

DIPLOMADOLGOZAT

Király Andrea

2024



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Buda Campus
Növényvédelmi Intézet
Növényorvos mesterképzési szak**

**A leanderen megjelenő új kórokozó azonosítása és
összehasonlítása gazdaságilag jelentős hazai *Xanthomonas* spp.
izolátumokkal**

Konzulens:	Dr. Karacs-Végh Anita egyetemi docens
	Fodor Attila PhD hallgató
Intézete/tanszék:	Növényvédelmi Intézet Növénykórtani Tanszék
Készítette:	Király Andrea

**Budapest
2024**

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés és célkitűzés	2
2.	Irodalmi áttekintés.....	3
2.1.	A leander baktériumos betegségei	3
2.2.	A <i>Xanthomonas</i> nemzetség jellemzése	4
2.2.1.	A <i>Xanthomonas</i> nemzetség elnevezése és rendszertana	4
2.2.2.	A <i>Xanthomonas</i> nemzetség jelentősége és gazdanövényköre	5
2.2.3.	A <i>Xanthomonas</i> nemzetség morfológiája	6
2.2.4.	A <i>Xanthomonas</i> nemzetség környezeti igényei és terjedése, életciklusa.....	6
2.2.5.	A <i>Xanthomonas</i> nemzetség elleni védekezési lehetőségek.....	8
2.2.6.	<i>Xanthomonas</i> fajok, alfajok	8
2.3.	Vizsgálatba vont <i>Xanthomonas</i> fajok bemutatása.....	10
2.3.1.	<i>Xanthomonas arboricola</i> pv. <i>juglandis</i>	10
2.3.2.	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	12
2.3.3.	<i>Xanthomonas vesicatoria</i>	14
2.3.4.	<i>Xanthomonas arboricola</i> pv. <i>pruni</i>	16
3.	Anyag és módszer	19
3.1.	A vizsgálat helye és ideje.....	19
3.2.	A vizsgálatban felhasznált anyagok	19
3.2.1.	Izolátumok.....	19
3.2.2.	Táptalajok.....	19
3.2.3.	Növényanyag.....	20
3.2.4.	Felhasznált eszközök.....	20
3.3.	A vizsgálatok módszere	20
3.3.1.	A kórokozó izolálása leanderről.....	20
3.3.2.	A krioprezervált és liofilizált izolátumok reaktiválása és fenntartása, baktériumszuspenzió előállítása	21
3.3.3.	Gram tulajdonság meghatározása	21
3.3.4.	Hiperszenzitív reakció vizsgálata.....	21
3.3.5.	Patogenitási teszt.....	21
3.3.6.	Biokémiai tulajdonságok.....	22
3.3.7.	Molekuláris vizsgálatok	23
4.	Eredmények.....	25
4.1.	A leanderen megfigyelt tünetek	25
4.2.	A <i>Xanthomonas</i> izolátumok tenyészbélyegeinek jellemzése, összehasonlítása	25
4.3.	Gram-tulajdonság	27
4.4.	A hiperszenzitív reakció vizsgálata.....	27
4.5.	Patogenitási teszt.....	28
4.6.	A <i>Xanthomonas</i> izolátumok biokémiai jellemzői	30
4.7.	A leanderről származó izolátumok molekuláris vizsgálata.....	32
5.	Következtetések	34
6.	Összefoglalás.....	37
7.	Köszönetnyilvánítás	39
8.	Irodalomjegyzék.....	40
8.1.	Nyomtatott források	40
8.2.	Internetes források.....	51
9.	Ábrák és táblázatok jegyzéke.....	52
10.	Mellékletek.....	53

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

A leander (*Nerium Oleander*) egy közkedvelt, régóta népszerű mediterrán dísznövény. Többféle színben pompázó virágainak, dekoratív megjelenésének köszönhetően kertek, teraszok, balkonok ékes díszé lehet. Fagyérzékenysége miatt főként dézsás növényként találkozunk vele, azonban az enyhébb teleknek köszönhetően tartása egyre könnyebbé válhat. Kevés baktériumos betegsége ismert, melyek közül súlyos problémát a *Pseudomonas savastanoi* pv. *nerii* baktérium által okozott leanderrák jelent. A betegség tipikus tünetei a száron, a leveleken és a virágzati részekben képződő rákos sebek, tumorok. A kialakuló tünetek következtében csökken a növény díszítőértéke. Idővel a növény kondíciója leromlik és súlyosabb fertőzés esetében el is pusztulhat. Súlyos problémát okozhat még a karantén *Xylella fastidiosa* baktérium, mely egyik fontos gazdanövénye a leander, azonban hazánkban még nem igazolták a kórokozó jelenlétét. Az *Agrobacterium tumefaciens* által előidézett agrobaktériumos gyökérgolyva betegség is megjelenhet, azonban jelentős kárt többnyire nem okoz a kórokozó.

Konzulenseim 2018 óta vizsgálják a leanderen megjelenő kórokozókat, melyhez országos mintagyűjtés kapcsolódik. 2020-ban két minta esetében nem tipikus leanderrákra jellemző ágtumorra és torzuló, barnuló levelekre figyeltünk fel. A tünetek alapján feltételeztük, hogy baktérium okozza a kialakult elváltozásokat, azonban a leander eddigi ismert baktériumos betegségeihez egyértelműen nem hasonlítottak. A tenyészbélyegeik vizsgálata során feltételeztük, hogy a két izolátum a *Xanthomonas* nemzetségbe sorolható. Eddig sem hazai, sem külföldi szakirodalmi források nem számoltak még be leandert fertőző *Xanthomonas* fajról. A *Xanthomonas* nemzetség több faja hazánkban is jelentős gazdasági kárt okoz, a termésveszteség 10-100% között alakulhat. Talán a legfontosabb a dión (*Juglans regia*) előforduló *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*, a káposztán (*Brassica oleracea*) károsító *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, a paprikán (*Capsicum annuum*) megjelenő *Xanthomonas vesicatoria*, és a csonthéjasokon előforduló karantén kórokozó a *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*.

Munkánk során célul tűztük ki a leanderről izolált baktériumok klasszikus (tenyészbélyeg, Gram-tulajdonság, hiperszenzitív reakció, patogenitási teszt, biokémiai jellemzők - API20 NE, API50 CH teszt) és molekuláris módszerekkel (PCR-16SrDNS, *fyuA*, *rpoD*, *gyrB* gén) történő azonosítását. Emellett célul tűztük ki a leanderről izolált baktériumok összehasonlítását hazai, jelentős gazdasági kárt okozó *Xanthomonas* fajokkal, mely segíti a hazai populáció ismérveinek bővítését és a különböző fajok közötti heterogenitás meghatározását.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A leander baktériumos betegségei

A leander (*Nerium oleander*) a tárnicsvirágúak (*Gentianales*) rendjébe és a meténgfélék (*Apocynaceae*) családjába tartozó közkedvelt dísznövény. Dél-Európa és Délnyugat-Ázsia mediterrán régiójában őshonos, míg Közép- és Nyugat-Európában dézsás növényként tartják (Heywood, 1978). A leandernek csupán néhány baktériumos betegsége ismert. Ezek közül a legelterjedtebb és legmeghatározóbb a leanderrák, amit a *Pseudomonas savastanoi* pv. *nerii* (ex Smith 1906; Janse 1982; Young *et al.*, 1978). A fertőzés hatására a növény összes földfeletti részén rákos sebek, tumorok jelennek meg (Kavak and Üstün, 2009; Surico *et al.*, 1985). Ezek a rákos elváltozások először csak pár centiméteres halványzöld színű elváltozások, melyek megnagyobbodva zöldesbarnává vagy barnává válnak (Fodor *et al.*, 2021; Teviotdale, 1994) (1. ábra). A baktérium szisztematizálódik a növényben (Bella *et al.*, 2006), kondíciója leromlik, és súlyos fertőzés esetén a teljes növény elpusztulhat (Penyalver *et al.*, 2000). A kórokozó sebzéseken keresztül képes fertőzni -pl.: homokfűvás, jégeső okozta sérülés, fagyási sérülés és metszési seb-, azonban fröccsenő vízzel, vágóeszközökre kerülő növényi nedvvel egyaránt átvihető (Teviotdale, 1994). A kórokozó a lehullott és fertőzött leveleken képes áttelelni. A védekezés a megelőzésen alapszik, fontos a sérülések elkerülése, eszközök fertőtlenítése, egészséges szaporítóanyag használata (Ramos *et al.*, 2012).

Ritkán megjelenik az *Agrobacterium tumefaciens* (Smith and Townsend, 1907), által előidézett agrobaktériumos gyökérgolyva betegség is. A baktérium talajlakó, a XX. század elején írtak le. A világ szinte minden pontján megjelent és rendkívül széles gazdanövénykörrel rendelkezik (Sawada *et al.*, 1990; Singh *et al.*, 2020). A tünetek a gyökérnyakon, a gyökéren és a száron tumorok formájában jelentkeznek (1. ábra). Ezek közvetlenül a fertőzés után puha állományúak és világos sárgás-barna színűek, majd a fertőzés előrehaladtával megkeményednek, színük sötétebb lesz (Finer *et al.*, 2016). A tumorok miatt a víz és tápanyagutánpótlás akadályozott, emiatt a növény lassabban fejlődik. A tünetek másodlagos kórokozónak is utat nyitnak, ezzel gyakran a növény pusztulását okozzák (Escobar and Dandekar, 2003). A betegség megelőzése a legfontosabb, kórokozómentes szaporítóanyag használatával, sebések elkerülésével, eszközök fertőtlenítésével, talajlakó kártevők gyérítésével, fertőzött növények eltávolításával (Tattar, 1989).

A leander a *Xylella fastidiosa* (Wells *et al.*, 1987) karantén baktériumnak is az egyik igen fontos gazdanövénye (Fodor and Végh, 2022) (1. ábra). A baktériumot leanderen elsőként Észak-Amerikában, Kaliforniában írták le 1994-ben (Purcell *et al.*, 1999).



1. ábra: A leander baktériumos betegségeit okozó kórokozók tünetei (a: *Pseudomonas savastanoi* pv. *nerii*, b: *Xylella fastidiosa*, c: *Agrobacterium tumefaciens*)

(Forrás: internet 1, internet 2; Grünsteinné Joó Katalin, 2021)

Európában először 2013-ban Olaszországban jelent meg (Gorris *et al.*, 2021). Hazai előfordulása egyelőre nem bizonyított, de megjelenésére számítanunk kell. A baktérium jelenleg a karantén kórokozók listáján szerepel (internet 3). A leander mellett más dísznövényt és gyümölcsfát, többek között szőlőt (*Vitis vinifera*), mandulát (*Prunus dulcis*) is fertőz. A leanderen eddigi kutatások alapján a *Xylella fastidiosa* subsp. *sandyi* károsít, de más *X. fastidiosa* alfaj is megfertőzheti (Guan *et al.*, 2013; Yuan *et al.*, 2010).

Tünetei nem feltétlenül specifikusak. Kezdetben a levélszél barnul, majd fakóvá, sárgás színűvé válik. Később a levélszél is elkezd barnulni, emiatt könnyen összetéveszthető különböző abiotikus tünetekkel is, mint pl.: sóstressz vagy tápanyaghiány (Huang, 2010). A súlyos fertőzés a növény teljes pusztulásához vezethet (Guan *et al.*, 2013). A terjedésében szerepet játszik többek között a fertőzött szaporítóanyag, illetve a faszövetből táplálkozó rovarok (Hernandez-Martinez *et al.*, 2006). A védekezés alapja a kórokozó mentes szaporítóanyag használata, és a vektorok elleni rovarölőszeres kezelés (Beretta *et al.*, 2022).

2.2. A *Xanthomonas* nemzetség jellemzése

2.2.1. A *Xanthomonas* nemzetség elnevezése és rendszertana

A *Xanthomonas* görög eredetű szó, jelentése a görög xanthos – “sárga” és a monas – “elem” szóból ered (An *et al.*, 2019). A nemzetség a *Xanthomonadaceae* családba, *Xanthomonadales* rendbe, *Gamma Proteobacteria* osztályba és a *Proteobacteria* törzsbe sorolható (Vicente and Holub, 2013). A nemzetség rendszertani besorolása és a fajok elnevezése sokszor változott az évek során (Rodriguez *et al.*, 2012). A nemzetségen belül az

első leírt növénypatogén kórokozót jácintról izolálták *Bacterium hyacinthi* néven, amit később Dowson sorolt át a *Xanthomonas* fajok közé (Starr, 1983; Van den Mooter and Swings, 1990).

2.2.2. A *Xanthomonas* nemzetség jelentősége és gazdanövényköre

A *Xanthomonas* nemzetség tagjai többnyire növénypatogének, számos gazdaságilag jelentős növényfajt pl.: rizst (*Oryza sativa*), citrusfélét (*Citrus* spp.), káposztát (*Brassica oleracea*), paprikát (*Capsicum annuum*) betegítenek meg (Rodriguez *et al.*, 2012). Megközelítőleg 40 *Xanthomonas* spp. hozható összefüggésbe növényi kórokozóként, ebből 19 igen jelentős, melyek összességében közel 400 növényt fertőznek meg (124 egyszikű és 268 kétszikű) (An *et al.*, 2019; Jacques *et al.*, 2016; Ryan *et al.*, 2011). A termésveszteség 10-100% között alakulhat, a kórokozó számára kedvező körülmények függvényében (Uwamahoro *et al.*, 2019). Azonban néhány *Xanthomonas* spp. fontos szerepet tölt be az élelmiszer- és gyógyszeriparban, ugyanis a belőlük származó poliszacharidot és xanthánt felhasználják (An *et al.*, 2019; Van den Mooter and Swings, 1990).

A nemzetség tagjainak gazdanövényköre csak egy, vagy néhány növényfajhoz köthető. Néhány *Xanthomonas* faj azonban szélesebb gazdanövénykörrel rendelkezik, pl.: *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, mely a *Brassicaceae* családba tartozó zöldségfélét, dísznövényeket, gyomnövényeket egyaránt fertőzi. Emellett a különböző patotípusokon belül jellemző, hogy nem csak a gazdanövény függvénye a kompatibilitás, hanem különböző növényi részekhez kötődik a kórokozó, -pl.: *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* a rizs vaszkuláris rendszeréhez kötött, míg a *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* csak a rizs levelének parenchima sejtjeit fertőzi (Jacques *et al.*, 2016).

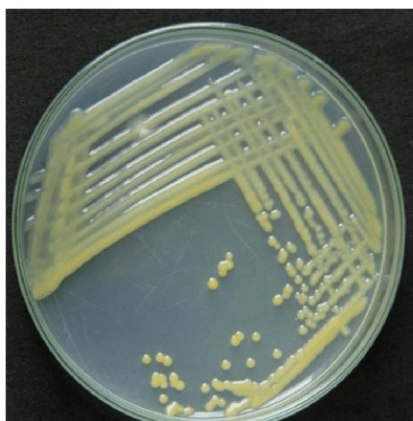
Számos tanulmány lehetővé tette, hogy megértsük ezen gazdanövény-patogén kapcsolatokat, a baktérium virulenciáját és a gazdanövényekhez való adaptációjukat. Számos patotípus alakult ki, melyek bizonyos esetekben különböző rasszokba sorolhatók. Ezek többsége intraspecifikus hibridekkel hozható összefüggésbe, mivel specifikusan lépnek kölcsönhatásba a gazdanövény változatokkal és specifikus rezisztencia géneket hordoznak. Ez jellemzi pl.: a *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, a *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* kórokozókat (An *et al.*, 2019; Jacques *et al.*, 2016; Vicente and Holub, 2013). A gazdanövény specifikusság nagyban összefüggésbe hozható az utóbbi pár száz év mezőgazdasági fejlődésével és a termelés szerkezetével (Jacques *et al.*, 2016).

2.2.3. A *Xanthomonas* nemzetség morfológiája

A *Xanthomonas* nemzetség tagjai pálcika alakúak (2. ábra). Izoláltan vagy kettesével fordulnak elő. Mozgásuk monopoláris és monotrich flagellumokkal történik (Verma *et al.*, 1999). A tenyészetük általában sárgás és nyálkás (3. ábra), amit a bennük termelődő speciális színanyag, a xantomonadin (xantán) okoz (Vauterin *et al.*, 1995; Verma *et al.*, 1999). Méretüket tekintve: szélességük 0,4–1,0 μm , hosszúságuk 1,2–3,0 μm . Gram negatív, obligát aerob, kataláz pozitív, és oxidáz negatív kórokozók. Optimális növekedési hőmérsékletük 25–30°C között van (Bradbury, 1984; Saddler *et al.*, 2005).



2. ábra: Pálcika alakú *Xanthomonas campestris* a növényfelszínen
(Forrás: internet 4)



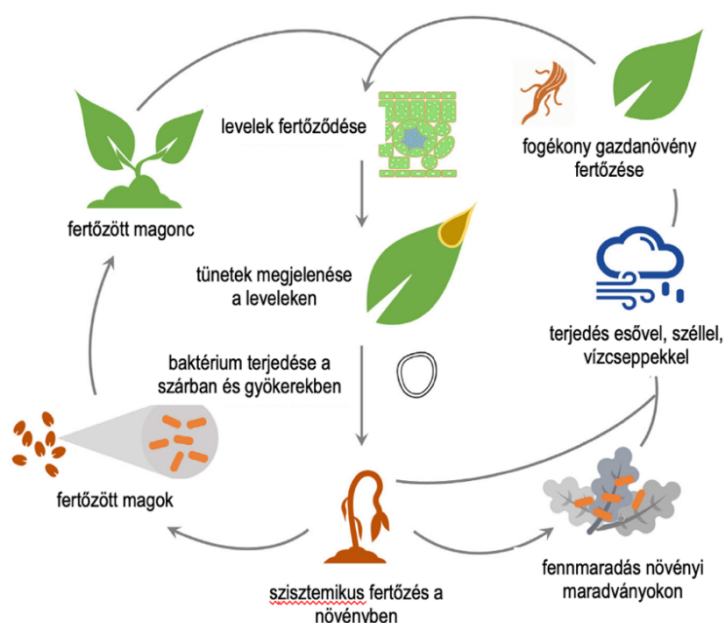
3. ábra: *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* tiszta tenyésze szaharóz-pepton agaron
(Forrás: Ranjani *et al.*, 2018)

2.2.4. A *Xanthomonas* nemzetség környezeti igényei és terjedése, életciklusa

A *Xanthomonas* spp. jobban kedvelik a magasabb hőmérsékletet (25–35°C), így képesek annyi inokulumot létrehozni a gazdanövényben, ami segíti a terjedésüket (Christiano *et al.*, 2009; Morales *et al.*, 2018). Továbbá a növényen való túléléshez és mozgáshoz magas páratartalom is szükséges. Ezen feltételek között magas a kórokozó

abundanciája a fertőzött gazdanövény felszínén, amely még több jelentős inokulum forrást jelent (Christiano *et al.*, 2009). A környezeti tényezők jelentősen befolyásolják a *Xanthomonas* fajok terjedését, ami magyarázza, hogy bizonyos helyeken miért fogékonyak az egyes növények, és miért nem fertőződnek meg ugyanazok más helyeken.

