

DIPLOMADOLGOZAT

Fehér Dorina

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Növényvédelmi Intézet

Növényorvosi mesterképzési szak

Paprikafajták vírusfertőzöttségének vizsgálata

Belső konzulens: Koósné dr. Szathmáry Erzsébet
adjunktus

Belső konzulens
intézete/tanszéke: Növényvédelmi Intézet
Növénykórtani Tanszék

Készítette: Fehér Dorina

Budapest

2024

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	3
1.1 Célkitűzés	3
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	5
2.1 A paprika jellemzése	5
2.1.1 A paprika morfológiája	6
2.1.2 A paprika ökológiai igényei.....	6
2.1.3 A paprika jelentősége	7
2.2 A paprika jelentősebb vírusai	8
2.2.1 Burgonya Y vírus (Potato virus Y, PVY)	8
2.2.2 Uborka mozik vírus (Cucumber mosaic virus, CMV)	9
2.2.3 Paradicsom foltos hervadás vírus (Tomato spotted wilt virus, TSWV)	10
2.2.4 Tobamovírusok	11
2.3 A növénypatogén vírusok átvitele	13
2.4 Növényi vírusok elleni védekezés.....	15
2.4.1 Vírusrezisztencia paprikában	15
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	17
3.1 Vizsgálatok helye.....	17
3.2 Vizsgálatok anyaga	17
3.2.1 Vizsgált minták	17
3.2.2 Vizsgált paprikafajták és hibridek	17
3.2.4 Felhasznált primerek.....	18
3.3 Vizsgálatok módszere	18
3.3.1 Totál nukleinsav (TNS) kivonása paprika mintákból.....	18
3.3.2 Komplementer DNS (cDNS) készítés	19
3.3.3 Polimeráz láncreakció (PCR)	20
3.3.4 Gélelektroforézis.....	20
4. EREDMÉNYEK	21
4.1 A vizsgált növényeken észlelt betegségtünetek	21
4.2 Molekuláris vizsgálatok eredménye	25
4.2.1. TNS kivonás és aktin-teszt	25
4.2.2 Vírusok kimutatása RT-PCR során	26
4.3 Eredmények értékelése	28
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	30
6. ÖSSZEFOGLALÁS	32
7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	33
8. IRODALOMJEGYZÉK.....	34
9. ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE.....	42

Rövidítések jegyzéke

cDNS = komplementer DNS, RNS-ről másolt DNS

CMV = uborka mozaik vírus (*Cucumber mosaic virus*, syn.: *Cucumovirus CMV*)

CP = coat protein, köpenyfehérje

F1 = „Filial 1”, szelektíven tenyésztett mag

fw = forward

HR = hypersensitive reaction, hiperszenzitív reakció

ICTV = International Committee on Taxonomy of Viruses, Nemzetközi Taxonómiai Bizottság

nm = nanométer (10^{-9} m)

ObPV = óbuda paprika vírus (*Obuda pepper virus*, syn.: *Tobamovirus obudae*)

PaMMV = fűszerpaprika enyhe foltosság vírus (*Paprika mild mottle virus*, syn.: *Tobamovirus paprikae*)

PCR = Polymerase Chain Reaction, polimeráz láncreakció

PMMoV = paprika enyhe tarkulás vírus (*Pepper mild mottle virus*, syn.: *Tobamovirus capsici*)

PVY = burgonya Y vírus; *Potato Y virus* (syn.: *Potyvirus yituberosi*)

rev = reverse

RNS = ribonukleinsav

TMGMV = dohány enyhezöld mozaik vírus (*Tobacco mild green mosaic virus*, syn.: *Tobamovirus mititessellati*)

TMV = dohány mozaik vírus (*Tobacco mosaic virus*, syn.: *Tobamovirus tabaci*)

TNS = totálnukleinsav,össznukleinsav

ToBRFV = paradicsom barna termésráncosodás (*Tomato brown rugose fruit virus*, syn.: *Tobamovirus fructirugosum*)

ToMV = paradicsom mozaik vírus (*Tomato mosaic virus*, syn.: *Tobamovirus maculatusellati*)

TSWV = paradicsom foltos hervadás vírus (*Tomato spotted wilt virus*, syn.: *Orthotospovirus tomatomaculae*)

1.BEVEZETÉS

Az étkezési paprika (*Capsicum annuum* L.) a burgonyafélék (*Solanaceae*) családjába, a *Capsicum* nemzetségbe tartozik. Dél-Amerika trópusi területeiről származik, ahol már az őslakos indiánok előszeretettel alkalmazták különböző gyógyászati célokra. (Barboza et al., 2005). Magyarországra feltehetőleg a 16. században került török közvetítéssel. A hazai paprikatermesztés az 1920-as években kezdődött el jelentősebben. A magyar paprika világhírt Szent-Györgyi Albert által, a C-vitamin kutatásával szerzett 1937-ben (Balázs, 1994; Mód, 2004; Lantos, 2018).

