Растителна защита
електронно списание за растителна защита
семена, торове и земеделие
ISSN 2815-522X

# Bakteriyel kabukluk etkenlerinin (Xanthomonas euvesicatoria pv. euvesicatoria ve Xanthomonas vesicatoria) biber üzerindeki önemi

**гл. ас. д-р Катя Василева, ИЗК "Марица" - Пловдив**

**Tarih** 08.08.2026 | **Sayı** 8/2026 | **ISSN** 2815-522X | **Dil** TR
www.plant-protection.com/article/2448?lang=tr





Here is the Turkish translation of the provided HTML string, preserving the exact same HTML structure: '
**Özet**

*Xanthomonas* cinsine ait üyelerin neden olduğu bakteriyel leke, biberin (*Capsicum annuum*) dünya genelindeki en önemli hastalıklarından biridir. Hastalık, patojenin hızlı gelişimi ve yayılması için uygun koşulların bulunduğu sıcak ve nemli bölgelerde özellikle yıkıcıdır. Belirtiler, koyulaşan ve klorotik bir hale ile çevrelenen küçük, su emmiş lezyonlar olarak başlar ve şiddetli enfeksiyonlarda yaprak dökümüne ve önemli verim kayıplarına yol açar. Patojenler (*Xanthomonas euvesicatoria* pv. *euvesicatoria* ve *X. vesicatoria*) yüksek genetik heterojenlik, genişleyen bir konukçu yelpazesi ve karmaşık patojenite mekanizmaları sergiler. Yayılma; tohumlar, hava, su, böcekler ve insan faaliyetleri yoluyla gerçekleşir ve bu da hastalığın geniş biyocoğrafyasını belirler. Teşhis, geleneksel ve modern yöntemleri içerir ve yönetim, bakır bazlı ürünleri, biyolojik kontrolü ve dayanıklı çeşitlerin seçimini kapsar. Kaydedilen ilerlemelere rağmen, bakteriyel leke, erken tespit ve sürdürülebilir yönetim için entegre yaklaşımlar gerektiren, üreticiler için ciddi bir zorluk olmaya devam etmektedir.



Biber (*Capsicum annuum*), yüksek ekonomik ve besinsel öneme sahip, dünya genelinde önde gelen sebze bitkilerinden biridir. Üretimi genellikle, aralarında *Xanthomonas* cinsi üyelerinin neden olduğu bakteriyel lekenin de bulunduğu bakteriyel hastalıklar tarafından sınırlandırılır (Osdaghi ve

diğerleri, 2021). Hastalık, patojenin hızlı gelişimi ve yayılması için uygun koşulların bulunduğu sıcak ve nemli iklime sahip bölgelerde özellikle yıkıcıdır (Potnis ve diğerleri, 2015).

Etken ajanların taksonomisi, ilk tanımlama olan *Bacterium vesicatorium*'dan, *X. euvesicatoria* pv. *euvesicatoria*, *X. euvesicatoria* pv. *perforans*, *X. hortorum* pv. *gardneri* ve *X. vesicatoria*'yı içeren modern sınıflandırmaya kadar çok sayıda değişikliğe uğramıştır (Osdaghi ve diğerleri, 2021).

Birincil konukçu *Capsicum annuum*'dur, ancak *C. frutescens*, *C. chinense* ve *C. pubescens* gibi diğer türlerde de görülme durumları tanımlanmıştır. Patojenin farklı ırkları özgüllük sergiler – bazı suşlar yalnızca domatesi, diğerleri yalnızca biberi ve bazıları da her iki konukçuyu da enfekte eder (Kebede ve diğerleri, 2014).

*Xanthomonas* cinsi üyeleri, dünya genelinde çeşitli iklim bölgelerinde yaygın olarak bulunan tipik fitopatojenik bakterilerdir. Nekroz, solgunluk, beneklenme, trakeobakteriyoz ve yapraklar, gövdeler ve meyveler üzerinde parankimal hasar dahil olmak üzere çeşitli semptomlara neden olan hastalıklara yol açarlar. Bu bakterilerin konukçu yelpazesi, tarımsal ve süs bitkileri, orman türleri ve yabani otlar dahil olmak üzere 268 çift çenekli ve 124 tek çenekli bitki türünü kapsar. Domates, biber, fasulye, soya fasulyesi, pirinç, buğday, pamuk ve diğer mahsullerin hastalıklarında önemli ekonomik kayıplar gözlenir (Scortichini, 1995).