Magas páratartalomban a sztómák nyitottabb állapota lehetővé teszi a *Xanthomonas* spp. számára mind a behatolást, mind pedig az inokulum kijutását a már fertőzött növényből (Cerutti *et al.*, 2017), ezáltal a nekrotizáció kialakul és súlyosbodik (Diab *et al.*, 1982). A *Xanthomonas* spp. életciklusa két szakaszból áll: egy külső és egy belső szakaszból. A külső szakasz kezdetén a kórokozó megtelepszik a növény felszínén, ezután biofilmet képez, amely megvédi a külső környezeti tényezőktől (Nakayinga *et al.*, 2021). A belső szakaszban a baktérium a növény szövetébe hatol sztómákon, guttációs cseppek képződési helyén vagy sebeken keresztül, majd szisztémikusan elterjed és megtelepszik a mezofil parenchimákban (Nakayinga *et al.*, 2021; Ryan *et al.*, 2011) (4. ábra).



4. ábra: *Xanthomonas* fajok terjedése és életciklusa
(Forrás: saját szerkesztés An *et al.* (2019) alapján)

A *Xanthomonas* spp. terjedésben a legfontosabb szerepet legtöbbször a fertőzött mag játssza, azonban a fertőzött gyomok és a fertőzött növények is potenciális fertőzési források (Gitaitis and Walcott, 2007). A baktérium a fertőzött mag belsejében és külsején is képes fennmaradni. Öntözővízzel és esőcseppekkel, valamint mechanikai úton is könnyen terjed a

növények között, továbbá a zsúfolt térállás és a magas páratartalom is kedvez a kórokozó átvitelének (An *et al.*, 2019; Ritchie *et al.*, 2000).

2.2.5. A *Xanthomonas* nemzetség elleni védekezési lehetőségek

Jelenleg a *Xanthomonas* fajok elleni védekezés legfőképpen a megelőzésen alapul: egészséges szaporítóanyag használata, fertőzött részek eltávolítása, megsemmisítése, művelőeszközök fertőtlenítése, megfelelő agrotechnikai eljárások alkalmazása. Továbbá a védekezés történhet réz tartalmú szerekkel, valamint antibiotikumok használatával, -pl.: kasugamicin (Magyarországon időszakosan szükséghelyzeti engedéllyel rendelkezik) (Sundin and Wang, 2018; internet 5). Azonban világszerte egyre nagyobb igény mutatkozik a bakteriofágokkal való védekezésre, mivel a réz tartalmú készítmények környezetterhelése nagy, és az antibiotikumok ellen könnyen rezisztencia alakulhat ki. Ezek a bakteriofágok nagyrészt a *Caudovirales* rendbe tartoznak és alkalmazásuk széles körben hatékonynak bizonyult, így csökkenthető a betegség súlyossága és a baktérium kolóniák mérete is (Nakayinga *et al.*, 2021; Stefani *et al.*, 2021). Több kísérlet számol be az illóolajok antibakteriális hatásáról *in vitro* körülmények között, ilyen olajok a kakukkfű-, borsikafű- és a fahéj illóolaj (Hassanzadeh, 2006; Szentmihályi, 2016).

2.2.6. *Xanthomonas* fajok, alfajok

A *Xanthomonas* spp. jelentős gazdasági kárt okoznak, így számos kutatás foglalkozik taxonómiai vizsgálatukkal (Dye *et al.*, 1980; Murata and Starr, 1973; Vauterin *et al.*, 1990). Kezdetben a fajok besorolása gazdanövénykörük alapján történt egészen az 1990-es évekig. Ezt követően morfológiai tulajdonságok (Van den Mooter and Swings, 1990), majd később DNS alapú módszerek, többnyire nukleotid alapú szekvenálás alapján határozták meg a különböző fajokat (Vauterin *et al.*, 1995; Vicente and Holub, 2013). A genetikai vizsgálatokon alapuló tanulmányok miatt az egyes fajokat újra be kellett sorolni, ami számos taxonómiai átsorolást jelentett. Azonban a hibrid vonalak továbbra is nehézséget okoznak a nukleotid alapú azonosítás ellenére is (An *et al.*, 2019; Jibrin *et al.*; 2018).

Jelenleg 40 *Xanthomonas* fajt különböztethetünk meg, melyből 33 fajt fogadtak el hivatalosan (Naushad *et al.* 2015). Ezek közül 19 gazdaságilag jelentős *Xanthomonas* fajt tartanak nyilván (1. táblázat), melyek közül a legfontosabbak: *Xanthomonas albilineans*, *Xanthomonas arboricola*, *Xanthomonas axonopodis*, *Xanthomonas campestris*, *Xanthomonas citri*, *Xanthomonas euvesicatoria*, *Xanthomonas hortorum*, *Xanthomonas oryzae*,

Xanthomonas translucens, *Xanthomonas vasicola*, *Xanthomonas vesicatoria* (An et al., 2019).

Emellett számos más, kisebb jelentőségű faj is elkülöníthető (1. melléklet).

<i>Xanthomonas</i> spp.	Patotípus	Gazdanövény
<i>Xanthomonas albilineans</i>		Cukornád (<i>Saccharum</i> sp.)
<i>Xanthomonas arboricola</i>	<i>Xanthomonas arboricola</i> pv. <i>pruni</i>	Csonthéjasok (<i>Prunus</i> sp.)
	<i>Xanthomonas arboricola</i> pv. <i>punicae</i>	Gránátalma (<i>Punica granatum</i>)
	<i>Xanthomonas arboricola</i> pv. <i>juglandis</i>	Dió (<i>Juglans regia</i>)
<i>Xanthomonas axonopodis</i>	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>manihotis</i>	Manióka (<i>Manihot esculenta</i>)
<i>Xanthomonas campestris</i>	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>armoraciae</i>	Torma (<i>Armoracia rusticana</i>)
	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	Káposztafélék (<i>Brassicaceae</i>)
	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>musacearum</i>	Banán (<i>Musa</i> sp.)
	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>raphani</i>	Káposztafélék (<i>Brassica oleracea</i>)
	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vitians</i>	Saláta (<i>Lactuca sativa</i>)
<i>Xanthomonas citri</i>	<i>Xanthomonas citri</i> pv. <i>citri</i>	Citrusfélék (<i>Citroideae</i>)
	<i>Xanthomonas citri</i> pv. <i>fuscans</i>	Bab (<i>Phaseolus vulgaris</i>)
	<i>Xanthomonas citri</i> pv. <i>glycines</i>	Szójabab (<i>Glycine max</i>)
	<i>Xanthomonas citri</i> pv. <i>malvacearum</i>	Gyapot (<i>Gossypium hirsutum</i>)
	<i>Xanthomonas citri</i> pv. <i>mangiferaeindicae</i>	Mangó (<i>Mangifera indica</i>)
	<i>Xanthomonas citri</i> pv. <i>punicae</i>	Gránátalma (<i>Punica granatum</i>)
<i>Xanthomonas cucurbitae</i>		Tököfélék (<i>Cucurbitaceae</i>)
<i>Xanthomonas euvesicatoria</i>		Paprika (<i>Capsicum anuum</i>); Paradicsom (<i>Solanum lycopersicum</i>)
<i>Xanthomonas floridensis</i>		Vízitorma (<i>Nasturtium officinale</i>)
<i>Xanthomonas fragariae</i>		Eper (<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i>)
<i>Xanthomonas hortorum</i>		Articsóka (<i>Cynara scolymus</i>); Paprika (<i>Capsicum anuum</i>); Paradicsom (<i>Solanum lycopersicum</i>)
	<i>Xanthomonas hortorum</i> pv. <i>carotae</i>	Répa (<i>Daucus carota</i> subsp. <i>sativus</i>)
	<i>Xanthomonas hortorum</i> pv. <i>pelargonii</i>	Muskátlí (<i>Pelargonium</i> sp.)
<i>Xanthomonas maliensis</i>		Rizs (<i>Oryza sativa</i>)
<i>Xanthomonas nasturtii</i>		Vízitorma (<i>Nasturtium officinale</i>)
<i>Xanthomonas oryzae</i>	<i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i>	Rizs (<i>Oryza sativa</i>)
	<i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzicola</i>	Rizs (<i>Oryza sativa</i>)
<i>Xanthomonas phaseoli</i>	<i>Xanthomonas phaseoli</i> pv. <i>phaseoli</i>	Bab (<i>Phaseolus vulgaris</i>)
	<i>Xanthomonas phaseoli</i> pv. <i>manihotis</i>	Manióka (<i>Manihot esculenta</i>)
<i>Xanthomonas prunicola</i>		Nektarin (<i>Prunus persica</i> var. <i>nucipersica</i>)
<i>Xanthomonas sacchari</i>		Cukornád (<i>Saccharum</i> sp.)
<i>Xanthomonas translucens</i>	<i>Xanthomonas translucens</i> pv. <i>translucens</i>	Búza (<i>Triticum aestivum</i>)
	<i>Xanthomonas translucens</i> pv. <i>undulosa</i>	Búza (<i>Triticum aestivum</i>)
<i>Xanthomonas vasicola</i>	<i>Xanthomonas vasicola</i> pv. <i>vasculorum</i>	Cukornád (<i>Saccharum</i> sp.); Kukorica (<i>Zea mays</i>)
<i>Xanthomonas vesicatoria</i>		Paprika (<i>Capsicum anuum</i>); Paradicsom (<i>Solanum lycopersicum</i>)

1. táblázat: Gazdaságilag legfontosabb *Xanthomonas* fajok, alfajok. Vastagon kiemelve a súlyos termésveszteséget okozók, pirossal kiemelve az általunk vizsgálatba vont *Xanthomonas* fajok.

(Forrás: saját szerkesztés An et al. (2019) alapján)

2.3. Vizsgálatba vont *Xanthomonas* fajok bemutatása

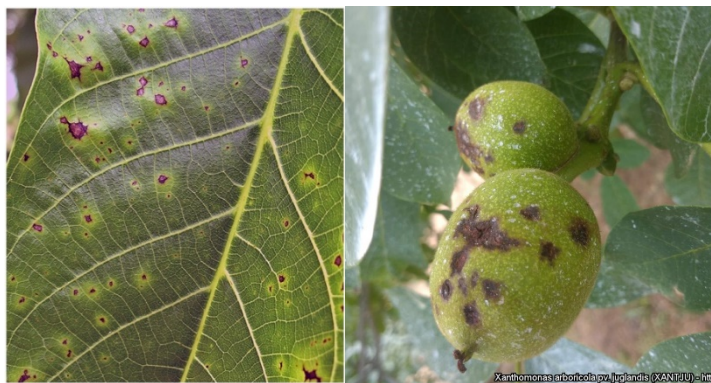
2.3.1. *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*

Előfordulás

A *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* (Pierce, 1901) okozza a dió (*Juglans regia*) xantomonászos betegségét (Vauterin *et al.*, 1995). Elsősorban a termesztett dión (*Juglans regia*) fordul elő, de egyéb *Juglans* fajokat is megbetegíthet. A betegséget először az 1800-as években Észak-Amerikában írták le, majd tovább terjedt Közép- és Dél-Amerikába is (Radócz, 2002). Európában elsőként Olaszországban, az 1920-as években jelent meg (Glits and Folk, 2000). Magyarországon az 1940-es években írták le először (Szentiványi and Kállay, 2006), azóta a dió ültetvények meghatározó kórokozója. A fertőzés mértéke az adott évjárat időjárásától függően jelentősen változik. A tünetek főként a fiatal növényi részekben tapasztalhatók, de a fa pusztulását a kórokozó sohasem okozza (Radócz, 2002).

Tünetek

Tünetek a hajtáson, levélen, levélnyélen, barkákon és a termésen jelentkeznek. A levélen néhány mm-es feketésbarna szögletes, vizenyős foltok jelennek meg (5. ábra). A foltok később megnagyobbodnak, összeolvadnak és szabálytalan alakúvá válnak. A foltok közepe gyakran kitöredezik és kihullik. A levelek deformálódhatnak, a levélerek megfeketedhetnek (Jenser, 1984; Miller and Bollen, 1946). A fertőzött levelek és termések idő előtt lehullhatnak. A foltok nagysága a fiatal és az idősebb dióleveleken eltérő. A fiatal levelek léziója pár mm-es lehet, míg az idősebbeken a levél feléig is kiterjedhetnek (Lang *et al.*, 2010; Miller and Bollen, 1946). A levélnyélen és a hajtásokon hosszanti feketésbarna csíkok, valamint 5-8 mm nagyságú szabálytalan alakú foltok jelentkeznek. A foltok később felszakadnak és rákos sebek keletkeznek, melyek később az elfásodott vesszőkön barna vagy fekete színűek (Hajri *et al.*, 2010; Jenser, 1984). A termésburkon kezdetben kicsi, barna vizenyős foltok jelennek meg (5. ábra). Később ezek is összefolynak és rothadni kezdenek (Miller and Bollen, 1946). Ha a kórokozó a fejletlen termést támadja meg akkor a dióbél összetöpped, elfeketedhet, elrothadhat és lehullhat a fáról (Lang *et al.*, 2010), jelentős termésvesztést okozva. Párás körülmények között a barna, illetve fekete foltokon fényes baktériumnyálka-bevonat jelenik meg (Vétek and Nagy, 2011).



5. ábra: *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* dió levélen és termésen okozott kórképe

(Forrás: internet 6 és internet 7)

A betegség lefolyása

A fő fertőzési forrás a fák fertőzött ágrészei, a lehullott levelek és az összeaszott termések. A kórokozó kéregrepedésekben és rügypikkelyekben telel át (Glits and Folk, 2000). A kórokozó légmozgással, esőcseppekkel, rovarokkal és a barkák pollenjeivel terjed (Lang *et al.*, 2010; Radócz, 2002). A fertőzés elsősorban a zsenge zöld részeket érinti, ez számít a fertőzés fő időszakának. A növényi részek fásodásával, vagyis június-júliustól, újabb jelentős fertőzés nem várható. A lappangási idő hőmérséklettől függően 10-15 nap (Radócz, 2002). A betegség lefolyását nagyban befolyásolja az időjárás. Az enyhe telek elősegítik a kórokozó áttelelését. A szeles, esős időjárás, illetve az öntözött állományok segítik a baktérium terjedését. A levelek főként 4-30°C, a termések 5-27°C között a legfogékonyabbak (Szentiványi and Kállay, 2006).

Védekezés

A védekezés alapját a megelőzés jelenti. A fertőzött ágrészek, a lomb és a termések eltávolítása, megsemmisítése, illetve a sebek kezelése kiemelten fontos. Kémiai védekezésre is van lehetőségünk réz tartalmú növényvédő szerrel (Adaskaveg, 2009; Glits and Folk, 2000). Engedélyezett hatóanyagok: réz-hidroxid, réz-oxiklorid, réz-oxid (internet 5). A rügypattanás előtti lemosó permetezés jelentősen gyéríti az áttelelő baktériumok mennyiségét. További kezelésekre a virágzás és a termésfejlődés időszakában van szükség. Rendszeres és eredményes védekezés azonban csak zárt rendszerű gyümölcsösökben kivitelezhető (Glits and Folk, 2000). Fontos szerepe van a fajtaválasztásnak, mivel egyes fajták eltérő érzékenységet mutatnak a kórokozóval szemben, így toleráns fajta használata jelentősen csökkentheti a kórokozó kártételét (Frutos and López, 2012; Radócz, 2002). Néhány országban antibiotikumokat, illetve bakteriofágokat önmagukban vagy keverékekben is sikeresen alkalmaztak (Gasic *et al.*, 2019;

Retamales *et al.*, 2016). Hazánkban több kísérlet is irányult a fajták fogékonyságbeli különbségeinek vizsgálatára. Bandi (2015) Ambrus (2021) és Békési (2023) vizsgálataiban fogékonynak bizonyult a 'Milotai 10' és a 'Milotai intenzív' fajta. Azonban bizonyos fajták tekintetében eltérést tapasztaltak, míg Bandi (2015) és Békési (2023) vizsgálatában az 'Alsószentiváni 117', a 'Bonifác' kevésbé érzékeny fajták, addig Ambrus vizsgálataiban közepesen fogékonynak bizonyultak. Az 'Alsószentiváni kései' fajta Békési (2023) vizsgálataiban kifejezetten érzékeny, Ambrus (2021) esetében közepesen érzékeny, Bandi (2015) vizsgálataiban kevésbé volt érzékeny.

2.3.2. *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*

Előfordulása

Xanthomonas campestris pv. *campestris* (Pammel, 1895) kórokozó okozza (Vicente and Holub, 2013) a fejes káposzta (*Brassica oleracea* var. *capitata*) xantomonászos betegségét vagy feketeerőségét. A betegséget Garman 1881-ben írta le Kentuckyban (USA). A kórokozó Európában elsőként Németországban, 1899-ben jelent meg. Az 1900-as években a maggal való átvihetőségének köszönhetően gyorsan elterjedt Európa szerte (Vicente *et al.*, 2001). Hazánkban Németh és László írták le 1983-ban (Németh and László, 1983) A betegség főként a csapadékosabb éghajlatú tájainkon jelentkezik (Glits and Folk, 2000). Világszerte a káposztafélék egyik legjelentősebb betegsége (Vicente *et al.*, 2001).

A *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* minden kontinensen jelen van és a *Brassicaceae* család számos tagját fertőzi (Bradbury, 1986). Jelentős kárt elsősorban a fejes káposzta (*Brassica oleracea* var. *capitata*), bimbóskel (*B. oleracea* var. *gemmifera*), karfiol (*B. oleracea* var. *botrytis*), kelkáposzta (*B. oleracea* var. *sabauda*) és retek (*Raphanus sativus*) növényeken okoz (Vicente *et al.*, 2001; Vicente and Holub, 2013). Emellett a gyakran modell növényként használt lúdfű (*Arabidopsis thaliana*) is fertőzhető *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* baktériummal (Bradbury, 1986).

Tünetek

A tünetek már palántakorban megjelennek. A fertőzött egyedek sziklevelének elváltozása, elszáradása, majd lehullása figyelhető meg. Súlyos fertőzés következtében a palánták el is pusztulhatnak (Rod *et al.*, 2005). A levelén tipikus tünetként levélszéltől kiinduló sárgászöld, széles V alakú foltok jelennek meg (6. ábra). A foltokban a levélerek fekete színűvé válnak. A foltok idővel elszáradnak, pergamenszerűek lesznek, majd a levelek lehullanak (Akhtar, 1989; Rod *et al.*, 2005; Walker, 1953). A torzsát kettévágva az edénynyalábok részben

vagy teljesen fekete színűek -tracheobakteriózis- (6. ábra), amire a betegség neve is utal. A fertőzött káposzta külső levelei elbarnulnak, elszáradnak (Glits and Folk, 2000).



