaki petrilere inokule edilmiş ve 24°C'de sürekli karanlıkta 3 gün geliştirilmiştir. Besiyerinde gelişen

izolatların koloni kenarlarından mantar delici yardımıyla alınan 4 mm çapındaki disk, öze yardımıyla denemede kullanılan PDA besi ortamına inokule edilmiştir. İnokule edilen petrilere yukarıda belirtilen sıcaklıklara ayarlanan inkübatörde 3 gün inkübasyona bırakılmış ve üçüncü günün sonunda izolatlara ait koloni çapları her besiyerinde birbirine dik iki eksenden kumpas yardımıyla ölçülmüş ve ortalama koloni çapı hesaplanarak veriler kaydedilmiştir.

Deneme Deseni ve İstatistiksel Değerlendirme

Deneme, Tesadüf Parselleri Deneme Deseni'ne göre 4 farklı türe ait 11 izolat, 8 ayrı sıcaklık derecesinde 3 tekerrürlü olacak şekilde yürütülmüş ve elde edilen veriler JMP 19.1 (MacOs akademik versiyon) istatistik programı ile değerlendirilmiştir.

Denemede izolatlara ait optimum sıcaklık dereceleri (T_{opt}) JMP 19.1 bilgisayar programında "Analytis Beta modeli" kullanılarak aşağıdaki parametreler; Y (Standart gelişme oranı), T_{min} (Minimum gelişme sıcaklığı), T_{max} (Maksimum gelişme sıcaklığı), T_{opt} (Optimum gelişme sıcaklığı), d (Ölçekleme sabiti), a (Gelişme şekli parametresi), b (Azalma şekli parametresi) dikkate alınarak hesaplanmıştır. Analytis Beta modeli hesaplamalarında ve T_{opt} değerlerinin belirlenmesinde aşağıdaki formüller kullanılmıştır (Lopez-Moral ve ark., 2017).

$$Y = d \times (T - T_{min})^a \times (T_{max} - T)^b \quad T_{opt} = (a \times T_{max}) + (b \times T_{min}) / a + b$$

Denemede kullanılan 11 izolatın dairesel büyüme hızını (mm/gün) hesaplamak için Miseliyal Gelişme Oranı (mm/gün) = (Koloni çapı – miseliyal disk çapı) x 10 / Gün sayısı x 2 formülünden yararlanılmıştır (Chandel ve ark., 2024). Bu formüle göre belirlenen miseliyal büyüme oranları ve izolatların optimum gelişme değerleri arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans analizi ($p=0.05$), ortalamalarının karşılaştırılması ise Tukey HSD testi ile belirlenmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

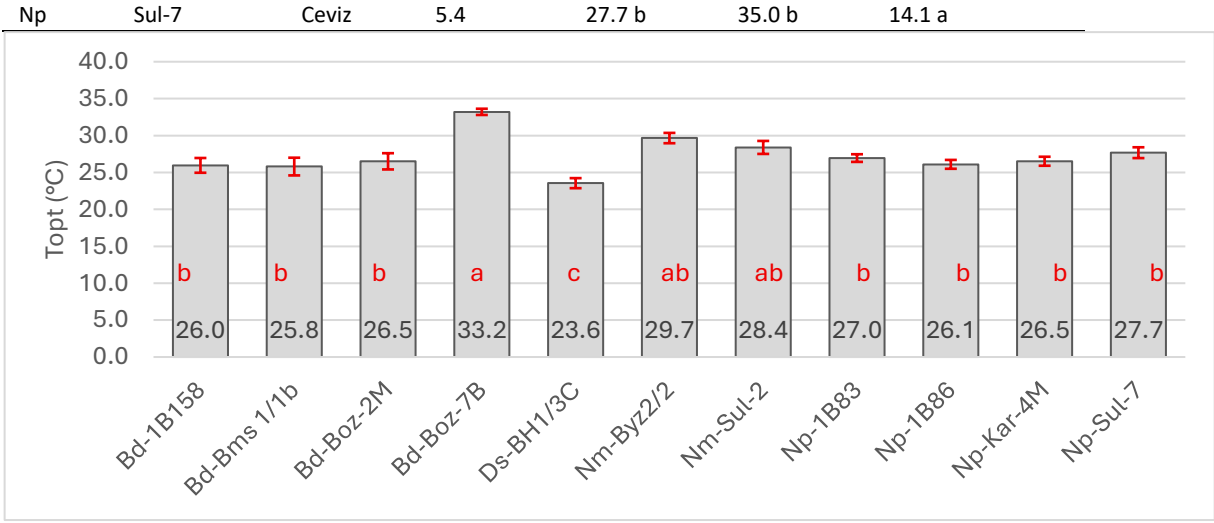
Botryosphaeriaceae familyasında dört farklı türe ait 11 izolatın, 5-40 °C arasında 8 farklı sıcaklık derecesindeki