*Xanthomonas*'un patojenitesinin merkezinde, bakterilerin efektör proteinleri doğrudan bitki hücrelerinin sitoplazmasına ilettiği önemli bir moleküler mekanizma olan tip III salgı sistemi (T3SS) yer alır. Bu efektörler, konukçu hücresel süreçlerini manipüle eder, bağışıklık tepkilerini baskılar ve enfeksiyon gelişimi için uygun bir ortam yaratır. T3SS, altı lokusta organize edilmiş 28 kb'lik bir kromozomal *hrp* (aşırı duyarlılık tepkisi ve patojenite) gen kümesi tarafından kodlanır. *hrp* genlerindeki mutasyonlar, duyarlı bitkilerde patojenite kaybına ve dayanıklı bitkilerde aşırı duyarlılık tepkisinin (HR) yokluğuna yol açar; bu da bu sistemin bitki-patojen etkileşimlerindeki temel rolünü vurgular (Liu ve diğerleri, 2005).

Teşhis geleneksel olarak görsel gözlem, izolasyon ve PCR analizlerini içerir. Hiperspektral spektroskopi ve tahmine dayalı modelleme gibi modern yöntemler, görünür semptomların ortaya çıkmasından önce enfeksiyonun erken tespitine olanak tanır (Reis Pereira ve diğerleri, 2023); bu, görsel teşhisin genellikle diğer stres faktörlerinin neden olduğu benzer semptomlar nedeniyle engellendiği biberde özellikle değerlidir.

Hastalık yönetimi geleneksel olarak bakır bazlı ürünlere ve antibiyotiklere dayanır, ancak bunlara karşı direnç zaten yaygındır. Yeni yaklaşımlar arasında biyolojik kontrol (bakteriyofajlar, antagonist mikroorganizmalar), sistemik direnç indükleyicileri ve dayanıklı çeşitlerin seçimi yer alır. Fitopatojenik bakterilerin biyocoğrafyası, ekolojilerinin önemli bir unsurudur; birçok tür, iklim koşulları, uygun konukçuların mevcudiyeti ve belirli ekolojik nişler tarafından belirlenen sınırlı bir dağılımla karakterize edilir. Buna karşılık, bakteriyel lekenin etken ajanları olağanüstü geniş bir coğrafi dağılım sergiler. Dünyanın çeşitli yerlerinde tespit edilirler, ancak en yaygın olarak yüksek nem ve sıcaklıkların gelişimleri ve yayılmaları için en uygun koşulları yarattığı tropikal ve subtropikal bölgelerde bulunurlar. Küresel yayılmalarına katkıda bulunan ana faktörlerden biri, patojenin uzun mesafeler boyunca taşınmasına ve yeni üretim alanlarına girmesine olanak tanıyan enfekte tohumların hareketidir (Kebede ve diğerleri, 2014).

Bakteriler bitki yüzeyinde epifitik olarak hayatta kalır ve yağmur sıçraması, rüzgar veya her iki faktörün birleşimi yoluyla önemli mesafeler boyunca taşınabilir (Vidaver ve Lambrecht, 2004). Epifitik popülasyonlar, latent enfeksiyonlardan kaynaklananlar da dahil olmak üzere, uygun koşullar altında hızlı ve büyük ölçekli hastalık gelişimine yol açabilen önemli bir inokulum rezervuarını temsil eder.

Biberin bakteriyel lekesi, üreticiler için ciddi bir zorluk olmaya devam etmektedir; modern moleküler ve spektral teknolojiler, erken teşhis ve sürdürülebilir hastalık yönetimi için yeni perspektifler açmaktadır.

**Materyal ve Metot**

Biberin bakteriyel lekesi üzerine araştırmalar geleneksel olarak, patojenik izolatların toplanması ve karakterizasyonunu, moleküler tanımlamayı ve farklı *Capsicum annuum* genotiplerinde direncin fenotipik değerlendirmesini birleştiren çok aşamalı deneysel yaklaşımlara dayanır.