6. ábra: *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* káposzta levélen okozott tünete
(Forrás: internet 8 és internet 9)

A betegség lefolyása

Fő fertőzési forrás a fertőzött növényekről származó vetőmag, melyekből a kicsírázó fiatal növények kezdetben látszólag tünetmentesek, csak az idősebb palánták lombszelelein jelentkeznek először elváltozások (An *et al.*, 2019; Rod *et al.*, 2005). A kórokozó a vetőmag belsejében jelen lehet, illetve annak külsején is megtapadhat. Fertőzési forrás lehet még a fertőzött növényi maradvány, melyen hosszú ideig fennmarad a baktérium. Azonban a kórokozó a talajban növényi maradványok nélkül is életképes marad. A baktérium terjedését az eső és az öntözővíz segíti (An *et al.*, 2019; Vicente and Holub, 2013). A kórokozó hőmérsékleti minimuma 5°C, maximuma 39°C, míg 50°C-on általában elpusztul. Optimális hőmérséklet tartománya 30-32°C. A kórokozó terjedésének kedvez az esős, magas páratartalmú, meleg időjárás (Glits and Folk, 2000).

Védekezés

A káposzta feketeerűségét okozó *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* ellen nehéz a védekezés. A baktérium könnyen terjed széllel, rovarokkal, öntözővízzel, esővel, művelőeszközökkel és emberi közreműködéssel (Roberts *et al.*, 2007). A növényi maradványokat meg kell semmisíteni, mivel azokon a baktérium 1-2 évig is fennmaradhat. A kisebb termesztő felületeket érdemes fertőtleníteni és előnyben részesíteni a jó vízgazdálkodású talajokat (Crüger *et al.*, 2002). Ajánlott 3-4 éves vetésforgót tartani, csávázott vetőmagot használni, de elsősorban az egészséges szaporítóanyag használatára kell törekedni (Rod *et al.*, 2005). A vetőmag fertőtlenítése történhet vízgőzkezeléssel, valamint melegvízes csávázással is. A baktérium terjedésének kifejezetten kedvez az esőztető öntözés, ezzel szemben a porlasztásos öntözés előnyösnek bizonyul (Crüger *et al.*, 2002). A keresztesvirágú

gyomnövények állományszéli és állománybeli irtása is javasolt, mivel rezervoárként fontos fertőzési forrást jelentenek (Rod *et al.*, 2005). Segíthet a védekezésben a fajtaválasztás is, hiszen némely káposzta fajta fogékonysága jelentősen eltér (Taylor *et al.*, 2002). Ellenálló fajták pl.: 'Proffesor F1', 'Succesor F1', 'Terminator F1', 'Toreador F1' (internet 10). Kémiai védekezés az állományban réz tartalmú készítményekkel, illetve ezek kombinációjával lehetséges (Glits and Folk, 2000), azonban jelenleg nincs engedélyezett hatóanyag (internet 5). Külföldön alternatív védekezésben felhasználhatók különböző *Bacillus* fajok -*Bacillus thuringiensis*, *B. cereus*, *B. subtilis*, *B. megaterium*, *B. pumilus* -, melyek biológiai vegyületet termelnek baktériumok és gombák ellen (Issazadeh *et al.*, 2012). Alternatív védekezési megoldásokra hazánkban is irányultak kísérletek, melyek eredményeként hatásos lehet az ételecet, és a fahéjolaj (Forgács *et al.*, 2023).

2.3.3. *Xanthomonas vesicatoria*

Előfordulása

A *Xanthomonas vesicatoria* (Doidge, 1920) kórokozó okozza (Vauterin *et al.*, 1995) a paprika (*Capsicum annuum*) xantomonászos betegségét, mely a paradicsomot (*Solanum lycopersicum*) is fertőzi. Elsőként Gardner és Kendrick észlelte, hogy a kórokozó a paprikán is okoz tüneteket, azonban magát a betegséget paprikán elsőként Higgins írta le 1922-ben (Potnis *et al.*, 2015). Magyarországon az 1960-as években jelent meg először a kórokozó. Több fiziológiai rassza ismert, vannak, amelyek csak a paprikát, vagy csak a paradicsomot fertőzik, illetve amelyek mindkét fajon okozhatnak tüneteket. Szerológiai jellemzők, bakteriofág érzékenység alapján különbséget tehetünk közöttük (Glits and Folk, 2000). Hazánkban a kórokozó rendszeresen megjelenik étkezési és fűszerpaprika kultúrákban. Járványszerű fellépése csak meleg, párás körülmények között várható. Erős lombhullást és termésvarasodást okoz, ezáltal kártétele igen jelentős (Zatykó, 1993).

Tünetek

Erős fertőzés esetén a tünetek a levélen, a száron, a terméskocsányon és a termésen is kialakulnak. Fertőzött magból kelő növények esetén már a sziklevélen megmutatkoznak a tünetek vizenyős foltok formájában, melyek idővel elbarnulnak (Zatykó, 1993). A lomblevélen kezdetben apró vizenyős, a fonáki oldal felé kidudorodó foltok jelennek meg, melyek később 4-6 mm nagyságúra nagyobbodnak, és szabálytalan alakúak lesznek. A folt szegélye sötétbarna, közepe kivilágosodik (7. ábra). A fertőzött levelek lehullanak (Túri, 1993). A levelek lehullását követően általában a virágokat is elrúgja a növény, mely jelentős termés kieséshez vezet (Zatykó, 1993).



7. ábra: *Xanthomonas vesicatoria* által okozott tünet paprika levelén és termésén
(Forrás: internet 11 és internet 12)

A száron kerek vagy ovális, kiemelkedő foltok láthatók. A bogyón először pontszerű, majd kissé kiemelkedő sötétbarna foltok figyelhetők meg (Jones *et al.*, 2000). Idővel ezek a foltok is megnagyobbodnak 2-3 mm átmérőjűvé válnak. Közepük enyhén bemélyed, kifakul, szegélyük felszakadozik, sötétbarnára színeződik (7. ábra). A terméskocsányon barna besüppedő foltok láthatók (Glits and Folk, 2000). Erős fertőzés eredményeként a termés magjai elbarnulnak és elhalnak (Zatykó, 1993).

A betegség lefolyása

Fő fertőzési forrás a vetőmag, mely felületén van jelen a kórokozó, emellett a fertőzött növényi maradványokon is fennmaradhat (Túri, 1993). Legideálisabb körülmény a baktérium számára 30°C, és a néhány órán át tartó, 90% feletti relatív páratartalom. Ennek ismeretében megjelenésére szabadföldön magas léghőmérséklet és sok csapadék mellett, termesztőberendezésben magas páratartalom és hiányos szellőztetés mellett számíthatunk (Mártonffy, 1999; Potnis *et al.*, 2015). A kórokozó víz segítségével terjed, és a növény légzőnyílásain, mechanikai sérülések okozta sebeken keresztül jut be (Glits and Folk, 2000; Potnis *et al.*, 2015).

Védekezés

A védekezés alapját, a megelőzés jelenti. Hajtatott paprika esetében megfelelő termesztési feltételek biztosítása -pl.: szellőztetés, optimális térállás- jelentősen csökkenti a fertőzés fellépését (Túri, 1993). Ügyelni kell az egészséges szaporítóanyag használatára. A kórokozó számára megfelelő körülmények esetén előrejelzés alapján, a kémiai védekezés megkezdése elengedhetetlen a réz hatóanyag tartalmú növényvédő szerekkel (Glits and Folk, 2000; internet 5). Agrotechnikai eszközökkel is lehet csökkenteni a kórokozók jelenlétét, pl.: vetésforgóval, növénymaradványok beforgatásával, agrotexília használatával. A különböző paprika fajok, illetve a különböző fajták eltérő fogékonyságot mutatnak (Glits and Folk, 2000; Zatykó 1993). Főként az almapaprikáknál találkozhatunk ellenálló fajtákkal -pl.: *Capsicum*

annuum var. *grossum* 'Bihar F1', 'Temes F1', 'Regös F1' (internet 13; internet 14), illetve a külföldi chili termesztésben használatos szőrös paprika (*Capsicum pubescens*) is ellenállóságot mutat (Sahin and Miller, 1998). Egyes külföldi országokban pl.: Törökországban, biológiai védekezésre irányuló kezdeményezésben az illóolajok és bizonyos *Bacillus* spp. törzsek is eredményesen felhasználhatóak, továbbá a bakteriofágokkal való védekezés is kezd teret hódítani (Mirik *et al.*, 2008).

2.3.4. *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*

Előfordulása

A *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* (Smith 1903) okozza a csonthéjasok levél- és gyümölcsfoltosságát, melyet 1903-ban Észak-Amerikában írtak le először (Morales *et al.*, 2018; Vauterin *et al.*, 1995). Világszerte elterjedt, jelentős gazdasági károkat okoz a *Prunus* nemzetségen belül (Stefani, 2010). Hazánkban először 2005-ben japán szilváról (*Prunus salicina*) izolálták a kórokozót, bár a tünetek alapján több hazai gyümölcsösben is sejtették a jelenlétét. Az elmúlt pár évben ismét jelentős kárt okozott. 2016-ban egy Fejér megyei kajszibarack (*Prunus armeniaca*) ültetvényből izolálták a kórokozót (Schwarczinger *et al.*, 2017), majd 2018-ban egy Pest megyei csonthéjas ültetvényben több mandula fajtán is megjelent a fertőzés (Kolozsváriné *et al.*, 2020).

A fertőzött termés a piacon eladhatatlanná válik. A leveleken jelentkező tünetek miatt kisebb lesz az asszimilációs felület, mely rontja a fák életképességét és csökkenti a várható terméshozamot (Garita-Cambronero *et al.*, 2018; Schwarczinger *et al.*, 2017). A súlyosabb fertőzés a növény részleges vagy teljes pusztulásához vezethet. A *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* megtalálható a European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) karantén listáján (EPPO, 2021; internet 15), illetve Magyarországon a szaporítóanyag előállítása során zárlati károsító (Schwarczinger *et al.*, 2017).

Tünetek

Csonthéjasok esetében a tünetek megfigyelhetőek a levélen, a fiatal és érett termésein, a hajtásokon, az ágakon és a törzsön is. A tünetek először a levél fonáki oldalán jelennek meg vízzel átitatott, szabálytalan alakú, 2-3 mm-es foltok formájában, melyek később megbarnulnak és a levél színén is láthatóvá válnak (Ilicic *et al.*, 2022; Rosello *et al.*, 2012). A foltok közepe kieshet levéllyukadást okozva, vagy összeolvadnak és nekrotizálódnak (8. ábra) (Schwarczinger *et al.*, 2017). Az idősebb levelek fonáki oldalán megjelenhetnek a baktériumnyálka cseppek (Süle *et al.*, 2021).



8. ábra: *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* okozta tünet kajszi levelén; *Tardif de Valence* és *'Bergecot'* fajta gyümölcssein
(Forrás: internet 16, internet 17 és internet 18)

A kajszi termésen kezdetben apró kör alakú foltok jelennek meg, amik besüppednek, szélüket gyakran vízzel átitatott halványzöld körvonal szegélyezi. Ennek hatására apró repedések keletkeznek a foltok közelében, melyek erős fertőzés és nedves körülmények hatására szétnyílnak (Garita-Cambronero *et al.*, 2018; Rosello *et al.* 2012; Schwarczinger *et al.*, 2017). Érzékeny fajtákon a gyümölcsön megjelenő foltok nagyterjedésűek, és az intenzív növekedés időszakában torzulást okozhatnak (8. ábra). Éréskor a foltok már csak elszórtan jelentkeznek (Süle *et al.*, 2021). A vesszőkön megjelenő hosszanti foltok kezdetben vízzel átitatottak, majd sötétebb árnyalatú, lilásbarnás foltokká alakulnak és végül besüppedő rákos sebekké alakulnak (Schwarczinger *et al.*, 2017).

A betegség lefolyása

Elsődleges fertőzési forrás a kéregben, rügyekben, lehullott levelekben és termésekben áttelelő kórokozó. Tavasszal 15-20°C-on már aktivizálódik és szaporodni kezd a baktérium (Zaccardelli *et al.*, 1998). Az inokulum esővel, széllel, oltással, metszéssel és rovar vektorokkal újabb növényekre jut. A fertőzéshez nincs szükség sebzésekre, mivel gázcserenyílásokon, paraszemölcsökön és levélripacsokon is képes behatolni a növénybe a kórokozó. Súlyos kártétel meleg, nedves tavaszi időben alakulhat ki, amikor több napon át nedves marad a lomb és a gyümölcskezdemény. A fertőzési időszak szirmhullástól lombhullásig tart (Morales *et al.*, 2018; Schwarczinger *et al.*, 2017). A primer fertőzéshez meleg (14-19°C), szeles, csapadékos időjárás, a járvány kialakulásához meleg (19-28°C), esős kora tavasz szükséges (Schwarczinger *et al.*, 2017; Zehr and Shepard, 1996). Másodlagos fertőzési forrásként szolgálnak a levélfoltokon vagy termésen kialakuló baktériumcseppek. A kórokozó nagyobb távolságra történő terjedésében a fertőzött szaporítóanyagnak van elsődleges szerepe (Zaccardelli *et al.*, 1998).

Védekezés

A védekezés, mint az eddig említett fajoknál is főként a megelőzésen alapul. Fontos az egészséges szaporítóanyag használata, eszközök fertőtlenítése, növényi maradványok eltávolítása, harmonikus tápanyagellátás, ellenálló fajták használata -pl.: *Prunus persica* 'Orangered', 'Bergarouge', 'Bergeron', 'Goldrich' és 'Kioto'- és az érzékeny fajták termesztésének mellőzése -pl.: *Prunus persica* 'Bergecot' (8. ábra) és 'Tardif de Valence'- (Schwarczinger *et al.*, 2017). Kémiai védekezés réztartalmú növényvédő szerek használatával lehetséges -réz-oxiklorid, réz-hidroxid, réz-oxid hatóanyagokkal- (Garita-Cambronero *et al.*, 2018; internet 5), azonban figyelembe kell venni a növényvédő szerek kontakt hatásának korlátait és perzselést okozó hatásukat. Biológiai védekezésben a bakteriofágok felhasználása ígéretes kutatási irányt adhat a jövőben (Schwarczinger *et al.*, 2017).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A vizsgálat helye és ideje

A kórokozók klasszikus és molekuláris módszerekkel történő azonosítását, a különböző *Xanthomonas* fajok összehasonlításához a vizsgálatokat 2022 és 2024 között végeztük a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növényvédelmi Intézet, Növénykórtani Tanszék laboratóriumában. A begyűjtött, nem tipikus tüneteket mutató leander minták két helyről (Nyírbátor és Kecskemét) származtak.

3.2. A vizsgálatban felhasznált anyagok

3.2.1. Izolátumok

Munkánk során a vizsgálatokat a két leanderről izolált baktériummal (X1, X2), négy Növénykórtani Tanszék génbankjában és három Mezőgazdasági és Ipari Mikroorganizmusok Nemzeti Gyűjteményében lévő *Xanthomonas* izolátummal végeztük (2. táblázat).

Izolátum kódja	Gyűjtés helye	Gyűjtés ideje	Növényfaj	Baktérium
X1	Nyírbátor	2020	<i>Nerium oleander</i>	<i>X. spp</i>
X2	Kecskemét	2020	<i>Nerium oleander</i>	<i>X. spp</i>
Kaj1	Sóskút	2017	<i>Prunus armeniaca</i>	<i>X. arboricola</i> pv. <i>pruni</i>
XKH	Hajdúhadház	2021	<i>Brassica oleracea</i> convar. <i>capitata</i> var. <i>alba</i>	<i>X. campestris</i> pv. <i>campestris</i>
Xcc3	Kiskőrös	2023	<i>Brassica oleracea</i> convar. <i>acephala</i> var. <i>gongylodes</i>	<i>X. campestris</i> pv. <i>campestris</i>
P1	Nyírbátor	2022	<i>Capsicum annuum</i>	<i>X. vesicatoria</i>
B.01395	Új-Zéland	1956	<i>Juglans regia</i>	<i>X. arboricola</i> pv. <i>juglandis</i>
B.02489	Erdély	-	<i>Juglans regia</i>	<i>X. arboricola</i> pv. <i>juglandis</i>
B.02490	Budakeszi	-	<i>Juglans regia</i>	<i>X. arboricola</i> pv. <i>juglandis</i>

2. táblázat: A kísérletbe vont izolátumok adatai

(Forrás: saját munka)

3.2.2. Táptalajok

A baktériumok tenyésztéséhez és fenntartásához King-B táptalajt használtunk (King *et al.*, 1954), amely 36 g King-B agar, 5 ml glycerol és 1 l desztillált víz összetételű. A tenyészetek fenntartása King-B táptalajon szobahőmérsékleten, illetve glycerolos konzerváló folyadékban -20 °C-on és -70 °C-on történt. A konzerváló folyadék komponensei: 3 g Beaf extract, 5 g pepton, 20 g glycerol, 1 l desztillált víz. A vizsgálatok előtt friss, 24 órás baktérium tenyészeteket készítettünk.

A *Xanthomonas* fajok összehasonlításához Yeast dextróz karbonát és D5 agart

használtunk. A Yeast dextróz karbonát agar összetétele 1 liter desztillált vízre vonatkoztatva: 20 g dextróz, 10 g élesztőkivonat, 20 g CaCO₃ por, 20 g agar (Schaad, 1988). A D5 agar összetétele szintén 1 l desztillált vízre: 10 g cellobióz, 3 g K₂HPO₄, 1 g NaH₂PO₄, 1 g NH₄Cl, 0.3 g MgSO₄, 7H₂O és 15 g agar (Kado and Heskett, 1970).

3.2.3. Növényanyag

A leanderről újonnan izolált baktériumok (X1, X2) hiperszenzitív reakciót indukáló képességét dohánynövényen (*Nicotiana tabacum* cv. *Xanthi*) és paradicsomon (*Solanum lycopersicum*) vizsgáltuk. A kórokozók patogenitásának meghatározásához egy éves, saját szaporítású leander csemetéket használtunk.

A leanderről újonnan izolált baktériumok (X1, X2) gazdanövénykörének meghatározásához, valamint a génbanki izolátumok (Kaj1, XKH, Xcc3, P1, B.01395, B.02489, B.02490) patogenitásának (adott faj-saját gazdanövényén) ellenőrzéséhez kajszi, közönséges dió, paprika, karalábé, fejes káposzta, sávoslevelű muskátli, futómuskátli, fűz (*Salix alba*), fekete- és fehérenyár (*Populus alba*, *P. nigra*) leveleket használtunk. A káposztát és a karalábét szupermarketben vásároltuk, míg a kajszi, dió, muskátli hajtásokat és a paprika leveleket házikertből gyűjtöttük. A fűz és nyár levelek közterületről származtak.