Napjainkban évente körülbelül 24-25 millió tonna paprika termést takarítanak be 2 millió hektárnyi területéről világszerte. Hazánk a világ paprikatermesztésének közel 1%-át adja. 2023-ban 90 ezer tonna termést takarítottunk be 1281 hektárról. A hazai paprikafogyasztás jelenleg körülbelül 10-12 kg/fő/év. A paprikatermesztést jelenleg már jellemzően termesztőberendezésekben folytatják. Ezáltal csökkenő tendenciát mutat a szabadföldi termesztés (Takácsné, 2017; KSH, 2024; FAO, 2024).

A paprikát több mint 50 növénypatogén vírus képes fertőzni. Hazánkban a legjelentősebbek szabadföldön a PVY és CMV. Hajtatásban pedig a TSWV és a tobamovírusok okozzák a legnagyobb problémát.

A növényi vírusok átvitele történhet vektor segítségével és vektor segítsége nélkül is. Állati vektorok lehetnek a levéltetvek, kabócák, fonálférgek és tripszek is. A PVY-t több mint 50, a CMV-t pedig több mint 80 levéltetűfaj terjeszti. A TSWV legjelentősebb vektora a nyugati virágtripsz (*Frankliniella occidentalis*).

A növényi vírusok elleni védekezés vírusmentes szaporítóanyaggal, rezisztens fajtákkal, higiéniai és a karantén szabályok betartásával, valamint a vektorok elleni időben történő védekezéssel valósítható meg.

1.1 Célkitűzés

Napjainkban az intenzív termesztés és a termesztőberendezések alkalmazása teret nyithat a növénypatogén vírusok nagyobb mértékű fertőzésének. Mivel hazánkban a paprikatermesztés nagyrészt termesztőberendezésekben zajlik, ezért elengedhetetlen, hogy tisztában legyünk a potenciálisan veszélyt jelentő növénypatogén vírusokkal. Továbbá a megfelelő védekezés lehetőségeivel és azzal, hogy mekkora figyelmet kell fordítani a vektorok elleni védekezésre és a higiénia szabályok betartására. Ha nem kezdjük el időben a vektorok elleni védekezést és nem tartjuk be a higiénia szabályokat az komoly termésveszteséggel és gazdasági kárral járhat.

Ezért a munkánk során célul tűztük ki, hogy

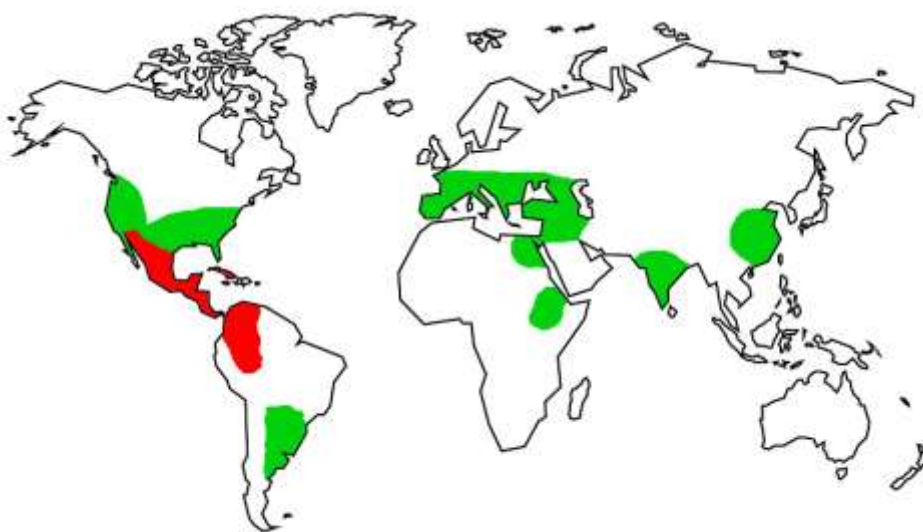
- a) nyugat-magyarországi kertészetekből származó tüneteket mutató, rezisztens és nem rezisztens paprika fajták és hibridek vírusfertőzöttségét teszteljük,
- b) PCR-technikával vizsgáljuk a PVY, CMV, TSWV és tobamovírusok jelenlétét a növényekben.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 A paprika jellemzése