Uygulamada, hem Bulgar hem de tanıtılmış çeşitler ve hatlar ile *Xanthomonas vesicatoria* ve *X. euvesicatoria*'nın referans ve yeni izole edilmiş suşları kullanılır. İnokülasyonlar, patojenitenin güvenilir bir

şekilde değerlendirilmesine olanak tanıyan iklim odalarında veya seralarda kontrollü koşullar altında gerçekleştirilir (Vasileva ve Bogatzevska, 2021).

Metodolojik güvenilirliği sağlamak için kontroller, referans suşlar ve duyarlı genotipler ile moleküler analizlerde dahili PCR standartları kullanılır.

**Sonuçlar**

*Xanthomonas* cinsi patojenler, konukçu bitki ile etkileşimlerinin farklı aşamalarını yansıtan iki özellik olan biyotrofik ve nekrojenik organizmalardır. Biyotrofik aşama, patojenin canlı bitki hücrelerini besin kaynağı olarak kullandığı görünür semptomların ortaya çıkmasından önceki erken bakteriyel çoğalma ile ilişkilidir. Nekrojenik aşama daha sonra meydana gelir ve tipik hastalık semptomlarına yol açan hücre ölümü ve nekrozun indüklenmesi ile karakterize edilir. Bu iki aşamalı strateji, bakterilerin bitki savunma mekanizmalarını aşmasına, bağışıklık sistemi tarafından tanınmaktan kaçınmasına, besinlere erişimi sağlamasına ve üreme başarısını artırmasına olanak tanıyan zengin bir patojenite ve virülans faktörleri cephaneliği tarafından desteklenir (Abramovich ve Martin, 2004).

Bulgaristan'daki Mayıs-Eylül dönemindeki iklim koşulları, *X. euvesicatoria* ve *X. vesicatoria*'nın neden olduğu biberde bakteriyel lekenin ortaya çıkması ve gelişmesi için olağanüstü uygun bir ortam yaratır. Sürekli olarak 24–30°C aralığında kalan yüksek sıcaklıklar, bakterilerin epifitik gelişimi, çoğalması ve enfektif potansiyeli için en uygun koşullarla çakışır. Bu koşullar altında bakteriler yaprak yüzeyinde büyük popülasyonlar oluşturur ve genç bitkilerin dokuları, stoma ve hidatodlardan penetrasyona karşı fizyolojik olarak savunmasız kalır. Bireysel yıllarda yağış zirveleri, yağmur sıçraması bitkiler arasında inokulum yayılımı için birincil mekanizma olduğundan, epidemik gelişme riskini daha da artırır.

Yağışları takiben yüksek atmosferik ve yüzey nemi, yapraklar üzerinde bir su filmi oluşturur; bu, bakteriyel penetrasyonu kolaylaştırır ve özellikle sıcaklık ve nemin çakıştığı Haziran-Temmuz aylarında kitlesel enfeksiyona yol açar. Bu koşullar altında, başlangıçtaki su emmiş lezyonlar hızla gelişir, koyulaşır ve klorotik bir hale ile çevrelenir; sonraki yağışlarla birlikte sekonder enfeksiyon ve lezyonların birleşmesi gözlenir, bu da yaprak dökümüne ve yaprak saplarında halka şeklinde nekrozlara yol açar (Şekil 1).



*Şekil 1. Biber yapraklarında bakteriyel leke belirtileri*

Aktif büyüme mevsimi boyunca daha yüksek yağışlı dönemler, daha güçlü epidemilere doğru belirgin bir eğilim gösterirken, daha kurak mevsimler hastalık gelişimini sınırlar ancak lokal enfeksiyonların oluşmasını engellemez. Yüksek sıcaklıkların ve artan nem dönemlerinin kombinasyonu, bakteriyel lekenin kalıcı varlığını belirler ve özellikle enfekte tohumluk materyal kullanıldığında veya önceki yıllardan epifitik popülasyonlar mevcut olduğunda, duyarlı çeşitlerde yıllık epidemi zirveleri için koşullar yaratır.

Doğal faktörlere ek olarak, patojenlerin yayılması insan faaliyeti yoluyla da gerçekleşebilir. Tarım işçileri, makine ve mahsul yetiştiriciliğinde kullanılan aletler mekanik vektör görevi görebilir. Sulama suyu, özellikle aşırı sulama altında, bakterileri bitkiden bitkiye taşımanın en etkili yollarından biridir. Böcekler de vektör olarak hareket edebilir, patojen yayılımına yardımcı olabilir ve hatta bitki mikro ortamındaki rakip mikroorganizmaları seçici olarak ortadan kaldırabilir. Gönüllü bitkiler ve yabani otlar, alternatif konukçu ve enfeksiyon rezervuarı olarak hizmet ederek hastalığın epidemiyolojisini daha da karmaşık hale getirir.