3.2.4. Felhasznált eszközök

A vizsgálatok során a laboratóriumban megtalálható általános fém-, üveg-, porcelán- és műanyag laboratóriumi eszközöket használtuk fel (oltókacs, szike, bonctű, tárgylemez, lombik, üvegedény, fecskendő, Eppendorf csövek, pipetta, pipettahegyek, mérőpohár stb.). A tenyészetek fenntartása 905 mm-es műanyag Petri-csészékben történt. A kórokozók táptalajra oltása, tenyésztése Thermo Scientific MSC 1.2 lamináris fülke alatt történt. A PCR-t Mastercycler Eppendorf flexlid típusú PCR készülékben végeztük.

3.3. A vizsgálatok módszere

3.3.1. A kórokozó izolálása leanderről

A nem tipikus tüneteket mutató leander leveleket és ágat 70% etilalkohollal fertőtlenítettük, ezután steril fülkében az egészséges és a fertőzött növényi rész határáról mintát vettünk. A következő lépésben a növényi szövetet desztillált vízzel homogenizáltuk, majd pedig King-B táptalajon szélesztettük (Schaad, 1980). A tenyészeteket szobahőmérsékleten (25 °C ±2°C) 2-3 napig inkubáltuk, majd a különálló kolóniákat újra leoltottuk, hogy tiszta tenyészetet hozzunk létre, melyeket a későbbiekben folyamatosan fenntartottunk.

3.3.2. A krioprezervált és liofilizált izolátumok reaktiválása és fenntartása, baktériumszuszpenzió előállítása

A tanszéki négy krioprezervált génbanki tételt (Kaj1, XKH, Xcc3, P1) -70 °C-ról szobahőmérsékletre helyeztük. Olvadás után pipettával összekevertük és King-B táptalajra szélesztettük. Majd két nap után a különálló kolóniákból újra átoltottuk és folyamatosan fenntartottuk.

A Mezőgazdasági és Ipari Mikroorganizmusok Nemzeti Gyűjteményéből származó liofilizált három génbanki tételt (B.01395, B.02489, B.02490) reaktiváltuk. A reaktiválás során a génbanki tételeket tartalmazó kémcsövek felületére néhány csepp forró vizet csepegtettünk. Ezután eltávolítottuk a kémcsövet lezáró dugót, a belső ampullát és steril tűvel annak vattadugóját, majd 0,2 ml folyékony tápközeget adagoltunk a mintákhoz. Keverés után a sejteket hagytuk rehidratálódni, és 20 perc után a szuszpenziókat King-B táptalajra szélesztettük. A különálló kolóniákat 2-3 nap inkubálás után átoltottuk és folyamatosan fenntartottuk.

A baktérium szuszpenzió előállítása fajonként, 24 órás, szobahőmérsékleten tartott tiszta tenyészetekből történt. Az elkészült szuszpenziót desztillált vízzel kalibrált spektrofotométerrel 540 nm-en, 5×10^7 sejt/ml töménységűre állítottuk be.

3.3.3. Gram tulajdonság meghatározása

A baktériumok azonosításának egyik fontos módszere a Gram tulajdonság meghatározása. A folyamat lényege, hogy a Gram-negatív baktériumok sejtfala lúgos oldatban gyorsan feloldódik és a dezoxiribonukleinsav nyúlós állagúvá válik, míg a Gram-pozitív baktériumok esetében a keverék vizes állagú marad (Suslow *et al*, 1981). A vizsgálathoz friss, 24 órás tenyészetből származó baktériumkolóniát egy csepp 3%-os KOH oldattal a tárgylemezre helyeztünk. Ezt követően oltókacs segítségével homogenizáltuk, majd szálhúzással ellenőriztük, hogy a baktérium sejtfala feloldódott-e (Gregersen, 1978).

3.3.4. Hiperszenzitív reakció vizsgálata

A hiperszenzitív reakció vizsgálatához 5×10^7 sejt/ml mennyiségű baktérium szuszpenziót injektáltunk fecskendő segítségével a dohánynövény és a paradicsom levelébe. A tesztet 24 és 48 óra elteltével is elemeztük (Klement, 1964).

3.3.5. Patogenitási teszt

A leanderről izolált izolátumok (X1, X2) patogenitását leander hajtásokon és leveleken vizsgáltuk. A növényi részeket 70%-os alkohollal fertőtlenítettük, majd 5×10^7 sejt/ml

töménységű 100 µl baktérium szuszpenzióval fertőztük. A tesztelés során a szuszpenziót steril injekciós tűvel juttattuk be a levelekbe és a hajtásokba. A kontroll növények esetében steril desztillált vizet használtunk a kezeléshez. A fertőzés végeztével a növényi részeket pára kamrába helyeztük és szobahőmérsékleten, magas - 90% feletti - relatív páratartalom mellett tartottuk őket (Koch, 1878).

A leanderről izolált izolátumok (X1, X2) gazdanövénykörének meghatározásához kajszi, közönséges dió, paprika, karalábé, fejes káposzta, sávoslevelű és futómuskátli, fűz, fekete- és fehérrnyár leveleket használtunk. Minden növényfaj esetében 5-5 levelet használtunk. A levelek fertőtlenítése után a baktérium kolóniát steril fogpiszkáló segítségével juttattuk a levelek felszínére. A kontroll növények fertőzése esetében steril desztillált vizet. A fertőzések után a növényi részeket pára kamrában, szobahőmérsékleten, magas relatív páratartalom (> 90%) mellett tartottuk. A tüneteket 2 héten keresztül naponta megfigyeltük.

A vizsgálatba vont minden génbanki izolátum esetében, az adott baktériumfaj-saját gazdanövényén patogenitási és virulencia vizsgálatokat végeztünk, melyhez kajszi, közönséges dió, paprika, karalábé, fejes káposzta, sávoslevelű és futómuskátli, fűz, fekete- és fehérrnyár leveleket használtunk. A fertőzés megegyezett a korábban, leanderről izolált izolátumok gazdanövénykörének meghatározásához alkalmazott módszerrel.

3.3.6. Biokémiai tulajdonságok

A leanderről izolált új baktériumok (X1, X2) biokémiai tulajdonságainak jellemzéséhez a Biomérieux (France) által gyártott API 50CH tesztcsíkot használtuk. A vizsgálat során minden mintatartóba a gyártó előírásainak megfelelően egy speciális folyadékba (CHB-Medium) kevert 5×10^7 sejt/ml töménységű baktérium szuszpenziót juttattunk. Szobahőmérsékleten, 24 órás inkubálást követően a megfelelő reagensek hozzáadása után az eredményt a meghatározott színkódok alapján értékeltük a kontroll mintatartóhoz.

A vizsgálatba vont összes *Xanthomonas* faj biokémiai tulajdonságainak összehasonlításához a Biomérieux (France) által gyártott API 20NE tesztcsíkot alkalmaztuk. A teszt a nem tápanyagigényes, nem enterális, Gram-negatív baktériumok biokémiai tulajdonságainak meghatározására szolgál. Az API 20NE dehidratált szubsztrátokat tartalmazó 20 mikrocsőből áll, amely 8 hagyományos tesztet és 12 asszimilációs tesztet tartalmaz. A mikrocsővek az inkubálás után színváltozást mutatnak, mely spontán vagy reagensek hozzáadásával megy végbe. A vizsgálatunk során minden zsebbe a gyártó előírásainak megfelelően 5×10^7 sejt/ml töménységű baktérium szuszpenziót juttattunk. Szobahőmérsékleten

24 órás inkubálás után a megfelelő reagensek hozzáadása után az eredményt a meghatározott színek alapján értékeltük.

3.3.7. Molekuláris vizsgálatok

A leanderről izolált izolátumok (X1, X2) azonosításához a 16S rRNS-t kódoló gént vizsgáltuk PCR (polimeráz-láncreakció) technika segítségével. Emellett multilókuszos szekvenciaanalízist (MLSA) végeztünk három gén (*fyuA*, *rpoD*, *gyrB*) felhasználásával, mely a leanderről izolált baktériumok pontosabb meghatározását és a hazai izolátumokkal (Kaj1, XKH, Xcc3, P1) alaposabb összehasonlítását tesz lehetővé. A PCR során alkalmazott primereket a 3. táblázat tartalmazza.

Régió	Szakasz mérete (bázispár-bp)	Primer neve	Szekvencia (5'-3')	Hivatkozás
16 sRNS	1300	63F	CAGGCCTAACACATGCAAGTC	Osborn <i>et al.</i> , 2000
		1389R	ACGGGCGGTGT45GTACAAG	
<i>fyuA</i>	698	XfyuA1F	AGCTACGAYGTGCGYTACGA	Young <i>et al.</i> , 2008
		XfyuA1R	GTTACGCCRAACTGGTAG	
<i>rpoD</i>	875	XrpoD1F	TGGAACAGGGCTATCTGACC	
		XrpoD1R	CATTCTYAGGTTGGTCTGRTT	
<i>gyrB</i>	832	XgyrPCR2F	AAGCAGGGCAAGAGCGAGCTGTA	Parkinson <i>et al.</i> , 2007
		Xgyrrsp1	CAAGGTGCTGAAGATCTGGTC	

3. táblázat: A PCR során alkalmazott primerek

(Forrás: saját munka)

PCR elegy komponensei 25 µl végtérfogatra: 12,5 µl Master Mix, 10 µl H₂O, 0,5 µl forward primer, 0,5 µl reverz primer, 2 µl DNS (szuszpenzió). A PCR során alkalmazott protokollt a 4. táblázat mutatja be. A PCR termékeket SYBRTM Safe (Thermo Fisher SSC) festék segítségével 1%-os agaróz gélen futtattuk. Vízsíntes mini elektroforézis készülékben választottuk el 1 %-os TBE pufferben (12,11 g Tris; 5,135 g bórsav; 0,372 g EDTA; 1000 ml desztillált vízben). A méréshez 1 kb-os GeneRuler létrát használtunk. A nukleinsav frakciókat UV fényben olvastuk le és elemeztük.

Az amplifikáció elvégzése után a PCR terméket a GenEluteTM PCR Clean-Up Kit (Sigma) segítségével tisztítottuk a gyártó utasításai szerint. A tisztított PCR termékeket Gödöllőre az Eurofind BIOMI Kft-hez küldtük szekvencia meghatározásra. A szekvenciák összeillesztéséhez a CLC Genomics workbench 6.8.1. (CLC Bio A/S, Cambridge, MA) software csomagot, a törzsfá készítéséhez a Mega 11.1 programot és az National Center for Biotechnology Information (NCBI) Génbank adatbázisát használtuk (Tamura and Nei, 1993; Tamura *et al.*, 2021).

Szakasz elnevezése	16S rRNS gén (Osborn <i>et al.</i> , 2000)			<i>fyuA</i> , <i>rpoD</i> (Young <i>et al.</i> , 2008)			Standard <i>gyrB</i> (Parkinson <i>et al.</i> , 2007)		
	Hőmérséklet (°C)	Időtartam (min-perc; mp-másodperc)	Ismétlés	Hőmérséklet (°C)	Időtartam (min-perc; mp-másodperc)	Ismétlés	Hőmérséklet (°C)	Időtartam (min-perc; mp-másodperc)	Ismétlés
Elődenaturáció	94	2 min	1	94	3 min	1	94	2.5 min	1
Denaturáció	94	1 min	30	94	30 mp	30	94	30 mp	34
Anelláció	55	1 min		54	30 mp		50	45 mp	
Polimerizáció	72	2 min		72	1 min		68	1 min	
Polimerizáció	72	10 min	1	72	10 min	1	68	7 min	1

4. táblázat: A PCR paraméter

(Forrás: saját munka)

4. EREDMÉNYEK

4.1. A leanderen megfigyelt tünetek

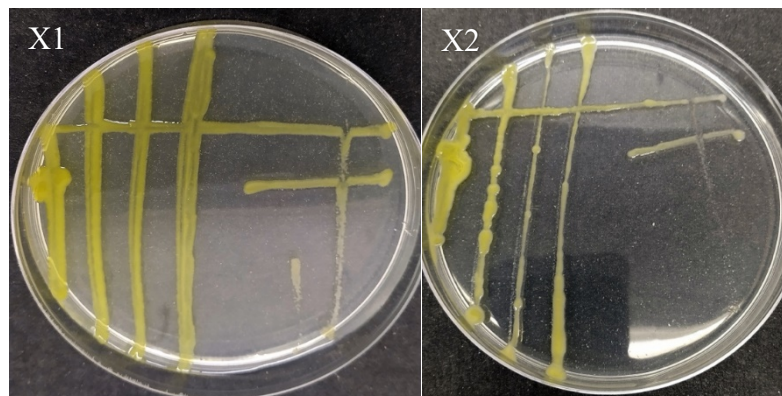
Leander leveleken és ágon a leander eddig nem ismert baktériumos betegségeire utaló tüneteket figyeltük meg. A főéren néhány apró sötétbarna folt, a levél széllel érintkező szabálytalan alakú, nekrotikus foltok, valamint az ágon rákos seb volt tapasztalható (9. ábra). Ezek a megfigyelt tünetek nem jellemzőek sem a *Pseudomonas savastanoi* pv. *nerii*, sem az *Agrobacterium tumefaciens* által okozott rákos sebekre, tumorokra, sem a *Xylella fastidiosa* által okozott levélszáradásra.



9. ábra: A gyűjtött minta atipikus tünetei *Nerium oleander* levélen és ágon
(Forrás: Fodor, 2021)

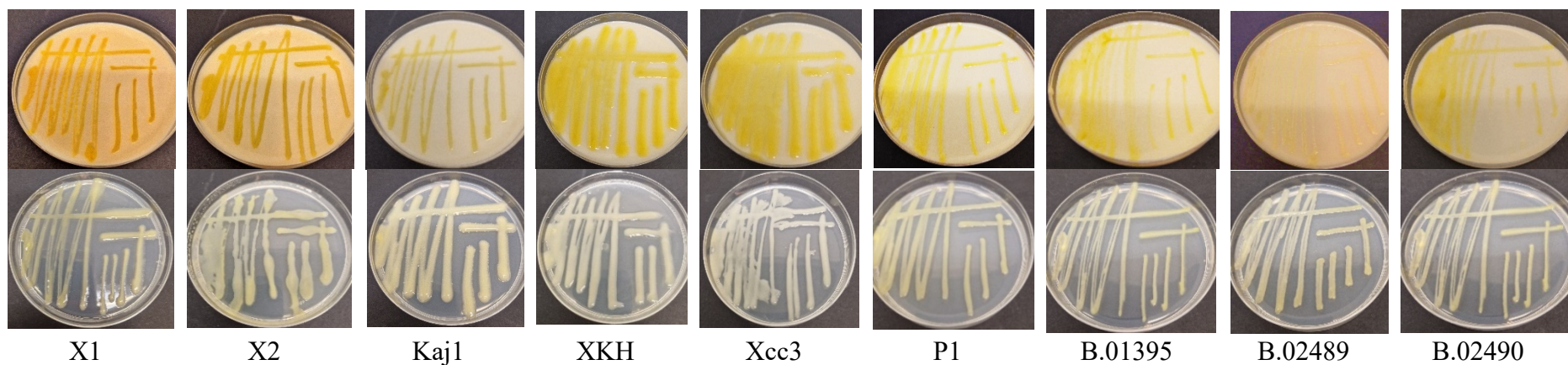
4.2. A *Xanthomonas* izolátumok tenyészbélyegeinek jellemzése, összehasonlítása

A tüneteket mutató leander levélen megjelenő foltokból (X1) és az ágakon lévő rákos sebekből (X2) két tiszta tenyészetet hoztunk létre. Mindkét izolátum King-B táptalajon (X1, X2) könnyen tenyészthető és fenntartható volt. 48 órás inkubálás után sárga színű, sima szélű, kiemelkedő telepeket alkottak (10. ábra).



10. ábra: X1 és X2 izolátumok tenyésze King-B táptalajon 48 órás inkubálás után
(Forrás: Fodor, 2021)

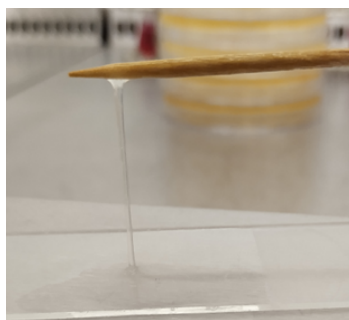
A *Xanthomonas* fajok összehasonlításához használt Yeast dextróz karbonát és D5 agaron tenyésztett gébanki izolátumok (Kaj1, XKH, Xcc3, P1, B.01395, B.02489, B.02490) és a leanderről izolált izolátumok (X1, X2) azonos tenyészbélyegeket mutattak. Minden vizsgálatba vont izolátum azonos: sárga, nyálkás, domború, fényes telepeket képzett Yeast dextróz karbonát táptalajon. 48 órás inkubálás után minden izolátum krémes-sárga, csillogó, sima, domború telepeket alkotott a szelektív D5 táptalajon (11. ábra).



11. ábra: Izolátum tenyészbélyege Yeast dextróz karbonát (felső sor) és D5 (alsó sor) agaron 48 órás inkubálás után
(Forrás: Fodor, 2024)

4.3. Gram-tulajdonság

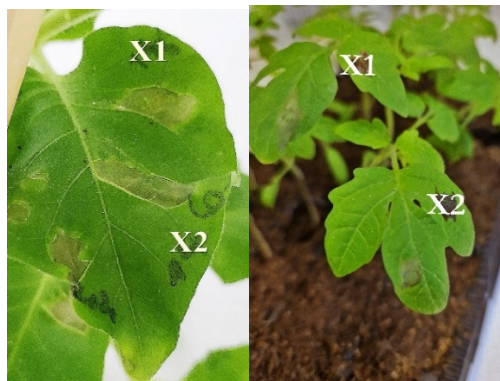
A leanderről izolált baktérium kolóniáit tárgylemezre helyeztük, és 3%-os KOH oldatot adtunk hozzá, ezután steril fogpiszkáló segítségével homogenizáltuk. Az elegy nyúlós állagúvá vált, mivel a KOH oldat feloldotta a kórokozó sejtfalát (12. ábra). Ezzel igazolva, hogy a vizsgált X1 és X2 izolátumok Gram-negatívak. Emellett ellenőriztük minden vizsgálatba vont *Xanthomonas* izolátumot is (Kaj1, XKH, Xcc3, P1, B.01395, B.02489, B.02490), melyek szintén alátámasztották Gram-negatív tulajdonságukat.