verilerinin analizi sonunda elde edilen bulgular Çizelge 2'de verilmiştir. Optimum sıcaklıklar, tekrarlanan büyüme verilerine uyarlanan Analytis Beta modeli kullanılarak belirlenmiş ve izolatlarda arasında hem T_{opt} hem de T_{max} için istatistiki olarak farklılıklar saptanmıştır (tek yönlü varyans analizi, $p < 0.0001$). Sonuçların değerlendirilmesinde kullanılan bu modelin özellikle sıcaklık arttıkça miseliyal gelişmenin yavaşladığı ancak optimum sıcaklıkları geçtikten sonra çok hızlı bir şekilde ölümün gerçekleştiği, funguslara özgü tipik "asimetrik" gelişme gösteren organizmalar için en doğru yöntem olduğu belirtilmektedir (Martino ve ark., 2024).

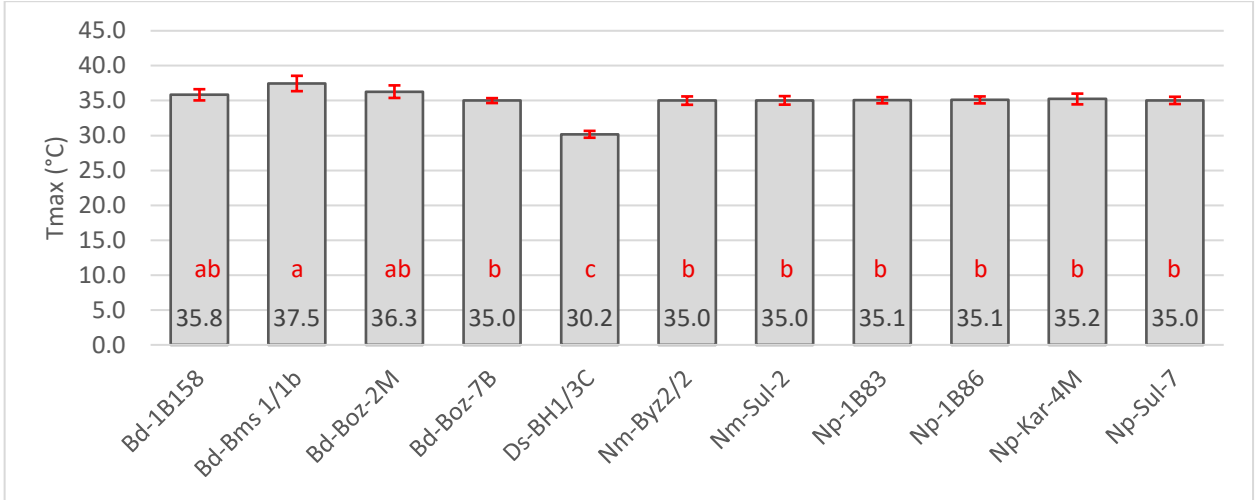
Optimum sıcaklıklar (T_{opt}) açısından en yüksek değerin 33.2°C ile Boz-7B (Bd) izolatına ait olduğu ve bunu sırasıyla 29.7°C ve 28.4°C ile *N. mediterraneum* türüne ait Byz2/2 ve Sul-2 izolatlarının izlediği ve bunları da *N. parvum* (Sul-7, 1B83, Kar-4M ve 1B86) ve diğer *B. dothidea* izolatlarının (Boz-2M, 1B158, Bms1/1b) takip ettiği belirlenmiştir. En düşük optimum sıcaklık değerinin 23.6°C ile *D. sarmentorum* (BH1/3C izolatı)'a ait olduğu görülmüştür (Çizelge 2, Şekil 1). Maksimum sıcaklıklar açısından istatistiki olarak en yüksek değerlerin *B. dothidea* türüne ait Bms1/1b, Boz-2M ve 1B158 izolatların da (sırasıyla 37.5°C, 36.3°C ve 35.8°C) belirlendiği görülmektedir. Bunu 35.0-35.2°C maksimum sıcaklık dereceleri diğer *B. dothidea* izolatı (Boz-7B) ile *N. parvum* ve *N. mediterraneum* türleri izlemektedir. En düşük maksimum sıcaklığa sahip tür *D. sarmentorum* olarak kaydedilmiştir (Çizelge 2, Şekil 2). Çizelge 2'de ayrıca her izolatın inokülasyondan 3 gün sonra kaydedilen ortalama miseliyal gelişmelerine göre hesaplanan ortalama Miseliyal Gelişim Oranlarında (MGO mm/gün) da anlamlı farklılıklar saptanmıştır (tek yönlü varyans analizi, $p < 0.0001$). Çalışmada saptanan MGO açısından en üstteki istatistiki grubu *Neofusicoccum* türleri oluşturmuş, bu da optimum koşullar altında büyüme kapasitesinin yüksek olduğunu doğrulamaktadır. *B. dothidea* izolatları ise daha fazla değişkenlik ve genel olarak daha düşük performans sergilemiştir (Çizelge 2, Şekil 3).