Tohumlar, fitopatojenik bakterilerin yayılması için en önemli yollardan birini temsil eder. Patojenler bitkinin vejetatif organlarından hareket etmenin yanı sıra meyvelere ve tohumlara da nüfuz ederek tohumluk materyalin dış veya iç kontaminasyonuna yol açar. Kontamine tohumlar, yüksek sıcaklık ve nemin hızlı hastalık gelişimi ve yayılması için ideal koşullar yarattığı fide üretim tesislerinde özellikle önemli bir inokulum kaynağıdır. Bu tür ortamlarda, minimum miktarda patojen bile kitlesel enfeksiyona yol açabilir.

Hava, fitopatojenik bakterilerin bulaşması için bir diğer önemli faktördür. Üzerinde canlı bakterilerin bulunabileceği toprak parçacıkları ve kuru bitki artığı parçaları içerir. Birçok fitopatojenik tür, bitki yüzeyinde filamentli yapılar oluşturan hücre dışı

ekzopolisakkaritler üretir. Kuruma üzerine bu filamentler parçalara ayrılır ve havaya karışır; burada hava akımları tarafından çeşitli mesafeler boyunca taşınırlar. Bu mekanizma, patojenin tarla koşullarında gizli ancak etkili bir şekilde yayılmasına olanak tanır.

İnsan faaliyeti, fitopatojenik bakterilerin yayılmasını daha da artırır. İnsanlar, bitki ve hayvan patojenlerini iyi bilindikleri bölgelerden, varlıkları hakkında bilgi bulunmayan yeni bölgelere taşımada son derece etkilidir. Dikim materyalinin taşınması, tohum değişimi, tarım makinelerinin hareketi ve hatta tarla işçilerinin günlük faaliyetleri, istem dışı patojen bulaşmasına yol açabilir. Küreselleşen bir dünyada bu mekanizma, yeni salgınların ortaya çıkmasında ve fitopatojenik bakterilerin yayılım alanının genişlemesinde önemli bir faktör haline gelmektedir.

*Xanthomonas euvesicatoria* ve *X. vesicatoria* üzerine yapılan Bulgar araştırmaları, PT patotipinin ve P4T2 ile P6 ırklarının baskınlığı ile açıkça ifade edilen tür, patotip ve ırk çeşitliliği gösterir. Doğal popülasyonlar semptomatoloji, fenotip ve genotip açısından oldukça heterojendir; *X. euvesicatoria*'da P6 ırkı, *X. vesicatoria*'da ise P2 ırkı en yaygındır. Paralel olarak, 270'ten fazla biber genotipi, bağışık ila yüksek derecede duyarlı formları ayırt etmeye olanak tanıyan ms ve Di% kullanılarak direnç açısından değerlendirilmiş ve sınıflandırılmıştır. Tam bağışık yanıt gösteren beş genotip belirlenmiştir ve meyve özelliklerinin entegre değerlendirmesi, kompleks direnç ve agronomik değer için seçimi destekler. Ulusal haritalama, AvrBs3/AvrBs4 efektör genleri aracılığıyla da coğrafi özgüllüğü ve genetik heterojenliği doğrular. Ek testler, *Xanthomonas* suşlarının bakır bazlı ürünlere karşı değişken duyarlılığını gösterir; domates izolatları biberdekilerden daha duyarlıdır ve etki daha yüksek konsantrasyonda artar. (Vasileva ve Bogatzevska, 2021; Vasileva ve Bogatzevska, 2022; Vasileva, 2023; Vasileva ve Todorova**,** 2024).

Bitki hastalıklarının yayılmasının düzenlenmesi ve kontrolü, bitki korumanın ana halkalarından birini temsil eder. İyi niceliksel ve niteliksel göstergelere sahip gıda üretimi, çeşitli patojenik organizmalara karşı kalıcı dirence sahip bitkilere sürekli bağımlıdır. Pestisitlerin çevre, gıda üretimi ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkisi, kullanımlarına giderek daha katı kısıtlamalar getirmektedir.