12. ábra: X1 izolátum 3%-os KOH tesztje
(Forrás: Király, 2023)

4.4. A hiperszenzitív reakció vizsgálata

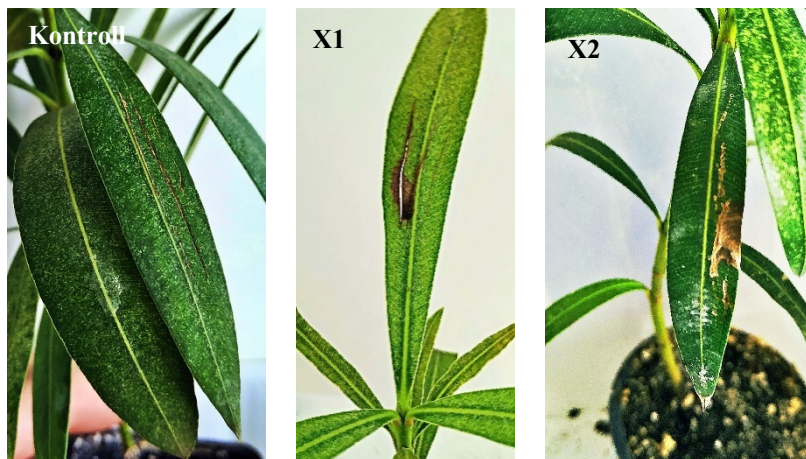
A hiperszenzitív reakció vizsgálata során a dohány-növények leveleibe injektált mindkét leanderről izolált baktérium szuszpenzió (X1, X2) 24 óra elteltével pozitív reakciót, azaz gyors szöveti nekrózist adott (13. ábra). A paradicsom (*Solanum lycopersicum*) esetében a nekrózis már 12 óra elteltével is jelentkezett. Ez igazolja a patogén kórokozó jelenlétet. Ezen tulajdonságot megerősítettük a vizsgálatba vont összes *Xanthomonas* izolátum (Kaj1, XKH, Xcc3, P1, B.01395, B.02489, B.02490) esetében is.



13. ábra: Az X1 és X2 izolátumok hiperszenzitív reakciója dohány növény és paradicsom levelén 24 óra inkubálás után (Forrás: Fodor, 2023; Király, 2024)

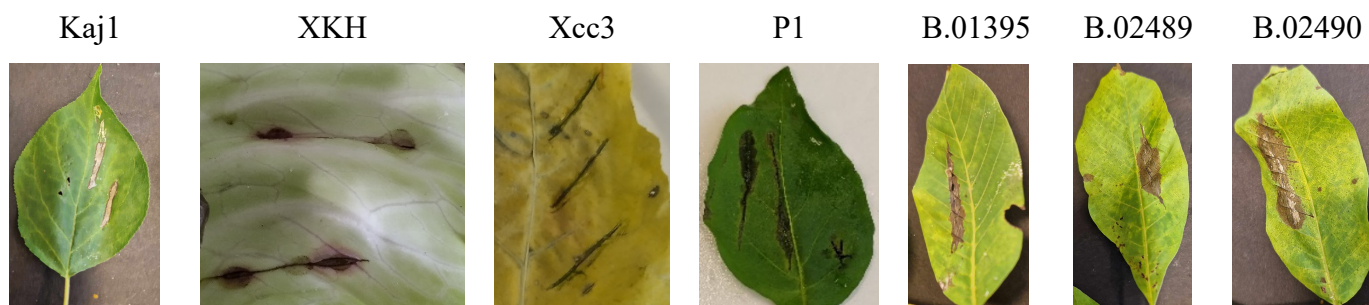
4.5. Patogenitási teszt

Az X1 és X2 izolátumok patogenitásának meghatározásához használt leander csemetéken az első tünetek a fertőzés utáni 14. napon jelentkeztek. Az inokulálás helyén elhaló, nekrotikus foltok jelentek meg. A mesterségesen fertőzött egyedekről visszaizoláltuk a kórokozókat King B táptalajra, klasszikus bakteriológiai módszerekkel azonosítottuk és igazoltuk a Koch posztulátumokat. A steril desztillált vízzel inokulált kontroll növények esetében elváltozásokat nem tapasztaltunk (14. ábra).



14. ábra: Patogenitási teszt *Nerium oleander* növényen (kontroll, X1, X2 izolátumok)
(Forrás: Fodor, 2023)

A vizsgálatba vont génbanki izolátumok (Kaj1, XKH, Xcc3, P1, B.01395, B.02489, B.02490) esetében az adott baktériumfaj-saját gazdanövényén végzett patogenitási vizsgálat során a betegségre jellemző tipikus tüneteket figyeltük meg (15. ábra). A leanderről izolált X1 és X2 izolátumok baktérium szuszpenzióival fertőzött kajszi, dió, paprika, karalábé, káposzta, muskátli, fűz és nyár levelein a fertőzést követően tüneteket nem tapasztaltunk az inkubálást követő 2 hetes időtartam alatt. A kontroll növények esetében sem tapasztaltunk változást (16. ábra).



15. ábra: A vizsgálatba vont génbanki izolátumok patogenitásának ellenőrzése
(Forrás: Király, 2024)



16. ábra: A leanderről izolált X1 és X2 izolátumok (második és harmadik sor) szuszpenzióival fertőzött káposzta, karalábé, kajszi, dió, paprika, muskátli, nyár és fűz levelek és kontroll (első sor) levelek a fertőzést követő 2 hét után

(Forrás: Király és Fodor, 2024)

4.6. A *Xanthomonas* izolátumok biokémiai jellemzői

Az API 50CH teszt vizsgálata alapján a leander izolátumaink (X1, X2) tizenegy tulajdonságban (galaktóz, D-glükóz, D-fruktóz, D-mannóz, N-acetil-glükózamin, amigdalín, maltóz, szukróz, amidon, D-fukóz, L-fukóz) pozitív reakciót adtak, míg nyolc tulajdonságban különböztek. Az X2 izolátum D-xilóz, arbutin, cellobióz, melibióz, glikogén, trehalóz vizsgálatokon pozitív, míg az X1 izolátum negatív eredményt mutatott. Az X1 izolátum szalicin és xilit teszteken pozitív reakciót mutatott, míg az X2 negatív. X1 és X2 izolátum tizenegy szénhidrátot egyformán hasznosított (galaktóz, D-glükóz, D-fruktóz, D-mannóz, N-acetil-glükózamin, amigdalín, maltóz, szukróz, amidon, D-fukóz, L-fukóz) (5. táblázat).

	0	GLY	ERY	DARA	LARA	RIB	DXYL	LXYL	ADO	MDX	GAL
X1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
X2	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
	GLU	FRU	MNE	SBE	RHA	DUL	INO	MAN	SOR	MDM	MDG
X1	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
X2	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	NAG	AMY	ARB	ESC	SAL	CEL	MAL	LAC	MEL	SAC	TRE
X1	+	+	-	-	+	-	+	-	-	+	-
X2	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+
	INU	MLZ	RAF	AMD	GLGY	XLT	GEN	TUR	LYX	TAG	DFUC
X1	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+
X2	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+
	LFUC	DARL	LARL	GNT	2KG	5KG					
X1	+	-	-	-	-	-					
X2	+	-	-	-	-	-					

5. táblázat: A leanderről izolált X1, X2 izolátum API 50CH teszt vizsgálat eredménye

(Forrás: saját munka)

Jelmagyarázat: kontrol (0), glicerín (GLY), eritritol (ERY), D-arabinóz (DARA), L- arabinóz (LARA), ribóz (RIB), D-xilóz (DXYL), L-xilóz (LXYL), adonitol (ADO), metil xilozid (MDX), galaktóz (GAL), D-glükóz (GLU), D-fruktóz (FRU), D-mannóz (MNE), szorbóz (SBE), ramnóz (RHA), dulcitol (DUL), inozitol (INO), mannitol (MAN), szorbitol (SOR), metil-D-mannozid (MDM), metil-D-glükózid (MDG), N-acetil-glükózamin (NAG), amigdalín (AMY), arbutin (ARB), eszkulin (ESC), szalicin (SAL), cellobióz (CEL), maltóz (MAL), laktóz (LAC), melibióz (MEL), szukróz (SAC), trehalóz (TRE), inulin (INU), melizitóz (MLZ), D-raffinóz (RAF), amidon (AMD), glikogén (GLGY), xilit (XLT), gentibióz (GEN), turanóz (TUR), lixóz (LYX), tagatóz (TAG), D-fukóz (DFUC), L-fukóz (LFUC), D-arabitol (DARL), L-arabitol (LARL), glükonát (GNT), 2 keto-glükonát (2KG), 5 keto-glükonát (5KG).

Az API 20NE teszt vizsgálat alapján X1 és X2 izolátumok pozitív reakciót adtak tizenhat reakció során (nitrát-redukció, D-glükóz asszimiláció, eszkulin hidrolízis, zselatin hidrolízis, β -galaktozidáz, arabinóz asszimiláció, D-mannóz asszimiláció, D-mannitol asszimiláció, N-acetil-glükózamin asszimiláció, D-maltóz asszimiláció, K-glükonát

asszimiláció, kaprilsav asszimiláció, adipinsav asszimiláció, almasav asszimiláció, fenil-ecetsav asszimiláció) és csak az arginin dihidroláz termelésében mutattak eltérést (X1-pozitív, X2-negatív eredményt mutatott). A vizsgált génbanki izolátumok (Kaj1, XKH, Xcc3, P1, B.01395, B.02489, B.02490) egységesen pozitív reakciót adtak eszkulin hidrolízis, β -galaktozidáz, D-glükóz asszimiláció, D-mannóz asszimiláció, N-acetil-glükózamin asszimiláció esetében. Míg a nitrát-redukció során az XKH, Xcc3-, a zselatin hidrolízis során a P1, XKH, kajsi, B.01395, B.02489, B.02490-, az arabinóz asszimiláció és D-mannitol asszimiláció során az Xcc3-, a D-maltóz asszimiláció, K-glükonát asszimiláció, almasav asszimiláció során az P1, XKH, Xcc3, B.01395, B.02489, B.02490-, a fenil-ecetsav asszimiláció során az XKH és a Xcc3-, a Na-citrát asszimiláció során a Xcc3, B.01395, B.02489 izolátum adott pozitív reakciót (6. táblázat). A B.01395, B.02489, B.02490 izolátumok biokémiai vizsgálatát Bandi (2014) végezte el.

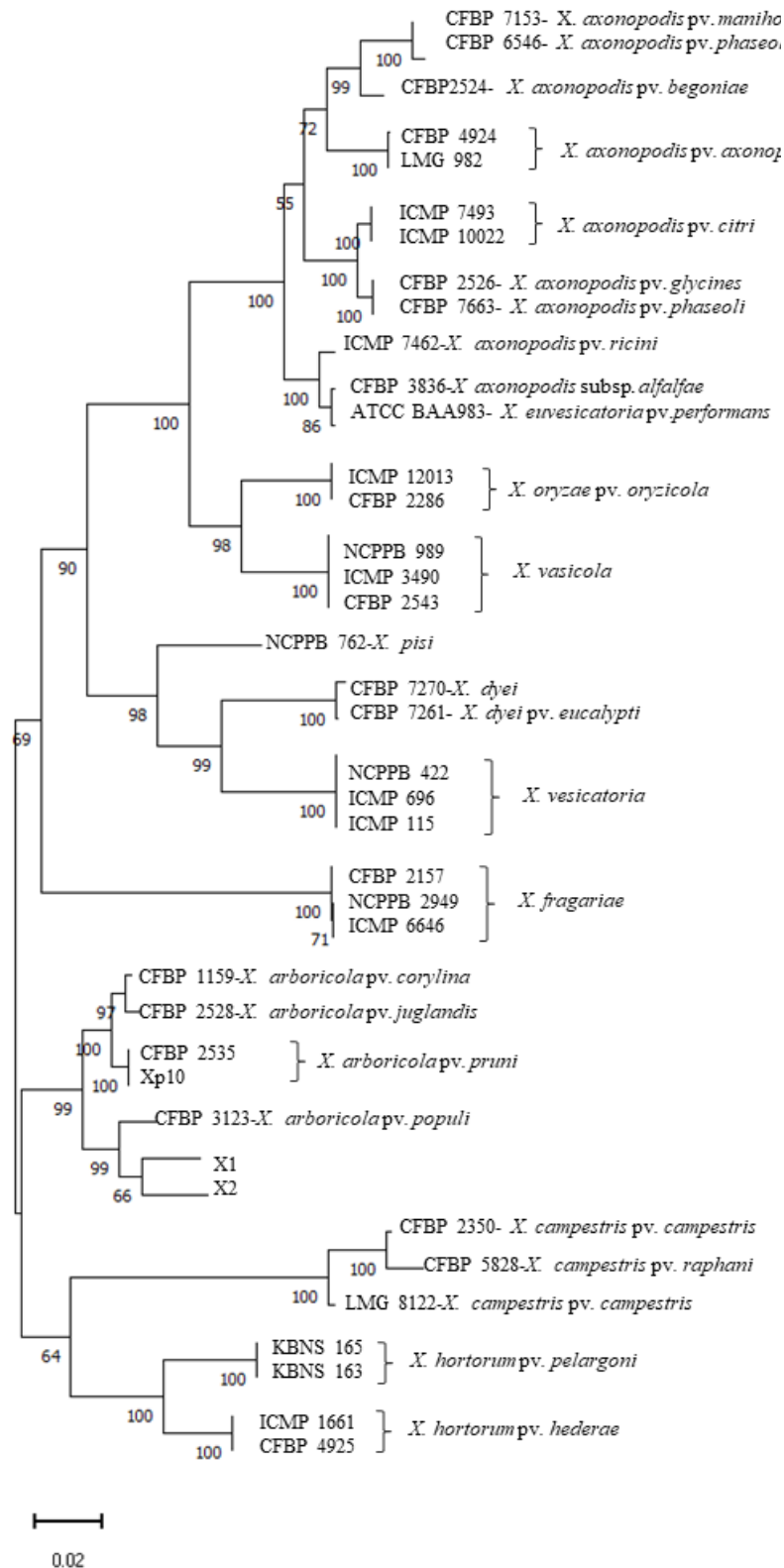
	NO ₃	TRP	GLU	ADH	URE	ESC	GEL	PNPG	GLU	ARA
X1	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+
X2	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+
P1	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-
XKH	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-
Xcc3	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+
Kaj1	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-
B.01395	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-
B.02489	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-
B.02490	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-
	MNE	MAN	NAG	MAL	GNT	CAP	ADI	MLT	CIT	PAC
X1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
X2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
P1	+	-	+	+	+	-	-	+	-	-
XKH	+	-	+	+	+	-	-	+	+	-
Xcc3	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
Kaj1	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
B.01395	+	-	+	+	-	-	-	+	-	+
B.02489	+	-	+	+	-	-	-	+	-	+
B.02490	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-

6. táblázat: A vizsgálatba vont *Xanthomonas* izolátumok API 20NE teszt vizsgálat eredménye (Forrás: saját munka)

Jelmagyarázat: nitrát-redukció (NO₃), indol képzés (TRP), D-glükóz asszimiláció (GLU), L-arginin dihidroláz (ADH), ureáz (URE), eszkulin hidrolízis (ESC), zselatin hidrolízis (GEL), β -galaktozidáz (PNPG), L-arabinóz asszimiláció (ARA), D-mannóz asszimiláció (MNE), D-mannitol asszimiláció (MAN), N-acetil-glükózamin asszimiláció (NAG), D-maltóz asszimiláció (MAL), K-glükonát asszimiláció (GNT), kaprilsav asszimiláció (CAP), adipinsav asszimiláció (ADI), almasav asszimiláció (MLT), fenil-ecetsav asszimiláció (CIT), Na-citrát asszimiláció (PAC).

4.7. A leanderről származó izolátumok molekuláris vizsgálata

A 16S rRNS gén molekuláris vizsgálata során ~1300 bázispár (bp) hosszúságú termékek jöttek létre. A saját, leanderről származó izolátumaink (X1, X2) szekvenciája feltöltésre került az NCBI adatbázisba (Accession numbers: OR593350, OR593351). A meglévő szekvenciák alapján izolátumaink egymással 99.76%-ban megegyeztek, az X1 99,85 %-os, míg az X2 99,92% -os azonosságot mutatott más *Xanthomonas* spp. izolátumokkal, azonban a pontos alfaj szintű meghatározáshoz szükség van több gén vizsgálatára is. Az MLSA elemzéshez használt három háztartási gén vizsgálata során az *fyuA* esetében ~698 bp, az *rpoD* esetében ~875, a *gyrB* esetében ~832 bp hosszúságú termék keletkezett. A leanderről azonosított izolátumok (X1, X2) szekvenciája feltöltésre került az NCBI adatbázisba (2. melléklet), a többi *Xanthomonas* izolátum feltöltése folyamatban van. A vizsgálatba vont hazai *Xanthomonas* spp. izolátumok a törzsfa elemzésbe torzító hatásuk miatt nem kerültek be. A törzsfa két részre osztható. Az egyik ágon a *X. oryzae*, *X. pisi*, *X. dey*, *X. vesicatoria*, *X. fragariae* és *X. axonopodis* fajok és patotípusok, míg a másik ágon a *X. arboricola*, *X. campestris* és *X. hortorum* fajok és patotípusok helyezkednek el. A leanderről izolált baktériumok (X1, X2) a *X. arboricola* izolátumokkal (*X. arboricola* pv. *corylina*, *X. arboricola* pv. *juglandis*, *X. arboricola* pv. *pruni*, *X. arboricola* pv. *populi*) elkülönülnek a fán. A legközelebbi rokonságot a montegrói *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* izolátummal mutatják. Egymással megegyeznek, és egy ágon helyezkednek el a *X. arboricola* pv. *populi* (CFBP 3123) izolátummal. A legtávolabbi rokonságban a *X. axonopodis* patotípusaival (CFBP 7153, CFBP 6545) állnak.



17. ábra: Izolátumok filogenetikai törzsfája a részleges *fyuA*, *rpoD* és *gyrB* gén szekvenciák alapján, génbanki izolátumokkal. Saját izolátumok: X1, X2. A törzsfák készítéséhez a Tamura-Nei G5 modellt, a maximum likelihood módszert használtuk 1000 ismétléssel (Forrás: Tamura és Nei, 1993; Tamura *et al.*, 2021).

5. KÖVETKEZTETÉSEK

Leander leveleken és ágon a leander eddig nem ismert baktériumos betegségeire utaló tüneteket figyeltük meg. A főéren apró, sötétbarna foltokat, a levél széllel érintkező nekrotikus foltokat, valamint az ágon rákos sebet figyeltünk meg. A leveleken lévő foltokból és az ágakon lévő rákos sebekből két izolátumot (X1, X2) hoztunk tiszta tenyészetbe, amiket klasszikus és molekuláris bakteriológiai módszerekkel azonosítottunk, és összehasonlítottuk hazai, jelentős gazdasági kárt okozó *Xanthomonas* izolátumokkal (Kaj1, XKH, Xcc3, P1, B.01395, B.02489, B.02490).

Az X1 és X2 izolátumok Gram negatív tulajdonságát KOH teszttel támasztottuk alá (Bradbury, 1984; Saddler *et al.*, 2005). A tenyészbélyeget King-B táptalajon vizsgáltuk, melyen könnyen tenyészthetők és fenntarthatók voltak. Az izolátumok 48 órás inkubálás után sárga színű, sima szélű, kiemelkedő telepeket alkottak, mely a *Xanthomonas* nemzetségre jellemző tenyészbélyeg. Yeast dextróz karbonát és D5 agaron szintén sárgás színű, sima szélű, kiemelkedő telepeket figyeltünk meg a leanderről izolált (X1, X2) és a génbanki izolátumok (Kaj1, XKH, Xcc3, P1, B.01395, B.02489, B.02490) esetében is, melyek megegyeznek Vauterin és szerzőtársai (1995) és Verma és szerzőtársai (1999) kutatásaiban szereplő morfológiai leírással.