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan *Botryosphaeriaceae* familyasına ait izolatların hesaplanan ortalama kardinal sıcaklık (T_{min} , T_{opt} , ve T_{max}) değerleri ve ortalama dairesel büyüme hızları

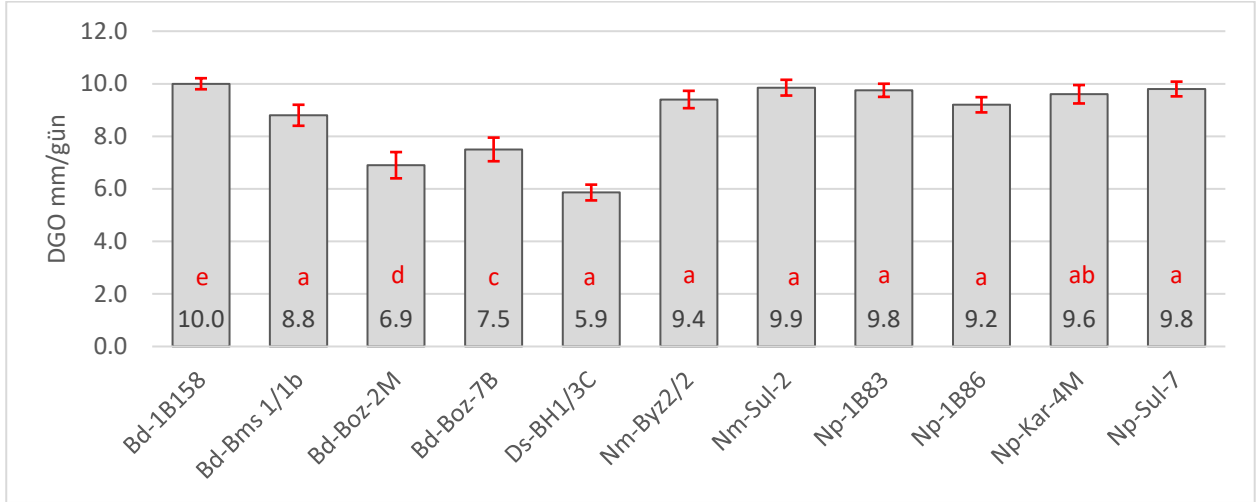
Türler	İzolatlar	Konukçu	T_{min} (°C)	T_{opt} (°C)	T_{max} (°C)	MGO mm/gün
Bd	1B158	Bağ	3.6	26.0 b	35.8 ab	10.0 e
Bd	Bms 1/1b	Badem	0.0	25.8 b	37.5 a	14.3 a
Bd	Boz-2M	Zeytin	0.0	26.5 b	36.3 ab	10.6 d
Bd	Boz-7B	Ceviz	3.8	33.2 a	35.0 b	12.0 c
Ds	BH1/3C	Badem	0.0	23.6 c	30.2 c	14.3 a
Nm	Byz2/2	Badem	2.1	29.7 ab	35.0 b	13.8 a
Nm	Sul-2	Ceviz	0.0	28.4 ab	35.0 b	14.3 a
Np	1B83	Bağ	2.6	27.0 b	35.1 b	14.2 a
Np	1B86	Bağ	8.7	26.1 b	35.1 b	14.2 a
Np	Kar-4M	Zeytin	7.7	26.5 b	35.2 b	13.2 ab