Az étkezési paprika (*Capsicum annuum* L.) a burgonyafélék családjába (*Solanaceae*) és a *Capsicum* nemzetségbe tartozik. A nemzetséghez tartozó fajok Dél-Amerika trópusi területeiről származnak (1. ábra), melyeket az őslakos indiánok már több száz éves tapasztalattal alkalmaztak különböző gyógyászati célokra (Barboza et al., 2005). Amerika meghódítását követően jelentek meg a fajok Európában és Ázsiában. Hazánkba feltehetően a 16. században került török közvetítéssel, melyet kiválóan igazol a „törökbors” elnevezés is. A paprika hazai termesztése és jelentőségteljesebb elterjedése, majd a későbbi nemesítési munkája a 18. században a hazánkba menekülő bolgár kertészeknek köszönhető. A hazai paprikanemesítés az 1920-as években indult meg, legjelentősebb magyar központja Szentes lett. A magyar paprika világhírt, az 1937-ben Nobel-díjra jelölt Szent-Györgyi Albert által, a paprikából kivont aszkorbinsav, C-vitamin kutatásával nyert (Balázs, 1994; Mód, 2004; Lantos, 2018).

A *Capsicum* nemzetséghez körülbelül 200 faj tartozik, azonban csak öt nemesített faj található a termesztésben: a fent említett étkezési paprika (*Capsicum annuum* L.), bogyós paprika (*Capsicum baccatum*), cserjés paprika (*Capsicum frutescens*), kínai paprika (*Capsicum chinense*) és szőrös paprika (*Capsicum pubescens*) (Lantos, 2018).



1. ábra: A paprika származási és termesztési területei a világban (forrás: <http> 1)

Származási terület: ■ Világon termesztett terület: ■

2.1.1 A paprika morfológiája

Hazánkban a paprika egyéves fejlődésű növény. Erőteljes orsógyökérrel és egyenletes eloszlású oldalgyökerekkel rendelkezik. A növény gyökérzetének nagy része a talajfelszín közelében helyezkedik el. Fejlett egységes gyökértömege a kifejlett növény körülbelül 7–17%-át teszi ki. A paprika hajtásrendszerén kifejlett állapotban felül bogas, alul pedig fürtös elágazás figyelhető meg. A termesztésben használt fajtákat növekedésük alapján két csoportra lehet osztani: determinált és folytonos növekedésűekre (*Obermayer et al., 1955; Zatykó, 2004; Terbe et al., 2005; Lantos, 2018*).

Lágyszárú növény, az idő előrehaladtával szára folyamatosan fásodik. A levelek általános formája tojás vagy lándzsa. Méretük és alakjuk fajonként eltérő lehet. A levelek simák, épszélűek, egyesével vagy kettesével fejlődnek és rövid levéllyel rendelkeznek. Virágai kétivarúak, öntermékenyülők, melyek egyesével ágvillákban találhatók. A virágok színe általában fehér, de előfordulnak lila és sárga virágú változatok is. A virágok általában a főhajtásokon fejlődnek (80%-ban) a termékenyülés is itt kezdődik először, ezt követően a mellékajtásokon fejlődött virágok kötődnek (*Angeli, 1964; Kato and Tanaka, 1971; Zatykó, 1993*).

Termése felfűjt bogyó, melynek alakja, mérete és tömege változatos. Beltartalmát tekintve nagymértékben tartalmaz A-, B₁-, B₂- és C-vitamint. A magok vese alakúak, matt sárgák. Ezermagtömegük 5–7 gramm. A csírázókéességüket 3–4 évig tartják meg (*Szent-Györgyi, 1934; Hortobágyi et al., 1979; Terbe et al., 2005; Tanács, 2005*).