Az X1 és X2 izolátum hiperszenzitív reakciót indukált dohány (Klement, 1964) és paradicsom levelén is. A patogenitási teszt elvégzéséhez leander csemetéket fertőztük meg baktérium szuszpenzióval. Az első tünetek a fertőzés utáni 14. napon jelentkeztek. Az inokulálás helyén elhaló, nekrotikus foltok jelentek meg (Akhtar, 1989; Crüger *et al.*, 2002). A mesterségesen fertőzött csemetékről visszaizoláltuk a kórokozókat (Koch, 1878). A leanderről izolált X1 és X2 izolátumok kajszi, dió, paprika, karalábé, káposzta, muskátli, fűz és nyár levelein tüneteket nem okozott. A vizsgálatba vont génbanki izolátumok (Kaj1, XKH, Xcc3, P1, B.01395, B.02489, B.02490) esetében az adott baktériumfaj-saját gazdanövényén végzett patogenitási vizsgálat során a betegségekre jellemző tipikus tüneteket figyeltük meg (Jenser, 1984; Rod *et al.*, 2005; Túri, 1993; Rosello *et al.*, 2012).

Az izolátumok biokémiai tulajdonságát API 20NE és API 50CH tesztekkel határoztuk meg. Az X1 és X2 izolátumok biokémiai tulajdonságaiban kismértékben eltértek. Az API 50CH teszt vizsgálatban nyolc tulajdonságban (D-xilóz, arbutin, cellobióz, melibióz, glikogén, trehalóz, szalicin, xilit) különböztek. Bandi (2015) által vizsgált *X. arboricola* pv. *juglandis* izolátumoktól (B.01395, B.02490, B.02489) a D-arabinóz, a linóz (negatív), és a N-acetil-glükózamin (pozitív) teszteken, míg az említett nyolc tulajdonságban (D-xilóz, arbutin,

cellobióz, melibióz, glikogén, trehalóz, szalicin, xilit) fele-fele arányban különböztek izolátumaink. Vauterin és szerzőtársai (1995) által vizsgált *X. arboricola* pv. *populi* törzs eredményeitől izolátumaink szintén nyolc reakcióban (D-xilóz, galaktóz, cellobióz, trehalóz, szorbitol, turanóz, xilit, glicerín) mutattak eltérést. Rosello és szerzőtársai (2012) vizsgálatban a *X. arboricola* pv. *pruni* szénhidrát felhasználásában izolátumainktól négy tulajdonságban (amigdalín, maltóz, amidon, 2 keto-glükonát) különbözött. López és szerzőtársai (2018) vizsgálatában a *Xanthomonas prunicola* törzstől az általunk vizsgált izolátumok 2 tulajdonságban (D-arabinóz, N-acetil-glükózamin) tértek el.

Az API 20NE teszt során a leanderről azonosított baktériumok (X1, X2) csak az L-arginin dihidroláz termelésében mutattak eltérést. A kaprilsav- és adipinsav asszimiláció teszteken minden génbanki izolátumtól eltértek. Nitrát redukció és fenil-ecetsav asszimiláció során izolátumaink (X1, X2) csak a *X. campestris* pv. *campestris* génbanki elemektől (XKH, Xcc3) nem különböztek. A Xcc3-as *X. campestris* pv. *campestris* izolátum zselatin hidrolízisben minden izolátumtól eltért, azonban L-arabinóz- és D-mannitol asszimiláció tulajdonságokban a többi génbanki izolátumtól eltérően pozitív reakciót adott, mint a leanderről izolált baktériumok. A *X. arboricola* pv. *pruni* (Kaj1) D-maltóz- és almasav asszimilációban tért el minden vizsgált izolátumtól, míg a K-glükonát asszimiláció tesztben a *X. arboricola* pv. *juglandis* (B.01395, B.02489, B.02490) izolátumokkal együtt negatív eredményt adott a többi vizsgált fajtól eltérően. A *X. vesicatoria* (P1), a *X. campestris* pv. *campestris* (XKH, Xcc3) és két *X. arboricola* pv. *juglandis* (B.01395, B.02489) izolátum Na-citrát asszimiláció során pozitív eredményt mutatott eltérően a többi vizsgált baktériumtól. Vauterin és szerzőtársai (1995) két *X. arboricola* pv. *populi* törzs biokémiai tulajdonságait tanulmányozták. Izolátumaink az L-arabinóz asszimiláció felhasználásban eltértek, míg kilenc reakcióban (N-acetil-glükózamin asszimiláció, D-mannitol asszimiláció, szorbitol, galaktóz, cellobióz, trehalóz, turanóz, xilit, glicerín) fele-fele arányban különböztek. López és szerzőtársai (2018) eredményei alapján izolátumaink a vizsgált *X. arboricola* pv. *populi* izolátumtól csak a D-mannitol (pozitív) asszimilációjában különbözik.

A 16S rRNS gén molekuláris vizsgálata alapján ~1300 bázispár (bp) hosszúságú termékek jöttek létre. A leanderről származó izolátumaink (X1, X2) 99.76%-ban megegyeztek, az X1 99,85 %-os, míg az X2 99,92%-os azonosságot mutatott más *Xanthomonas* spp. izolátumokkal. A pontos alfaj szintű meghatározáshoz MLSA elemzést végeztünk. Az *fyuA* esetében ~698 bp, az *rpoD* esetében ~875, a *gyrB* esetében ~832 bp hosszúságú termék keletkezett. A leanderről származó izolátumok a *X. arboricola* (*X. arboricola* pv. *corylina*, *X. arboricola* pv. *juglandis*, *X. arboricola* pv. *pruni*, *X. arboricola* pv. *populi*) izolátumokkal elkülönülnek a fán. Egymással megegyeznek, és egy ágon helyezkednek el a *X. arboricola* pv. *populi* (CFBP 3123) izolátummal.

Vizsgálataink alátámasztják, hogy a leanderen tapasztalt tüneteket a *Xanthomonas* fajokhoz sorolható baktérium okozta. Ismereteink szerint elsőként írtuk le és azonosítottuk a leanderen megjelenő *Xanthomonas* nemzetségbe sorolható növénypatogén baktériumot. Korábban *Xanthomonas* fajt már azonosítottak olajfán (*Olea europaea*), amely az általunk leanderen tapasztalt tünetekhez hasonlóan barna nekrózisokat és az ágak rákosodását okozta (Taylor *et al*, 2001; Young *et al.*, 2010). A klasszikus és molekuláris vizsgálatok alapján a *Xanthomonas arboricola* fajként határoztuk meg az izolátumokat. Az MLSA alapján a legközelebbi rokonságot a *X. arboricola* pv. *populi* izolátummal mutatta, azonban a kórokozó csak a *Populus* spp. és a *Salix* spp. növényfajokat képes megfertőzni (De Kam, 1984). A leanderről izolált kórokozók sem nyár, sem fűz levelén nem bizonyultak patogénnek, emellett a *X. arboricola* pv. *populi* baktériumtól biokémiai tulajdonságokban is eltértek. Ez feltételezi egy új patotípus jelenétét, mely eddigi vizsgálataink alapján csak a leandert károsítja. Ennek alátámasztására azonban további vizsgálatok (pl.: DNS-DNS hibridizáció, zsírsavanalízis) szükségesek.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A leander egy közkedvelt, régóta népszerű mutatós mediterrán dísznövény, melyet hazánkban is előszeretettel tartanak. 2020-ban leander leveleken és ágon a leander eddig ismert baktériumos betegségeire nem hasonlító nem tipikus tüneteket figyeltük meg. A főően néhány apró sötétbarna foltot, a levél széllel érintkező nekrotikus foltokat, valamint az ágon rákos sebet tapasztaltunk. Ezek a megfigyelt tünetek nem jellemzőek a leandert károsító baktériumokra - *Pseudomonas savastanoi* pv. *nerii*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Xylella fastidiosa*-, ezért munkánk során célul tűztük ki a tüneteket okozó baktérium klasszikus és molekuláris módszerekkel történő azonosítását.

A levél foltból és az ág sebből két Gram-negatív izolátumot (X1, X2) azonosítottunk, melyek King B táptalajon sárga színű, sima szélű, kiemelkedő telepeket alkottak. A tenyészbélyegek alapján mindkét izolátum a *Xanthomonas* nemzetséghez tartozik. Yeast dextróz karbonát- és D5 agar táptalajon azonos telepmorfológiát figyeltünk meg, melyek megegyeztek a hazánkban jelentős kárt okozó *Xanthomonas* fajokkal (Kaj1, XKH, Xcc3, P1, B.01395, B.02489, B.02490). Mindkét kórokozó indukálta a hiperszenzitív reakciót dohány növényen, illetve paradicsom levelén is. A mesterségesen fertőzött leandercsemete levelén az inokulálás helyén elhaló foltokat okoztak, ezzel igazoltuk a Koch-posztulátumokat.

A biokémiai tulajdonságok összehasonlítása során az API 20NE gyorsteszt alapján az X1 és X2 izolátumok egymástól egy biokémiai tulajdonságban mutattak eltérést (L-arginin dihidroláz), addig az API 50CH teszt eredményeként nyolc tulajdonságban (D-xilóz, arbutin, cellobióz, melibióz, glikogén, trehalóz, szalicin, xilit) tértek el. A vizsgált génbanki izolátumoktól (B.01395, B.02490, B.02489) API 50CH esetében D-arabinóz, linóz, és N-acetil-glükózamin teszteken X1 és X2 izolátum is eltért, míg az említett nyolc tulajdonságban fele-fele arányban különböztek tőlük. Izolátumaink (X1, X2) API 20NE során kaprilsav- és adipinsav asszimiláció teszteken minden génbanki izolátumtól eltértek. Nitrát redukció és fenil-ecetsav asszimiláció során csak a *X. campestris* pv. *campestris* génbanki elemektől (XKH, Xcc3) nem különböztek. A Xcc3-as *X. campestris* pv. *campestris* izolátum L-arabinóz- és D-mannitol asszimiláció tulajdonságokban a többi génbanki izolátumtól eltérően pozitív reakciót adott, mint a leanderről izolált baktériumok. A *X. arboricola* pv. *pruni* (Kaj1) D-maltóz- és almasav asszimilációban tért el minden vizsgált izolátumtól, míg a K-glükonát asszimiláció tesztben a *X. arboricola* pv. *juglandis* (B.01395, B.02489, B.02490) izolátumokkal együtt negatív eredményt adott a többi vizsgált fajtól eltérően. A *X. vesicatoria* (P1), a *X. campestris* pv. *campestris* (XKH, Xcc3) és két *X. arboricola* pv. *juglandis* (B.01395, B.02489) izolátum

Na-citrát asszimiláció során pozitív eredményt mutatott eltérően a többi vizsgált baktériumtól.

A 16S rRNS gén molekuláris vizsgálata alapján az X1 izolátum 99,85 %-os, míg az X2 izolátum 99,92% -os azonosságot mutatott más *Xanthomonas* spp. izolátumokkal. A három háztartási génre *-fyuA*, *rpoD*, *gyrB* -végzett MLSA elemzést alapján a *X. arboricola* pv. *populi* (CFBP 3123) izolátummal egy ágon helyezkednek el. Mivel sem nyár, sem fűz levelén nem bizonyultak patogénnek, feltételezzük egy új patotípus jelenlétét, mely meghatározásához további vizsgálatok szükségesek.

Munkánk lehetőséget adott a leandert fertőző baktériumok ismereteink bővítésére. Eddigi szakirodalmi adatok alapján *Xanthomonas* fajt még leanderről nem azonosítottak sem hazánkban, sem külföldön. A kísérletet a jövőben tovább folytatjuk az izolátumok mélyebb molekuláris vizsgálatával, más fajokkal való összehasonlítással, és újabb izolátumok azonosításával.

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném kifejezni köszönetemet konzulensemnek, Dr. Karacs-Végh Anitának, aki szakmai hozzáértésével, gyakorlati tapasztalataival segített, felügyelte a kísérleteket, irányított és végig támogatott a diplomamunkám elkészülésének folyamatában. Szeretnék köszönetet mondani Fodor Attila PhD hallgatónak, aki tanácsokkal látott el, valamint felügyelte a laboratóriumi tevékenységemet és a kísérletek összeállításában is nagy segítségemre volt. Nem utolsó sorban köszönettel tartozom a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növényvédelmi Intézet, Növénykórtani Tanszék dolgozóinak, hogy lehetőséget kaptam a diplomamunkám elkészítésére.

8. IRODALOMJEGYZÉK

8.1. Nyomtatott források

1. Adaskaveg, J.E., Buchner, R.P., Connell, J.H., Förster, H., Grant, J.A., Prichard, T., Thompson, D., Wade, L. (2009): Epidemiology and management of walnut blight. Walnut Research Report. Sacramento, C.A: *California Walnut Board*, 241–257.
2. Akhtar, M.A. (1989): *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* causing black rot in cabbage. *Pakistan Journal of Agriculture Research*, 10 (3): 311-313. DOI: 10.1079/cabicompndium.56919
3. Ambrus G. (2021): Diófajták fogékonyságának vizsgálata *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* és *Brenneria nigrifluens* izolátumokkal szemben. Diplomadolgozat. Budapest: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem.
4. An, S.Q., Potnis, N., Dow, M., Vorhölter, F.J., He, Y.Q., Becker, A., Teper, D., Wang, N., Bleris, L., Tang, J.L. (2019): Mechanistic insights into host adaption, virulence and epidemiology of the phytopathogenic. *FEMS Microbiology Reviews*, 44 (1): 1–32. DOI: 10.1093/femsre/fuz024
5. Bandi, A. (2014). Comparison of *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* isolates from walnut trees grown in Romania and Hungary. *International Journal of Horticultural Science*, 20 (1-2), 65-69. DOI: 10.31421/IJHS/20/1-2/1119
6. Bandi A. (2015): Magyar diófajták és erdélyi diószelekciók termésmorfológiai sajátosságainak és xantomonászos betegséggel szembeni ellenállóságának összehasonlító értékelése a fenolos vegyületekkel összefüggésben. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem. Gyümölcsstermő Növények Tanszék. DOI: 10.14267/phd.2015031
7. Bansal, K., Kaur, A., Midha, S., Kumar, S., Korpole, S., Patil, P.B. (2021): *Xanthomonas sontii* sp. nov., a non-pathogenic bacterium isolated from healthy basmati rice (*Oryza sativa*) seeds from India. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 114: 1935-1947. DOI: 10.1007/s10482-021-01652-1
8. Békési O. (2023): Diófajták fogékonyságának vizsgálata *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* és *Brenneria nigrifluens* baktériumokkal szemben. Diplomadolgozat. Budapest: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem.
9. Bella, P., Catara, V., Guarino, C., Cirvilleri, G. (2006): Evaluation of oleander accessions for resistance to *Pseudomonas savastanoi* pv. *nerii*. *Journal of Plant Pathology*, 88 (3): 273-278.

10. Beretta, E., Capasso, V., Scacchi, S., Brunetti, M., Montagna, M. (2022): Prevention and control of OQDS (olive quick decline syndrome) outbreaks caused by *Xylella fastidiosa*. *Journal of Theoretical Biology*, 542 (1). DOI: 10.1016/j.jtbi.2022.111118
11. Bradbury, J.F. (1986): Guide to plant pathogenic bacteria. Slough: CAB International.
12. Cerutti, A., Jauneau, A., Auriac, M.C. (2017): Immunity at cauliflower hydathodes controls systemic infection by *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. *Plant Physiology*, 174: 700-716. DOI: 10.1104/pp.16.01852
13. Christiano, R.S.C., Dalla Pria, M., Jesus, W.C. (2009): Modelling the progress of Asiatic citrus canker on Tahiti lime in relation to temperature and leaf wetness. *European Journal of Plant Pathology*, 124: 1–9. DOI:10.1007/s10658-008-9389-8
14. Crüger, G., Backhaus, Gf., Hommes, M., Smolka, S., Vetten, Hj. (2002): Káposztafélék In Crüger G, Backhaus Gf, Hommes M, Smolka S, Vetten Hj, Növényvédelem a zöldségtermesztésben 26-35. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
15. Dia, N.C., Morinière, L., Cottyn, B., Bernal, E., Jacobs, J.M., Koebnik, R., Osdaghi, E., Potnis, N., Pothier, J.F. (2022): *Xanthomonas hortorum* – beyond gardens: Current taxonomy, genomics, and virulence repertoires. *Molecular Plant Pathology*, 23: 597–621. DOI: 10.1111/mpp.13185
16. Diab, S., Bashan, Y., Okon, Y. (1982): Effects of relative humidity on bacterial scab caused by *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* on pepper. *Phytopathology*, 72: 1257–1260.
17. Dowson, W.J. (1939): On the systematic position and generic names of the Gram negative bacterial plant pathogens. *Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene, Abteilung*, 100: 177-193.
18. Dye, D.W., Bradbury, J.F., Goto, M., Hayward, A.C., Lelliott, R.A., Schroth, M.N. (1980): International standards for naming pathovars of phytopathogenic bacteria and a list of pathovar names and pathotype strains English. *Review of Plant Pathology*, 59 (4): 153-168.
19. EPPO (2021): EPPO Standards Diagnostics - PM 7/064 (2) *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*. *The Authors Journal Compilation. EPPO Bulletin*, 51 (2): 240-266. DOI: 10.1111/j.1365-2338.1978.tb02773.x
20. Escobar, M.A., Dandekar, A.M. (2003): *Agrobacterium tumefaciens* as an agent of disease. *Trends in Plant Science*, 8 (8): 380-386. DOI: 10.1016/S1360-1385(03)00162-6