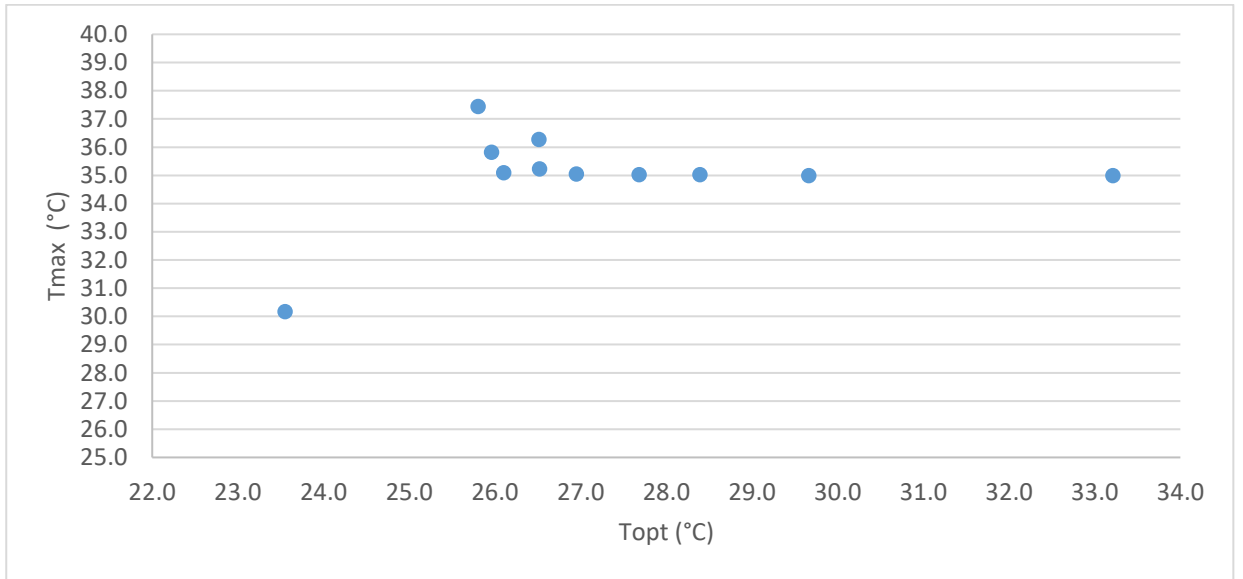
Şekil 1. Denemede kullanılan izolatların Analytis beta modeli ile saptanan ortalama T_{opt} (°C) değerleri. Sütun içindeki değerler üç tekerrür ortalamasıdır. Her sütunda aynı harfi taşıyan değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Tukey HSD testi (tek yönlü varyans analizi $p<0.0001$). Sütunlar üzerindeki barlar Standart hata aralıklarını göstermektedir. *Bd-Botryosphaera dothidea*, *Np-Neofusicoccum parvum*, *Nm-Neofusicoccum mediterraneum*, *Ds-Dothiorella sarmentorum*