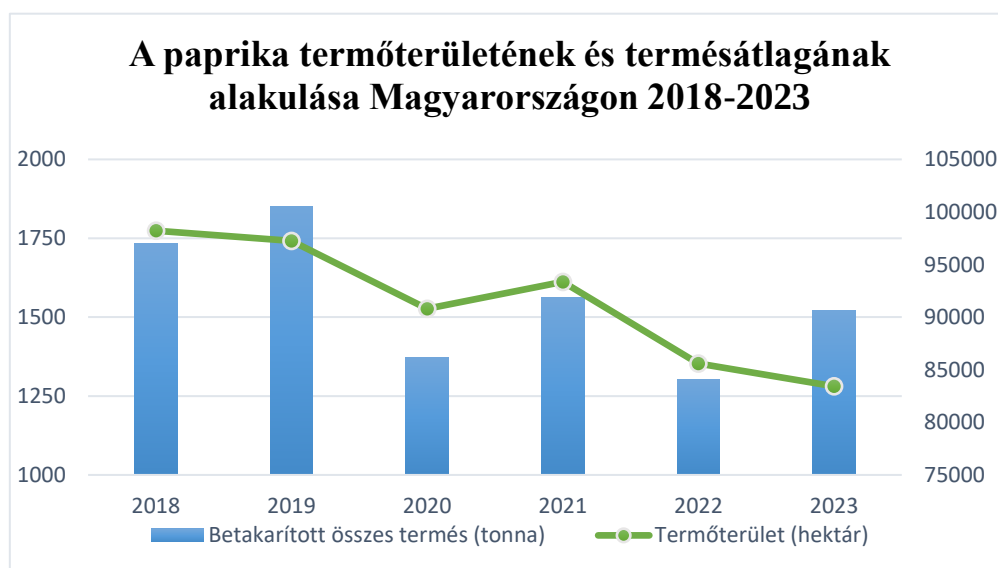
2.1.2 A paprika ökológiai igényei

A paprika hosszúnappalos növény, tehát a megfelelő fejlődéséhez minimum 13–14 óra megvilágítást igényel. Hőigényét tekintve a melegigényes fajok közé tartozik. Hőoptimuma 22±7 °C. A növény fejlődése során a különböző fenológiai fázisokkal együtt változik a hőmérsékleti igénye is. A fejlődéséhez legoptimálisabb hőmérséklet számára a 25–30 °C. Az ennél magasabb hőmérséklet nehezíti a termékenyülést. Hőköszübe 8–10 °C. Ha a hőmérséklet tartósan a hőköszüb alatt marad, az a növény károsodásához vezethet. Nem tolerálja a rövid ideig tartó fagypont alatti hőmérsékletet sem. A paprika vízigényes kultúrának mondható, vízfogyasztási együtthatója 55–75 l/kg. Tehát a tenyészideje alatt nagyjából 500–750 mm csapadékot igényel. A legoptimálisabb páratartalom a termesztési időszakban 70–80%. A paprika számára a középkötött mezőszégi talajok a legmegfelelőbbek (*Balázs, 1963; Gyúros and Szőriné, 2005; Lantos, 2011; Ledóné, 2016; Terbe and Slezák, 2019*).

2.1.3 A paprika jelentősége

A világon évente körülbelül 24–25 millió tonna paprika termést takarítanak be közel 2 millió hektárnyi területről. A világ legnagyobb termelője egyértelműen Kína, aki a világ paprika termelésének közel felét adja évente. A világ második legnagyobb termelője Mexikó, a harmadik pedig Indonézia. Európa 3–4 millió tonna paprikát termel évente, legjelentősebb termelők Törökország, Spanyolország, Olaszország és Hollandia (FAO, 2024).

Magyarország a világ paprika termelésének 1%-át adja. Hazánkban a negyedik legnagyobb mennyiségben termesztett zöldségféle. 2022-ben 1353 hektárról 84 ezer tonna termést takarítottak be. Az adatok alapján jól látható (2. ábra), hogy 2022-ben 10%-os csökkenés volt megfigyelhető a termesztett területek nagyságában, és a betakarított termésmennyiségben is az előző évhez képest. 2023-ban a területben csökkenés, a betakarított termésmennyiségben pedig növekedés figyelhető meg. Hazánk paprika fogyasztása 10–12 kg/fő/év mennyiségre tehető. Napjainkban az étkezési paprikát jellemzően termesztőberendezésekben állítják elő, ezzel növelve a termésbiztonságot. Ezáltal a szabadföldi étkezési paprika termőterülete csökkenő tendenciát mutat (Takácsné, 2017; KSH, 2024).