21. Finer, K.R., Fox, L., Finer, J.J. (2016): Isolation and Characterization of *Agrobacterium* Strains from Soil: A Laboratory Capstone Experience. *Journal of Microbiology*, 17 (3): 444-450.
DOI: 10.1128/jmbe.v17i3.1124
22. Fodor A., Végh A. (2022): A leander baktériumos betegségei. *Agrofórum*. 33 (3): 32-33.
23. Fodor A., Palkovics L., Végh A. (2021): Tények a leanderrákról hazánkban. *Növényvédelem*, 82 (2): 49-51.
24. Forgács M., Fodor A., Tóth A., Végh A. (2023): A fejeskáposzta jelentős betegségei a bugyi termőtajon: 1. A fejeskáposzta feketeerűség betegsége, Növényvédő szerek, egyéb készítmények in vitro hatása a fejes káposzta xantomonászos betegségére. *Növényvédelem* 84 (11): 510-518.
25. Frutos, D., López, G. (2012): Search for *Juglans regia* genotypes resistant/tolerant to *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* in the framework of COST Action 873. *Journal of Plant Pathology*, 94: 37–46. DOI:10.4454/JPP.V94I1SUP.007
26. Garita-Cambronero, J., Palacio-Bielsa, A., Cubero, J. (2018): *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*, causal agent of bacterial spot of stone fruits and almond: its genomic and phenotypic characteristics in the *Xanthomonas arboricola* species context. *Molecular Plant Pathology*, 19 (9): 2053-2065. DOI: 10.1111/mpp.12679
27. Gitaitis, R., Walcott, R. (2007): The epidemiology and management of seedborne bacterial diseases. *Annual Review of Phytopathology*, 45: 371–397.
DOI: 10.1146/annurev.phyto.45.062806.094321
28. Glits, M., Folk, Gy. (2000): Kertészeti növénykórtan. 3. kiadás. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
29. Gorris, M.T., Sanz, A., Penalver, J., López, M.M., Colomer, M., Marco-Noales, E. (2021): Detection and diagnosis of *Xylella fastidiosa* by specific monoclonal antibodies. *Agronomy*. 11 (1): 48. DOI: 10.3390/agronomy11010048
30. Guan, W., Shao, J., Singh, R., Davis, R.E., Zhao, T., Huang, Q. A. (2013): TaqMan-based real time PCR assay for specific detection and quantification of *Xylella fastidiosa* strains causing bacterial leaf scorch in oleander. *Journal of Microbiological Methods*, 92 (2): 108-12.
DOI: 10.1016/j.mimet.2012.11.008
31. Hajri, A., Meyer, D., Delort, F., Guillaumes, J., Brin, C., Manceau, C. (2010): Identification of a genetic lineage within *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* as the causal agent of vertical oozing canker of Persian (English)

- walnut in France. *Plant Pathology*, 59: 1014–1022. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2010.02362.x
32. Hassanzadeh, N. (2006). An attempt to increase to efficacy of cop per compounds emended with essential oils against fire blight. *Acta Horticulturae*, 704: 265-269. DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.704.37
 33. Hernandez-Martinez, R., Costa, H.S., Dumenyo, C.K., Cooksey, D.A. (2006): Differentiation of Strains of *Xylella fastidiosa* Infecting Grape, Almonds, and Oleander Using a Multiprimer PCR Assay. *Plant Disease*, 90 (11): 1382-1388. DOI: 10.1094/PD-90-1382
 34. Heywood, V.H. (1978). Flowering Plants of the World. Oxford: Oxford University Press.
 35. Huang, Q. (2009): Specific detection and identification of *Xylella fastidiosa* strains causing oleander leaf scorch using polymerase chain reaction. *Current Microbiology*, 58 (4): 393-398. DOI: 10.1007/s00284-008-9324-4
 36. Issazadeh, K., Rad, Sk., Zarrabi, S., Rahimibashar, Mr. (2012): Antagonism of *Bacillus* species against *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* and *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. *African Journal of Microbiology Research*, 6 (7): 1615-1620. DOI: 10.5897/AJMR12.075
 37. Jacobs, J.M., Pesce, C., Lefeuvre, P., Koebnik, R. (2015): Comparative genomics of a cannabis pathogen reveals insight into the evolution of pathogenicity in *Xanthomonas*. *Front Plant Science*, 6: 431. DOI: 10.3389/fpls.2015.00431
 38. Jacques, M.A., Arlat, M., Boulanger, A., Boureau, T., Cesbron, S., Chen, N.W.G., Cociancich, S., Darrasse, A., Denance, N., Fischer-Le Saux, M., Gagnevin, L., Koebnik, R., Lauber, E., (2016): Using ecology, physiology, and genomics to understand host specificity in *Xanthomonas*. *Annual Review of Phytopathology*, 54: 163–187. DOI: 10.1128/spectrum.00577-21
 39. Janse, J.D. (1982): *Pseudomonas syringae* subsp. *savastanoi* (ex Smith) subsp. nov., nom. rev., the bacterium causing excrescences on *Oleaceae* and *Nerium oleander* L. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 32 (2): 166-169. DOI:10.1099/00207713-32-2-166
 40. Jenser G. (szerk.) (1984): Gyümölcsfák védelme. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó.
 41. Jibrin, M.O., Timilsina, S., Minsavage, G.V., Vallad, G.E., Roberts, P.D., Goss, E.M., Jones J.B. (2022): Bacterial spot of tomato and pepper in Africa: Diversity, emergence of T5 race, and management. *Front Microbiology*, 13 (8): 356-347. DOI: 10.3389/fmicb.2022.835647

42. Jones, J.B., Bouzar, H., Stall, R., Almira, E., Roberts, P., Bowen, B. (2000): Systematic analysis of xanthomonads (*Xanthomonas* spp.) associated with pepper and tomato lesions. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 50: 1211–1219. DOI: 10.1099/00207713-50-3-1211
43. Kado, C.I., Heskett, M.G. (1970): Selective media for isolation of *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, and *Xanthomonas*. *Phytopathology*, 60 (6): 969-76. DOI: DOI: 10.1094/phyto-60-969
44. Kavak, H., Üstün, N. (2009): Oleander knot caused by *Pseudomonas savastanoi* pv. *nerii* in Turkey. *Journal of Plant Pathology*. 91 (3): 701–703. DOI: 10.4454/jpp.v91i3.564
45. Klement, Z. (1964): Hypersensitive reaction induced by phytopathogenic bacteria in tobacco leaf. *Phytopathology*, 54: 475–477.
46. Koch, R. (1878): Untersuchungen über die Aetiologie der Wundinfektionskrankheiten. Leipzig. FCW Vogel.
47. Kolozsváriné, N.J., Bozsó, Z., Szatmári, Á., Süle, S., Szabó, Z., Király, L., Schwarczinger, I. (2020): First Report of Bacterial Spot Caused by *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* on Almond in Hungary. *The American Phytopathological Society*, 562-562. DOI: 10.1094/PDIS-07-19-1343-PDN
48. Lang, M.D., Evans, K.J. (2010): Epidemiology and status of walnut blight in Australia. *Journal of Plant Pathology*, 92: 49–55.
49. Liyanapathirana, P., Wagner, N., Avram, O., Pupko, T., Potnis N. (2022): Phylogenetic Distribution and Evolution of Type VI Secretion System in the Genus *Xanthomonas*. *Frontiers in Microbiology*. 13. DOI: 10.3389/fmicb.2022.840308
50. López, M.M., Lopez-Soriano, P., Garita-Cambronero, J., Beltrán, C., Taghouti, G., Portier, P., Cubero, J., Fischer-Le, M., S., Marco-Noales, E. (2018): *Xanthomonas prunicola* sp. nov., a novel pathogen that affects nectarine (*Prunus persica* var. *nectarina*) trees. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 68 (6): 1857-1866. DOI: 10.1128/MRA.00921-18
51. Mafakheri, H., Taghavi, S.M., Zarei, S., Portier, P., Dimkic, I., Koebnik, R., Kuzmanovic, N., Osdaghi, E. (2022): *Xanthomonas bonasiae* sp. nov. and *Xanthomonas youngii* sp. nov., isolated from crown gall tissues. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 72 (6): 1-8. DOI: 10.1099/ijsem.0.005418
52. Martins, L., Fernandes, C., Blom, J., Dia, N.C., Pothier, J.F., Tavares, F. (2020): *Xanthomonas euroxanthea* sp. nov., a new xanthomonad species including pathogenic and

- non-pathogenic strains of walnut. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70 (12): 6024-6031. DOI: 10.1099/ijsem.0.004386
53. Mártonffy B. (szerk.) (1999): Paprika. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
 54. Miller, P.W., Bollen, W.B. (1946): Walnut bacteriosis and its control: technical bulletin No. 9. Corvallis, USA: United States Department of Agriculture, Oregon State College.
 55. Mirik, M., Aysan, Y., Çinar, Ö. (2008): Biological control of bacterial spot disease of pepper with *Bacillus* strains. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32: 381-390.
 56. Morales, G., Moragrega, C., Montesinos, E. (2018): Environmental and inoculum effects on epidemiology of bacterial spot disease of stone fruits and development of a disease forecasting system. *European Journal of Plant Pathology*, 153 (3): 635-651. DOI: 10.1007/s10658-018-1507-7
 57. Murata, N., Starr, M.P. (1973): A Concept of the Genus *Xanthomonas* and its species in the light of segmental homology of deoxyribonucleic acids. *Journal of Phytopatology* 4: 285-323.
DOI: 10.1111/j.1439-0434.1973.tb04137.x
 58. Nakayinga, R., Makumi, A., Tumuhaise, V., Tinzaara, W. (2021): *Xanthomonas* bacteriophages: a review of their biology and biocontrol applications in agriculture. *BMC Microbiology*, 21 (1): 291. DOI: 10.1186/s12866-021-02351-7
 59. Naushad, S., Adeolu, M., Wong, S., Sohail, M., Schellhorn, H.E., Gupta, R.S. (2015): A phylogenomic and molecular marker based taxonomic framework for the order *Xanthomonadales*: proposal to transfer the families *Algiphilaceae* and *Solimonadaceae* to the order *Nevskiales* ord. nov. and to create a new family within the order *Xanthomonadales*, the family *Rhodanobacteraceae* fam. nov., containing the genus *Rhodanobacter* and its closest relatives. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 107: 467-485. DOI: 10.1007/s10482-014-0344-8
 60. Németh J.M-né, László E. (1983): Káposztafélék baktériumos feketeerősége *Xanthomonas campestris* (Pammel) Dowson 1939. *Növényvédelem*, 19: 391-397.
 61. Parkinson, N., Cowie, C., Heeney, J., Stead, D. (2009): Phylogenetic structure of *Xanthomonas* determined by comparison of *gyrB* sequences. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 59: 264–274. DOI: 10.1099/ijs.0.65825-0
 62. Penyalver, R., Garcia, A., Ferrer, A., Bertolini, E., Lopez, M.M. (2000): Detection of *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi* in olive plants by enrichment and PCR. *Applied*

- and Environmental Microbiology*, 66 (6): 2673-2677. DOI: 10.1128/AEM.66.6.2673-2677.2000
63. Porwal, S., Chakravarti B.P. (1971): *In vitro* and *in vivo* Production of Cellulolytic Enzyme by *Xanthomonas cyamopsidis*. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen*, 162 (4): 368-370.
DOI: 10.1016/S0015-3796(17)31154-X
 64. Potnis, N., Timilsina, S., Strayer, A., Shantharaj, D., Barak, J.D., Paret, M.L., Vallad, G.E., Jones, J.B. (2015): Bacterial spot of tomato and pepper: diverse *Xanthomonas* species with a wide variety of virulence factors posing a worldwide challenge. *Molecular Plant Pathology*, 16 (9): 907-920.
DOI: 10.1111/mpp.12244
 65. Purcell, A.H., Saunders, S.R., Henderson, M., Grebus, M.E., Henry, M.J. (1999): Causal role of *Xylella fastidiosa* in oleander leaf scorch disease. *Phytopathology*, 89: 53-58.
DOI: 10.1094/PHYTO.1999.89.1.53
 66. Radócz L. (szerk.) (2002): A héjasok növényvédelme. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház.
 67. Ramos, C., Matas, I., Bardaji, L., Aragón, I., Murillo, J. (2012): *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi*: some like it knot. *Molecular Plant Pathology*, 13 (9): 998-1009.
DOI: 10.1111/j.1364-3703.2012.00816.x
 68. Rana, R., Madhavan, V.N., Saroha, T., Bansal, K., Kaur, A., Sonti, R.V., Patel, H.K., Patil, B. (2022): *Xanthomonas indica* sp. nov., A Non-Pathogenic Bacterium Isolated From Healthy Rice (*Oryza sativa*) Seeds From India. *Current Microbiology*, 79 (10): 304.
DOI: 10.1007/s00284-022-03001-5
 69. Ranjani, P., Gowthami, Y., Samuel, S., Palani P. (2018): Bacteriophages: A New Weapon for the Control of Bacterial Blight Disease in Rice Caused by *Xanthomonas oryzae*. *Microbiology and Biotechnology Letter*, 46: 346-359. DOI: 10.4014/mb.1807.07009
 70. Retamales, J., Vasquez, I., Santos, L., Segovia, C., Ayala, M., Alvarado, R. (2016): Complete genome sequences of lytic bacteriophages of *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*. *Genome Announcements*, 4 (3). DOI: 10.1128/genomeA.00336-16
 71. Ritchie, D.F. (2000): Bacterial spot of pepper and tomato. *The Plant Health Instructor*.
DOI: 10.1094/PHI-I-2000-1027-01
 72. Roberts, S.J. Brough, J., Hunter, P.J. (2007): Modelling the spread of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* in module-raised *Brassica* transplants. *Plant Pathology*, 56: 391-401. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2012.00833.x

73. Rod, J., Hluchy, M., Zavadil, K., Prasil, J., Somssich, I., Zacharda, M. (2005): A zöldségfélék betegségei és kártevői. Brno: Biocont Laboratory Kft.
74. Rodriguez-R, L.M., Grajales, A., Arrieta-Ortiz, M.L., Salazar, C., Restrepo, S., Bernal, A. (2012): Genomes-based phylogeny of the genus *Xanthomonas*. *BMC Microbiology*, 12 (1): 43. DOI: 10.1186/1471-2180-12-43
75. Rosello, M., Santiago, R., Palacio-Bielsa, A., García-Figueres, F., Montón, C., Cambra, M.A., López, M.M. (2012): Current status of bacterial spot of stone fruits and almond caused by *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*. *Journal of Plant Pathology*, 94 (1): 15–21. DOI:10.4454/jpp.v94i1sup.004
76. Ryan, R.P., Vorhölter, F.J., Potnis, N. (2011): Pathogenomics of *Xanthomonas*: understanding bacterium-plant interactions. *National Review of Microbiology*, 9: 344–55. DOI: 10.1038/nrmicro2558
77. Saddler, G.S., Bradbury, J.F., Eds Brenner, D.J., Krieg, N.R., Staley, J.T., Garrity, G.M., Boone Vos, P., Goodfellow, M., Rainey, F.A., Schleifer, K-H. (2005): Order III. *Xanthomonadales* ord. nov. In: Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. pp. 63–122.
78. Sahin, F., Miller, S. A. (1998): Resistance in *Capsicum pubescens* to *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* Pepper Race 6. *Plant Disease*, 82 (7): 794–799. DOI: 10.1094/PDIS.1998.82.7.794
79. Sawada, H., Ieki H., Takikawa, Y. (1990): Identification of Grapevine Crown Gall Bacteria Isolated in Japan. *Japanese Journal of Phytopathology*, 56 (2): 199–206. DOI: 10.3186/jjphytopath.56.199
80. Schaad, N.W., Postnikova, E., Lacy, G.H., Sechler, A., Agarkova, I., Stromberg, P.E., Stromberg, V.K., Vidaver, A.K. (2005): Reclassification of *Xanthomonas campestris* pv. *citri* (ex Hasse 1915) Dye 1978 forms A, B/C/D, and E as *X. smithii* subsp. *citri* (ex Hasse) sp. nov. nom. rev. comb. nov., *X. fuscans* subsp. *aurantifolii* (ex Gabriel 1989) sp. nov. nom. rev. comb. nov., and *X. alfalfae* subsp. *citrumelo* (ex Riker and Jones) Gabriel et al., 1989 sp. nov. nom. rev. comb. nov.; *X. campestris* pv. *malvacearum* (ex smith 1901) Dye 1978 as *X. smithii* subsp. *smithii* nov. comb. nov. nom. nov.; *X. campestris* pv. *alfalfae* (ex Riker and Jones, 1935) dye 1978 as *X. alfalfae* subsp. *alfalfae* (ex Riker et al., 1935) sp. nov. nom. rev.; and "var. *fuscans*" of *X. campestris* pv. *phaseoli* (ex Smith, 1987) Dye 1978 as *X. fuscans* subsp. *fuscans* sp. nov. *Systematic and Applied Microbiology*, 28: 494–518. DOI: 10.1016/j.syapm.2005.03.017

81. Schwarczinger I, Király L, Bozsó Z, Szatmári Á, Süle S. (2017): A csonthéjasok újabb vámszedője, a *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*. *Biokultúra*, 2017/5.
82. Singh, M., Srivastava, M., Kumar, A., Singh, A.K., Pandey K.D. (2020): Endophytic bacteria in plant disease management. *Microbial Endophytes*, 61-89. DOI:10.1016/B978-0-12-818734-0.00004-8
83. Smith, C.O. (1906): A bacterial disease of oleander. *Bacillus Oleae* (Arcang.) Trev. *Botanical Gazette*, 42 (4): 301-310.
84. Smith, E.F., Townsend C.O. (1907): A plant-tumor of bacterial origin. *Science*, 25, 643, 1907. pp. 671–673. DOI: 10.1126/science.25.643.671
85. Starr, M.P. (szerk.) (1983): *Phytopathogenic Bacteria*. New York: Springer-Verlag.
86. Stefani, E. (2010): Economic significance and control of bacterial spot/canker of stone fruits caused by *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*. *Journal of Plant Pathology*, 92: 99–104.
DOI:10.4454/JPP.V92I1SUP.2511
87. Stefani, E., Obradovic, A., Gasic, K., Altin, I., K Nagy, I., Kovács, T. (2021): Bacteriophage-mediated control of phytopathogenic xanthomonads: A promising green solution for the future. *Microorganisms*, 9 (5): 1056.
DOI: 10.3390/microorganisms9051056
88. Sundin, G.W., Wang, N. (2018): Antibiotic resistance in plant-pathogenic bacteria. *Annual Review of Phytopathology*, 56: 161-180. DOI: 10.1146/annurev-phyto-080417-045946
89. Surico, G., Iacobellis, N.S. and Sisto, A. (1985): Studies on the role of indole-3-acetic acid and cytokinins in the formation of knots on olive and oleander plants by *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi*. *Physiological Plant Pathology*, 26: 309–320.
DOI: 10.1016/0048-4059(85)90006-2
90. Szentiványi P., Kállay T. (szerk.) (2006): *Dió*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
91. Tamura, K., Nei, M. (1993): Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. *Molecular Biology and Evolution* 10 (3): 512-526. DOI: 10.1093/oxfordjournals.molbev.a040023
92. Tamura, K., Stecher, G., Kumar, S. (2021): MEGA 11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11. *Molecular Biology and Evolution*. 38 (7): 3022-3027.
DOI: 10.1093/molbev/msab120
93. Tattar, T.A. (1989): *Diseases of Shade Trees*. Revised Edition, 18-32.