Şekil 2. Denemede kullanılan izolatların Analytis beta modeli ile saptanan ortalama T_{max} (°C) değerleri. Sütun içindeki değerler üç tekerrür ortalamasıdır. Her sütunda aynı harfi taşıyan değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Tukey HSD testi (tek yönlü varyans analizi $p<0.0001$). Sütunlar üzerindeki barlar Standart hata aralıklarını göstermektedir. *Bd-Botryosphaera dothidea*, *Np-Neofusicoccum parvum*, *Nm-Neofusicoccum mediterraneum*, *Ds-Dothiorella sarmentorum*



Şekil 3. Denemede kullanılan izolatların dairesel günlük ortalama gelişme oranları (mm/gün). Sütun içindeki değerler üç tekrerrör ortalamasıdır. Her sütunda aynı harfi taşıyan değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Tukey HSD testi (tek yönlü varyans analizi $p < 0.0001$). Sütunlar üzerindeki barlar Standart hata aralıklarını göstermektedir. *Bd-Botryosphaera dothidea*, *Np-Neofusicoccum parvum*, *Nm-Neofusicoccum mediterraneum*, *Ds-Dothiorella sarmentorum*



Şekil 4. Denemede kullanılan *Botryosphaeriaceae* izolatlarının Analytis Beta modeli ile saptanan ortalama T_{opt} (°C) değerleri ve maksimum sıcaklığı (T_{max}) arasındaki ilişki

Denemede kullanılan izolatlara ait Çizelge 2'deki T_{opt} ve T_{max} değerleri arasındaki ilişki Şekil 4'te gösterilmiştir (Şekil 4). Şekil 4'de her nokta ayrı bir izolatu temsil etmektedir. Grafikteki noktalar dikkate alındığında T_{max} değerlerinin çoğu izolat için ~ 35 °C civarında sıkıca kümelenmiş olduğu görülmektedir. Buna karşılık T_{opt} daha fazla değişkenlik göstermiştir (23.6-33.2 °C). Bu da bize denemede kullanılan izolatların maksimum sıcaklık düzeyinin oldukça sabit ancak optimum sıcaklık düzeylerinin değişken olup mevsimsel ve bölgesel açıdan farklılık gösterebileceklerini ifade etmektedir.

Bu çalışma, *Botryosphaeriaceae* izolatları arasında T_{min} , T_{opt} , T_{max} sıcaklıklar ve miseliyal gelişim açısından türler arası ve tür içinde belirgin farklılıklar olduğunu göstermektedir. Elde edilen veriler *Neofusicoccum* türlerinin genellikle *Botryosphaeria dothidea* ve *Dothiorella sarmentorum*'a oranla daha yüksek büyüme oranlarına sahip olduklarını göstermiştir. Bulgularımız, *N. mediterraneum* ve *N. parvum* 'un *Botryosphaeriaceae* kompleksinin termal olarak en iyi uyum sağlayan üyeleri arasında olduğunu bildiren önceki çalışmalarla örtüşmektedir (Moral ve ark., 2010; Ürbez-Torres ve ark., 2013). Özellikle, bu çalışmada gözlemlenen nispeten yüksek optimum sıcaklıklar ($T_{opt} \approx 26-30$ °C) ve T_{max} değerleri (~ 35 °C), bu patojenlerin sıcak Akdeniz iklimlerine

iyi uyum sağlamış ekolojik karakterizasyonu ile örtüşmektedir. Akdeniz iklimine sahip alanlarda iklim değişiklikleri konusunda yapılan modellemeler, özellikle yaz aylarında hava sıcaklıklarında önemli bir artışın olabileceğini ve birçok üründe kuraklık stresine bağlı olarak bu patojenlere olan duyarlılığın artabileceğine işaret etmektedir (Martino ve ark., 2024).

Neofusicoccum izolatlarının büyüme performansı ve özellikle hastalık oluşturma yetenekleri açısından baskın durumda olabileceği, diğer konukçulardan elde edilen deneysel ve epidemiyolojik bulgular ile de desteklenmektedir. Örneğin, yaban mersinini enfekte eden *N. parvum*'un *Botryosphaeriaceae* türleri arasında en yüksek büyüme oranlarına ve patojeniteye sahip olduğu ve hastalık şiddetinin daha yüksek sıcaklıklarda önemli ölçüde arttığı gösterilmiştir (Martino ve ark., 2024).