Kimyasal maddeler, patojen gelişimini sınırlamak için geleneksel olarak bakır sülfat çözeltisi dahil bakır bazlı ürünlerin kullanıldığı bakteriyel bitki hastalıklarının kontrolü uygulamasında ana unsur olmaya devam etmektedir. Yaygın uygulamalarına rağmen, çok sayıda çalışma *Xanthomonas* cinsi üyelerinin bakır katyonlarına duyarlılıkta önemli değişkenlik sergilediğini göstermektedir. Azaltılmış duyarlılık ve hatta stabil direnç vakaları belgelenmiştir; bu da bakır formülasyonlarının belirli patojen popülasyonlarına karşı etkinliğini sorgulamaktadır. Bu direnç, standart kontrol önlemlerinin başarısızlığına yol açabileceği ve hastalık yönetimi için alternatif veya birleşik yaklaşımların kullanılmasını gerektirebileceği için önemli pratik öneme sahiptir.

**Konuyla ilgili daha fazlası:**

*Bulgaristan'da biberin bakteriyel lekesi*

'

## Referanslar

[1] Abramovitch R. B. and Martin G. B. (2004) Strategies used by bacterial pathogens to suppress plant defenses. Curr. Opin. Plant Biol. 7, 356–364

[2] Kebede M., Timilsina S., Ayalew A., Admassu B., Potnis N., Minsavage G. V., et al. (2014) Molecular characterization of Xanthomonas strains responsible for bacterial spot of tomato in Ethiopia. Eur. J. of Plant Pathol., 1-12.

[3] Osdaghi, E., Jones, J. B., Sharma, A., Goss, E. M., Abrahamian, P., Newberry, E. A., ... & Vallad, G. E. (2021). A centenary for bacterial spot of tomato and pepper. *Molecular Plant Pathology, 22*(11), 1500–1519.

[4] Potnis, N., Timilsina, S., Strayer, A., Shantharaj, D., Barak, J. D., Paret, M. L., ... & Jones, J. B. (2015). Bacterial spot of tomato and pepper: insights into pathogen biology, host resistance, and management. *Plant Disease, 99*(11), 1464–1476.

[5] Reis Pereira, M., Santos, F. N., Tavares, F., & Cunha, M. (2023). Enhancing host-pathogen phenotyping dynamics: early detection of tomato bacterial diseases using hyperspectral point measurement and predictive modeling. *Frontiers in Plant Science, 14*, 1242201.

[6] Scortichini M. (1995) Le malattie batteriche delle colture agrarie e delle specie forestali. Edagricole- Edizioni Agricole, Bologna

[7] Vasileva, K. & Todorova, V. (2024). Evaluation of pepper breeding lines and accessions to Xanthomonas euvesicatoria and X. vesicatoria and fruit traits. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 30(1), 141-150. https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:001181663500002

[8] Vasileva, K. (2023). Reaction of species X. vesicatoria and X. euvesicatoria to copper products. New knowledge Journal of science, 12(1), 61-65. https://science.uard.bg/index.php/newknowledge/article/view/952/pdf_380

[9] Vasileva, K., & Bogatzevska, N. (2019). Races of bacterial spot pathogen infecting genus Capsicum in Bulgaria. Agricultural Science and Technology, 11(2), 113-117. https://www.webofscience.com/wos/alldb/full-record/CABI:20193332554

[10] Vasileva, K., & Bogatzevska, N. (2021). Statistical analysis of resistance variability of pepper accessions to Xanthomonas euvesicatoria and Xanthomonas vesicatoria. Agricultural Science and Technology, 13(4), 339-343. https://www.webofscience.com/wos/alldb/full-record/CABI:20220013883

[11] Vasileva, K., & Bogatzevska, N. (2022). Resistance of pepper types to Xanthomonas euvesicatoria and Xanthomonas vesicatoria-impact of the species, races and hosts specialization. Agricultural Science and Technology, 14(2), 44–53. https://www.webofscience.com/wos/alldb/full-record/CABI:20220383481

[12] Vidaver A.K. and Lambrecht P.A. (2004) Bacteria as plant pathogens. The Pl. Health Instr. DOI: 10.1094/PHI-I-2004-0809-01