94. Taylor, J.D., Conway, J., Roberts, S.J., Astley, D., Vicente, J.G. (2002): Sources and origin of resistance to *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* in *Brassica* genomes. *Phytopathology*, 92: 105-111. DOI: 10.1094/PHYTO.2002.92.1.105
95. Taylor, R.K., Hale, C.N., Hartill, W.F.T. (2001): A stem canker disease of olive (*Olea europaea*) in New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 29 (3): 219-228.
DOI: 10.1080/01140671.2001.9514181
96. Teviotdale, B.L. (1994): Diseases of olive, In: Ferguson L, Sibbett G.S, Martin G.C, eds. 'Olive Production Manual'. Publication. University of California. 3353:107.
97. Túri I. (szerk.) (1993): Zöldségajtatás. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
98. Uwamahoro, F., Berlin, A., Bylund, H., Yuen, J. (2019): Management strategies for banana *Xanthomonas* wilt in Rwanda include mixing indigenous and improved cultivars. *Agronomy for Sustainable Development*, 39 (22). DOI:10.1007/s13593-019-0569-z
99. Van den Mooter, M., Swings, J. (1990): Numerical analysis of 295 phenotypic features of 266 *Xanthomonas* strains and related strains and an improved taxonomy of the genus. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 40 (4): 348-369.
DOI: 10.1099/00207713-40-4-348
100. Vauterin, L., Swings, J., Kersters, K., Gillis, M., Mew, T.W., Schroth, M.N., Palleroni, N.J., Hildebrand, D.C., Stead, D.E., Civerolo, E.L., Hayward, A.C., Maraite, H., Stall, R. E., Vidaver, A.K., Bradbury, J.F. (1990): Towards an improved taxonomy of *Xanthomonas*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 40 (3): 312-316.
<https://digitalcommons.unl.edu/plantpathpapers/255>
101. Vauterin, L., Hoste, B., Kersters, K., Swings, J. (1995): Reclassification of *Xanthomonas*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 45 (3): 472-489.
DOI: 10.1099/00207713-45-3-472
102. Véték G., Nagy G. (2011): Kártevők és kórokozók a kertben. Budapest: Cser Kiadó.
103. Vicente, J.G., Conway, J., Roberts, S. J., Taylor J. D. (2001): Identification and origin of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* races and related pathovars. *Phytopathology*, 91 (5): 492-499. DOI: 10.1094/PHYTO.2001.91.5.492

104. Vicente, J.G., Holub, E.B. (2013): *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (cause of black rot of crucifers) in the genomic era is still a worldwide threat to *Brassica* crops. *Molecular Plant Pathology*, 14: 2–18. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2012.00833.x
105. Volk, W.A., Salomonsky, N.L., Hunt, D. (1972): *Xanthomonas sinensis* cell wall lipopolysaccharide. I. Isolation of 4,7- anhydro- and 4,8-anhydro-3-deoxy-octulosonic acid following acid hydrolysis of *Xanthomonas sinensis* lipopolysaccharide. *Journal of Biological Chemistry*, 247: 3881-3887.
106. Ye, L.J., Wang, L., Pan, Y., Cao, Y. (2012): Changing the specificity of alpha-amino acid ester hydrolase toward para-hydroxyl cephalosporins synthesis by site-directed saturation mutagenesis. *Biotechnology Letters*, 34: 1719-1724. DOI: 10.1007/s10529-012-0955-y
107. Young, J.M., Park, D.C., Shearman, H.M., Fargier, E. (2008): A multilocus sequence analysis of the genus *Xanthomonas*. *Systematic and applied microbiology*, 31(5), 366-377. DOI: 10.1016/j.syapm.2008.06.004
108. Young, J.M., Wilkie, J.P., Park, D.C., Watson, D.R.W. (2010): New Zealand strains of plant pathogenic bacteria classified by multi-locus sequence analysis; proposal of *Xanthomonas dyei* sp. nov. *Plant Pathology*, 59 (2): 270-281. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2009.02210.x
109. Yuan, X., Morano, L., Bromley, R., Spring-Pearson, S., Stouthamer, R., Nunney, L. (2010): Multilocus sequence typing of *Xylella fastidiosa* causing Pierce's disease and oleander leaf scorch in the United States. *Phytopathology*, 100 (6): 601-11. DOI: 10.1094/PHYTO-100-6-0601
110. Zaccardelli, M., Malaguti, S., Bazzi, C. (1998): Biological and epidemiological aspects of *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* on peach in Italy. *Journal of Plant Pathology*, 80: 125–132.
111. Zatykó L. (szerk.) (1993): Paprika. 2. kiadás. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
112. Zehr, E.I., Shepard, D.P. (1996): Bacterial spot of peach as influenced by water congestion, leaf wetness duration, and temperature. *Plant Disease*, 80: 339–341.
113. Walker, J.C. (1953): Cauliflower, cabbage, and others. *Plant Diseases. The Yearbook of Agriculture* 425–430. Washington: US Department of Agriculture.
114. Wells, J.M., Raju, B.C., Hung, H.Y., Weisburg, W.G., Mandelco-Paul, L., Brenner, D.J. (1987): *Xylella fastidiosa* gen. nov, sp. nov: Gram-negative, xylem-limited, fastidious plantbacteria related to *Xanthomonas* subsp. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 37: 136–143. DOI:10.1099/00207713-37-2-136

8.2. Internetes források

1. internet 1 <https://www.shutterstock.com/hu/search/pseudomonas-savastanoi> Letöltés dátuma: 2023.04.05.
2. internet 2 <https://leanderegyesulet.hu/category/pseudomonas-rakos-megbetegedes/> Letöltés dátuma: 2023.04.05.
3. internet 3 <https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/1166168/Xylella.pdf/1900f779-1480-3855-9fd5-e32c5517dfad> Letöltés dátuma: 2023.04.05.
4. internet 4 https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Xanthomonas_campestris Letöltés dátuma: 2022.12.10.
5. internet 5 <https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/Engedelykereso/kereso> Letöltés dátuma: 2024.05.21.
6. internet 6 https://www.agroinform.hu/kerteszeti_szoleszet/a-dio-betegsegei-es-a-vedekezes-lehetosegei-27163-001 Letöltés dátuma: 2022.12.10.
7. internet 7 <https://gd.eppo.int/taxon/XANTJU/photos> Letöltés dátuma: 2022.12.10.
8. internet 8 <https://magyarmezogazdasag.hu/2021/12/28/tarolasi-betegsegek-mar-szantofoldon-kialakulhat> Letöltés dátuma: 2022.12.10.
9. internet 9 <https://www.ipmimages.org/browse/subthumb.cfm?sub=16537> Letöltés dátuma: 2022.12.10.
10. internet 10 <https://www.syngenta.hu/press-release/zoldseg/seed-vegetable/biztonsagos-fejeskaposzta-termesztes-magas-betegseg-toleranciaknak> Letöltés dátuma: 2023.04.05.
11. internet 11 <https://www.forestryimages.org/collections/viewcollection.cfm?&coll=72336> Letöltés dátuma: 2023.04.05.
12. internet 12 <https://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5362699> Letöltés dátuma: 2023.04.05.
13. internet 13 https://zki.hu/wp-content/uploads/2021/06/paprika-fajtakinalo-2019_2__compressed.pdf Letöltés dátuma: 2023.04.05.
14. internet 14 https://www.agro-store.hu/vetomagvak/ipari-noevenyek-nagy-kiszereles/etkezesi-paprika-n/byproduct_in_stock/index.php Letöltés dátuma: 2023.04.05.
15. internet 15 https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/A2_list Letöltés dátuma: 2023.05.18.
16. internet 16 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/epp.12756?af=R> Letöltés dátuma: 2023.05.18.
17. internet 17 <https://www.biokontroll.hu/csonthejasok-ujabb-vamszedoje-xanthomonas-arboricola-pv-pruni/> Letöltés dátuma: 2023.05.18.
18. internet 18 <https://magyarmezogazdasag.hu/2017/09/11/uj-bakteriumos-betegseg-kajszin> Letöltés dátuma: 2023.05.18.

9. ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

Ábrák

1. ábra: A leander baktériumos betegségeit okozó kórokozók tünetei (a: *Pseudomonas savastanoi* pv. *nerii*, b: *Xylella fastidiosa*, c: *Agrobacterium tumefaciens*). 4.o.
2. ábra: Pálcika alakú *Xanthomonas campestris* a növényfelszínen. 6.o.
3. ábra: *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* tiszta tenyészet szaharóz-pepton agaron. 6.o.
4. ábra: *Xanthomonas* fajok terjedése és életciklusa. 7.o.
5. ábra: *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* dió levélen és termésen okozott kórképe. 11.o.
6. ábra: *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* káposzta levélen okozott tünete. 13.o.
7. ábra: *Xanthomonas vesicatoria* által okozott tünet paprika levelén és termésén. 15.o.
8. ábra: *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* okozta tünet kajszi levelén; 'Tardif de Valence' és 'Bergecot' fajta gyümölcsein. 17.o.
9. ábra: A gyűjtött minta atipikus tünetei *Nerium oleander* levélen és ágon. 25.o.
10. ábra: X1 és X2 izolátumok tenyészet King-B táptalajon 48 órás inkubálás után. 25.o.
11. ábra: Izolátum tenyészbélyege Yeast dextróz karbonát (felső sor) és D5 (alsó sor) agaron 48 órás inkubálás után. 26.o.
12. ábra: X1 izolátum 3%-os KOH tesztje. 27.o.
13. ábra: Az X1 és X2 izolátumok hiperszenzitív reakciója dohány növény és paradicsom levelén 24 óra inkubálás után. 27.o.
14. ábra: Patogenitási teszt *Nerium oleander* növényen (kontroll, X1, X2 izolátumok). 28.o.
15. ábra: A vizsgálatba vont génbanki izolátumok patogenitásának ellenőrzése. 28.o.
16. ábra: A leanderről izolált X1 és X2 izolátumok (második és harmadik sor) szuszpenzióival fertőzött káposzta, karalábé, kajszi, dió, paprika, muskátli, nyár és fűz levelek és kontroll (első sor) levelek a fertőzést követő 2 hét után. 29.o.

Táblázatok

1. táblázat: Gazdaságilag legfontosabb *Xanthomonas* fajok, alfajok. Vastagon kiemelve a súlyos termésvesztést okozók, pirossal kiemelve az általunk vizsgálatba vont *Xanthomonas* fajok. 9.o.
2. táblázat: A kísérletbe vont izolátumok adatai. 19.o.
3. táblázat: A PCR során alkalmazott primerek. 23.o.
4. táblázat: A PCR paraméter. 24.o.
5. táblázat: A leanderről izolált X1, X2 izolátum API 50CH teszt vizsgálat eredménye. 30.o.
6. táblázat: A vizsgálatba vont *Xanthomonas* spp. izolátumok API 20NE teszt vizsgálat eredménye. 31.o.

10. MELLÉKLETEK

<i>Xanthomonas</i> spp.	Patotípus	Gazdanövény
<i>Xanthomonas bonasiae</i> (Mafakheri <i>et al.</i> , 2022)		Dísznövények pl.: <i>Ficus benjamina</i>
<i>Xanthomonas bromi</i> (Vauterin <i>et al.</i> , 1995)		<i>Bromus</i> sp.
'' <i>Xanthomonas cannabidis</i> '' (Jacobs <i>et al.</i> , 2015)		Kender (<i>Cannabis sativa</i>)
<i>Xanthomonas cassavae</i> (Vauterin <i>et al.</i> , 1995)		Manióka (<i>Manihot esculenta</i>)
<i>Xanthomonas cissicola</i> (Liyanapathirana <i>et al.</i> , 2022)		<i>Causonis japonica</i>
<i>Xanthomonas codiae</i> (Vauterin <i>et al.</i> , 1995)		Kroton (<i>Codiaeum variegatum</i>)
" <i>Xanthomonas cyanopsidis</i> " (Porwal and Chakravarti, 1971)		Csomósbab (<i>Cyamopsis tetragonoloba</i>)
<i>Xanthomonas dyei</i> (Young <i>et al.</i> , 2010)		<i>Metrosideros excelsa</i> , <i>Diospyros kaki</i> , <i>Olea europaea</i> , <i>Eriostemon myoporoides</i>
	<i>Xanthomonas dyei</i> pv. <i>laureliae</i>	<i>Laurelia novae-zelandiae</i>
	<i>Xanthomonas dyei</i> pv. <i>dysoxylis</i>	<i>Dysoxylum</i> sp.
	<i>Xanthomonas dyei</i> pv. <i>eucalypti</i>	Eukaliptusz (<i>Eucalyptus citriodora</i>)
<i>Xanthomonas euroxantha</i> (Martins <i>et al.</i> , 2020)		Dió (<i>Juglans regia</i>)
<i>Xanthomonas hyacinthi</i> (Vauterin <i>et al.</i> , 1995)		<i>Hyacinthus</i> sp., <i>Scilla</i> sp.
<i>Xanthomonas hydrangeae</i> (Dia <i>et al.</i> , 2021)		Hortenzia (<i>Hydrangea</i> sp.)
" <i>Xanthomonas indica</i> " (Rana <i>et al.</i> , 2022)		Rizs (<i>Oryza sativa</i>)
<i>Xanthomonas melonis</i> (Vauterin <i>et al.</i> , 1995)		Káposztafélék (<i>Brassicaceae</i>)
<i>Xanthomonas pisi</i> (Vauterin <i>et al.</i> , 1995)		Borsó (<i>Pisum sativum</i>)
<i>Xanthomonas populi</i> (Van den Mooter, Swings 1990)		Fűzfafélék (<i>Salicaceae</i>)
" <i>Xanthomonas rubrilineans</i> " (Ye <i>et al.</i> , 2012)		Cukornád (<i>Saccharum</i> sp.)
" <i>Xanthomonas sinensis</i> " (Volk <i>et al.</i> , 1972)		Narancs (<i>Citrus × sinensis</i>)
" <i>Xanthomonas smithii</i> " (Schaad <i>et al.</i> , 2005)		Citrom (<i>Citrus × limon</i>)
" <i>Xanthomonas sontii</i> " (Bansal <i>et al.</i> , 2021)		Rizs (<i>Oryza sativa</i>)
<i>Xanthomonas theicola</i> (Vauterin <i>et al.</i> , 1995)		Tea (<i>Melaleuca alternifolia</i>)
<i>Xanthomonas youngii</i> (Mafakheri <i>et al.</i> , 2022)		Dísznövények

1. melléklet: Kisebb jelentőségű *Xanthomonas* fajok

Izolátumkód	<i>Xanthomonas</i> spp	NCBI Accession Number		
		<i>gyrB</i>	<i>fyuA</i>	<i>rpoD</i>
X1	<i>arboricola</i>	PQ094467	PQ094469	PQ094471
X2	<i>arboricola</i>	PQ094468	PQ094470	PQ094472
CFBP 1159	<i>arboricola</i> pv. <i>corylina</i>	EU499002	EU498895	EU499121
CFBP 2528	<i>arboricola</i> pv. <i>juglandis</i>	EU498951	EU498852	EU499070
CFBP 3123	<i>arboricola</i> pv. <i>populi</i>	EU499035	EU498919	EU499155
CFBP 2535	<i>arboricola</i> pv. <i>pruni</i>	EU498853	EU498854	EU499072
Xp10	<i>arboricola</i> pv. <i>pruni</i>	MN520634	MN520626	MN520630
CFBP 4924	<i>axonopodis</i> pv. <i>axonopodis</i>	EU498952	EU498853	EU499071
LMG 982	<i>axonopodis</i> pv. <i>axonopodis</i>	EU498981	EU498914	EU499100
CFBP 3836	<i>axonopodis</i> subsp. <i>alfalfae</i>	EU499001	EU498894	EU499120
CFBP 2524	<i>axonopodis</i> pv. <i>begoniae</i>	EU498962	EU498909	EU499081
ICMP 7493	<i>axonopodis</i> pv. <i>citri</i>	EU499024	EU498910	EU499143
ICMP 10022	<i>axonopodis</i> pv. <i>citri</i>	EU499045	EU498930	EU499165
CFBP 2526	<i>axonopodis</i> pv. <i>glycines</i>	EU499003	EU498896	EU499122
CFBP 7153	<i>axonopodis</i> pv. <i>manihotis</i>	EU499006	EU498898	EU499125
CFBP 6546	<i>axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>	EU499015	EU498904	EU499134
CFBP 7663	<i>axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>	EU498968	EU498864	EU499087
ICMP 7462	<i>axonopodis</i> pv. <i>ricini</i>	EU499023	EU498771	EU499142
LMG 8122	<i>campestris</i> pv. <i>campestris</i>	EU499018	EU498907	EU499137
CFBP 2350	<i>campestris</i> pv. <i>campestris</i>	EU498948	EU498849	EU4999067
CFBP 5828	<i>campestris</i> pv. <i>raphani</i>	EU498982	EU498877	EU499101
CFBP 7270	<i>dyei</i>	GQ183103	GQ183117	GQ183090
CFBP 7261	<i>dyei</i> pv. <i>eucalypti</i>	GQ183102	GQ183115	GQ183088
CFBP 2157	<i>fragariae</i>	EU499000	EU498893	EU499119
NCPPB 2949	<i>fragariae</i>	EU499012	EU498901	EU499131
ICMP 6646	<i>fragariae</i>	EU499019	EU498908	EU499138
ICMP 1661	<i>hortorum</i> pv. <i>hederae</i>	EU498987	EU498880	EU499106
CFBP 4925	<i>hortorum</i> pv. <i>hederae</i>	KY984200	KYP984167	KYP984233
KBNS163	<i>hortorum</i> pv. <i>pelargoni</i>	KP900004	KP899987	KP899953
KBNS165	<i>hortorum</i> pv. <i>pelargoni</i>	KP900006	KP899889	KP899955
ICMP 12013	<i>oryzae</i> pv. <i>oryzicola</i>	EU499050	EU498935	EU499170
CFBP 2286	<i>oryzae</i> pv. <i>oryzicola</i>	EU499007	EU498899	EU499126
ICMP 16690	<i>euvesicatoria</i> pv. <i>perforans</i>	EU499059	EU498944	EU499179
NCPPB 762	<i>pisi</i>	EU498976	EU498872	EU499095
NCPPB 989	<i>vasicola</i>	EU498974	EU498870	EU499093
CFBP 2543	<i>vasicola</i>	EU498992	EU498885	EU499111
ICMP 3490	<i>vasicola</i>	EU498994	EU498887	EU499113
NCPPB 422	<i>vesicatoria</i>	EU498954	EU498855	EU499073
ICMP 696	<i>vesicatoria</i>	EU498980	EU498876	EU499099
ICMP 115	<i>vesicatoria</i>	EU498956	EU498857	EU499075

2. melléklet: MLSA szekvencia analízishez használt génbanki izolátumok adatai

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Király Andrea
A Hallgató Neptun kódja:	D04B4G
A dolgozat címe:	A leanderen megjelenő új kórokozó azonosítása és összehasonlítása gazdaságilag jelentős hazai <i>Xanthomonas</i> spp. izolátumokkal
A megjelenés éve:	2024
A konzulens intézetének neve:	Növényvédelmi Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Növénykórtani Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

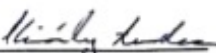
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: Budapest, 2024.10.31.


Hallgató aláírása

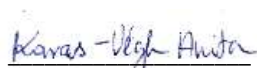
NYILATKOZAT

Király Andrea (D04B4G) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: Budapest, 2024. 10. 31.


belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.