Bu çalışmada *B. dothidea* için gözlemlenen nispeten daha düşük büyüme oranları ve azalmış termal optimum sıcaklık değerleri (Boz-7B hariç), bu türlerin genellikle daha az agresif veya fırsatçı patojenler olduğunu gösteren önceki raporlarla da uyumludur. *B. dothidea*, yaygın olarak dağılmış ve uygun koşullar altında hastalığa neden olmasına rağmen, *Neofusicoccum* türlerine kıyasla genellikle daha az virülent olarak kabul edilmektedir (Moral ve ark., 2010). Benzer şekilde, *Dothiorella* türleri, özellikle stres altındaki konukçularda, sıklıkla zayıf patojen veya ikincil kolonizasyon ile ilişkilendirilmektedir (Lopez-Moral ve ark., 2020). Son yıllarda yapılan bir çalışmada Petrovič ve ark. (2024) *Dothiorella sarmentorum* 'un diğer birçok *Botryosphaeriaceae* türüne oranla serin iklimleri tercih eden bir patojen olduğunu, optimum gelişme sıcaklığının genellikle 25°C civarında ve sıcaklığın 30°C'e yükseldiği koşullarda da bu türün büyüme hızında çok ciddi düşüşlerin saptandığını ifade etmiştir.

T_{min} değerleri, izolatlar arasında T_{max} değerlerine göre daha fazla değişkenlik göstererek, izolatların daha soğuk koşullar altında gelişme açısından farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Çizelge 2'deki veriler dikkate alındığında *Botryosphaeriaceae* izolatlarının çoğu düşük T_{min} değerleri (yaklaşık 2–6 °C) sahip olduğu dikkati çekmektedir. Bu da büyümenin ılıman kış ve erken ilkbahar dönemlerinde başlayabileceği ve bu türlerin ılıman ve Akdeniz ortamlarına adaptasyonu göstermektedir. Genel olarak, Büyüme hızları dikkate alındığında T_{min}, değerlerinin izolatların farklılaşması açısından T_{opt} veya T_{max} değerlerine göre radyal büyüme hızını daha düşük oranda etkileyebileceği görülmektedir (Çizelge 2).

Aynı tür içindeki izolatlar arasında gözlemlenen kardinal sıcaklıklardaki değişkenlik, patojen ekolojisini şekillendirmede tür içi çeşitliliğin önemini daha da vurgulamaktadır. Bu tür değişkenlik önceki çalışmalarda

bildirilmiş olup genellikle coğrafi köken, konukçuya özelleşme ve çevresel adaptasyonla bağlantılı olduğu ifade edilmiştir (Úrbez-Torres ve ark., 2013). Sıcaklık aralıklarının ve mikroklima koşullarının önemli ölçüde değiştiği Akdeniz tarım ekosistemlerinde, bu çeşitlilik bölgeler ve çeşitler arasında farklı hastalık dinamiklerine de yol açabilir (López-Moral ve ark., 2017).

Konukçu-patojen-çevre etkileşimlerinin rolünün *Botryosphaeriaceae* hastalıkları bağlamında önemli olduğu bilinmektedir. Bu fungusların endofit olarak yaşamını sürdürme ve özellikle kuraklık ve yüksek sıcaklık gibi stres koşulları altında hastalık oluşturma yetenekleri iyi bilinmektedir (Martino ve ark., 2024).

Türkiye'den elde edilen bulgular bu konunun ekolojik önemini daha da desteklemektedir. Nitekim, *N. parvum*, *Diplodia seriata* ve *B. dothidea* dahil olmak üzere *Botryosphaeriaceae* familyasına ait patojenler, özellikle çevresel stres koşulları altında, badem, erik ve kayısı bahçelerinde kuruma, zamklanma ve kanser hastalıklarıyla yaygın olarak ilişkilendirilmiştir (Kayim ve ark., 2015; Endes ve Kayim, 2022; Endes, 2024; Kayim ve ark., 2025). Bu patojenlerin genç bahçelerde ve stres altındaki ağaçlarda sıklıkla görülmesi, iklimsel ve agronomik faktörlerin hastalığın ortaya çıkışında ve şiddetinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca, çok sayıda konukçuda birden fazla türün de bir arada bulunması, bu etmenlerin odunsu bitkilerde, aynı dokuda birlikte enfeksiyon yaptıklarında farklı ilişkilerin varlığını, antagonistik veya sinerjistik bir etkileşim potansiyelini de vurgulamaktadır (Lopez-Moral ve ark., 2020).

SONUÇ

Çalışmada, sıcaklığın *Botryosphaeriaceae* türlerinin sıcaklığa bağlı olarak değişen büyüme oranları, bu etmenlerin mevsimsel ve bölgesel adaptasyonu gösterilmektedir. *Neofusicoccum* türleri en yüksek termal adaptasyon ve büyüme oranlarını sergileyerek, sıcak koşullar altında baskın patojenler olduğu bulgularını doğrularken, *B. dothidea* miseliyal gelişme oranı açısından daha düşük performans göstermiştir. Belirlenen termal optimumlar, konukçu stresini tetikleyen sıcaklık aralıklarıyla örtüşmekte olup, çevresel koşulların aynı anda patojen gelişimini ve konukçu duyarlılığını desteklediğini göstermektedir. Bu bulgular, iklim değişikliğinin özellikle çok yıllık odunsu bitkilerde *Botryosphaeriaceae* hastalıklarının etkisinin artırabileceği hipotezini desteklemektedir.

Sıcaklığa bağlı büyüme parametrelerinin hastalık risk modellerine ve yönetim stratejilerine entegre edilmesi, tahmin ve uyarı modellerine uyarlanması, günümüzde bu hastalıklar ile sürdürülebilir mücadele yöntemlerini yerleştirmek için çok önemlidir. Özellikle, bu patojenlerin laboratuvar tabanlı termal tepkilerine yönelik bulgularının,

doğru koşullarda hastalık epidemiyolojisi ve konukçu dayanıklılık mekanizmalarıyla ilişkili olarak daha ayrıntılı çalışmalarla ile doğrulanmasının yararlı olacağı kanısındayız.

KAYNAKLAR

- Akgül DS, Güngör-Savaş N, Teker T, Keykubat B, Mayorquin JS, Eskalen A (2015) Fungal trunk pathogens of sultana seedless vineyards in the Aegean Region of Turkey. *Phytopathologia Mediterranea*, 54 (2), 380-393. <https://www.istat.org/stable/43871844>
- Chandel R, Kamil D, Kumar A, Taak Y, Khar A (2024) Morphological and molecular variability of *Stemphylium vesicarium* causing Stemphylium leaf blight in tropical onions. *Heliyon*. 10 (20):e39107. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e39107.
- Endes A, Kayim M, Eskalen A (2016) First report of *Lasiodiplodia theobromae*, *L. pseudotheobromae*, and *Diplodia seriata* causing bot canker and gummosis of nectarines in Turkey. *Plant Disease*. 100: 2321. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-16-0036-PDN>
- Endes A, Kayim M (2022) Morphological and Molecular Characterization of *Botryosphaeriaceae* Species Associated with Dieback and Gummosis on Plum Trees in Turkey. *Comptes Rendus de l'Académie Bulgare des Sciences*. 75 (2): 295–302. <https://doi.org/10.7546/CRABS.2022.02.16>
- Endes A (2024) Characterization and Pathogenicity of *Botryosphaeriaceae* Species Associated with Gummosis, Dieback, Trunk and Branch Cankers of Almond Trees in Türkiye, *Journal of Agricultural Sciences*, 30(4):698–711. DOI: 10.15832/ankutbd.1448247.
- Erdem C (2020) Muğla İli, Datça İlçesinde Badem Ağaçlarında Dal ve Sürgünlerde Kuruma ve Yanıklıklara Neden Olan Fungal Etmenlerin Saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Kayim M, Endes A, Eskalen A (2015) First report of *Neofusicoccum parvum* and *Diplodia* sp. associated with wood canker and dieback on almond in Turkey. XVIII. International Plant Protection Congress. 24–27 August, 2015 Berlin, Germany. <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/event/international-plant-protection-congress-ippc-2015.html>
- Kayim M, Bustamante MI, Endes A, Eskalen A (2025) *Botryosphaeriaceae* fungi associated with apricot dieback and gummosis in Türkiye. *Phytopathologia Mediterranea*, 64(2), 205–218. <https://doi.org/10.36253/phyto-15991>.
- Lopez-Moral A, Raya-Ortega MC, Agusti-Brisach C, Roca LF (2017) Morphological, Pathogenic, and Molecular Characterization of *Colletotrichum acutatum* Isolates Causing Almond Anthracnose in Spain. *Plant Disease*, 101), 2034-2045. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-17-0318-RE>
- Lopez-Moral A, Lovera M, Raya MC, Cortés-Cosano N, Arquero O, Trapero A, Agustí-Brisach C (2020) Etiology of branch dieback and shoot blight of English walnut caused by *Botryosphaeriaceae* and *Diaporthe* species in Southern Spain. *Plant Disease*, 104(2), 533-550. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-19-0545-RE>
- Marsberg A, Kember M, Jami F, Nagel JH, Postma- Smidt A, Naidoo S, Wingfield MJ, Crous PW, Spatafora JW, Hesse CN, Robbertse B, Slippers B (2017) *Botryosphaeria dothidea*: a latent pathogen of global importance to woody plant health. *Molecular Plant Pathology*, 18 (4), 477-488. <https://doi.org/10.1111/mpp.12495>
- Martino I, Lione G, Garbelotto M, Gonthier P, Guarnaccia V (2024) Modeling the Effect of Temperature on the Severity of Blueberry Stem Blight and Dieback with a Focus on *Neofusicoccum parvum* and Cultivar Susceptibility. *Horticulturae*. 10 (4):363. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10040363>
- Mehl JWM, Slippers B, Roux J, Wingfield MJ (2013) Cankers and other diseases caused by *Botryosphaeriaceae*. In: Gonthier P, Nicolotti G (eds) *Infectious forest diseases*. CAB International, Boston, pp 298–317
- Moral J, Muñoz-Díez C, González N, Trapero A, & Michailides TJ (2010) Characterization and pathogenicity of *Botryosphaeriaceae* species collected from olive and other hosts in Spain and California. *Phytopathology*, 100 (12):1340-1351.
- Moral J, Morgan D, Trapero A, Michailides TJ (2019) Ecology and epidemiology of diseases of nut crops and olives caused by *Botryosphaeriaceae* fungi in California and Spain. *Plant Disease*, 103(8), 1809-1827. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-19-0622-FE>
- Petrovic E, Vrandečić K, Belušić Vozila A, Cosić J, Godena S (2024) Diversity and Pathogenicity of *Botryosphaeriaceae* Species Isolated from Olives in Istria, Croatia, and Evaluation of Varietal Resistance. *Plants* 13,1813. <https://doi.org/10.3390/plants13131813>
- Phillips AJL, Alves A, Abdollahzadeh J, Slippers B, Wingfield MJ, Groenewald JZ, Crous PW (2013) The *Botryosphaeriaceae*: genera and species known from culture. *Studies in Mycology*, 76: 51–167.
- Tabaklı SS (2019) Aydın ili'nde zeytin meyve çürüklüklerinin saptanması ve mücadelesi. Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Úrbez-Torres JR, Peduto F, Vossen PM, Krueger WH, Gubler WD (2013) Olive twig and branch dieback: etiology, incidence, and distribution in California. *Plant Disease*, 97:231-244. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-12-0390-RE>

Yildiz A, Benlioglu S, Benlioglu K, Korkom Y (2022) Occurrence of twig blight and branch dieback of walnut caused by *Botryosphaeriaceae* species in Turkey. Journal of Plant Diseases and Protection, 129(3), 687-693.
<https://doi.org/10.1007/s41348-022-00591-x>

Zlatkovic M, Keca N, Wingfield MJ, Jami F (2016) *Botryosphaeriaceae* associated with the die-back of ornamental trees in the Western Balkans. Antonie van Leeuwenhoek 109:543–564. DOI 10.1007/s10482-016-0659-8