2. ábra: A paprika termőterületének és termésátlagának alakulása Magyarországon 2018-2023 (forrás: KSH, 2024)

2.2 A paprika jelentősebb vírusai

A világon körülbelül 1200 növénypatogén vírusfaj ismert, melyek közül 250 faj okoz jelentős gazdasági problémát a növénytermesztésben. 1997-ig közel 50, 2018-ig pedig közel 65 paprikát (*Capsicum annuum* L.) fertőző vírusfajt írtak le (Edwardson and Christie, 1997; Thakur et al., 2018).

Napjainkban az intenzívebb szabadföldi és a hajtatóberendezésekben történő paprikatermesztés kedvez a vírusos betegségek megjelenésének. Magyarországon az elmúlt évtizedben a leggyakoribb paprikát fertőző vírusok a szabadföldi termesztésben a burgonya Y vírus (*Potato virus Y*, syn.: *Potyvirus yituberosi*, PVY) és az uborka mozaik vírus (*Cucumber mosaic virus*, syn.: *Cucumovirus CMV*). Hajtásban a paradicsom foltos hervadás vírus (*Tomato spotted wilt virus*, syn.: *Orthotospovirus tomatomaculæ*, TSWV) és a tobamovírusok okozzák a legnagyobb problémát (Heszky, 2014; Tóbiás et al., 2017).

2.2.1 Burgonya Y vírus (*Potato virus Y*, PVY)

Az egész világon elterjedt burgonya Y vírust Nagy-Britanniában írták le először a XX. század elején (Smith, 1931). A *Potyviridae* családba tartozik, azon belül a növényi vírusok legnagyobb nemzetségébe a *Potyvirus* nemzetségbe. Kilenc növény családot és közel 500 növényfajt képesek fertőzni a nemzetség fajtái. A kártétel 10-100%-os is lehet, mely mértéke függ a vírustörzstől, a növény korától, a fertőzés időpontjától és a növény fogékonyságától. Gazdaságilag a legnagyobb kárt a *Solanacea* családba tartozó burgonyán, dohányon, paradicsomon és a paprikán okozza (Fuentes et al., 2019; Karavina et al., 2021).

A virionok flexibilis, fonál alakúak. Átmérőjük 11–12, hosszúságuk 650–776 nanométer. Körülbelül 95% fehérjét és 5% nukleinsavat tartalmaznak. A vírust burkoló köpenyfehérje (coat protein, CP) 2000 alegységből áll. Hőinaktivitási pontja 50–74 °C. In vitro eltarthatósága 48–72 nap. A vírusgenom pozitív egyszálú RNS, mely kb. 10.000 nukleonidból épül fel. Az RNS genom 5' végéhez egy vírusfehérje kötődik, a 3' végén polidenilált szekvencia található, mely hossza befolyásolja a vírus fertőzőképességét (Siaw et al., 1985; Robaglia et al., 1989; Takács, 2001; Karavina et al., 2021).

A potyvírusok mechanikai sérüléseken keresztül vagy vektorok segítségével jutnak be a növényi sejtbe. Nem perzisztens módon (stylet-borne) legalább 50 levéltetűfaj terjeszti a PVY-t, melyek közül a legjelentősebb a zöld őszibarack-levéltetű (*Myzus persicae*). A levéltetvek általi szívogatásnak köszönhetően a vírus már nagyon rövid idő alatt, akár néhány másodpercig tartó szívás során is felvehető a levél epidermisz sejtjeiből, melyet a további szívogatások során

juttatnak át a rovarok az egészséges növényekbe. A növényi sejtbe kerülést követően a vírus replikációs ciklusa az RNS kicsomagolásával kezdődik, ezt követi a transzláció, majd a poliprotein hasítás. A genomreplikáció a negatív szál intermediéren keresztül történik. A vírus replikációjához és a fennmaradásához a gazdanövény által termelt anyagokat és energiát használja fel. A fertőzés következtében a levélerek kivilágosodnak és az erek mentén sötétzöld sávok alakulnak ki. A tünetek azonban változatosak lehetnek a paprika genotípusától és az adott vírustörzstől függően. Az egyik legjelentősebb és leggyagyakoribb törzs a PVY^O az egész világon elterjedt. Fertőzése következtében kialakuló tünetek: levélhullámosodás, fodrosodás, levélszáradás és nekrotikus foltok (Takács, 2001; Kerlan and Moury, 2008; Karavina et al., 2021; ICTV, 2024).

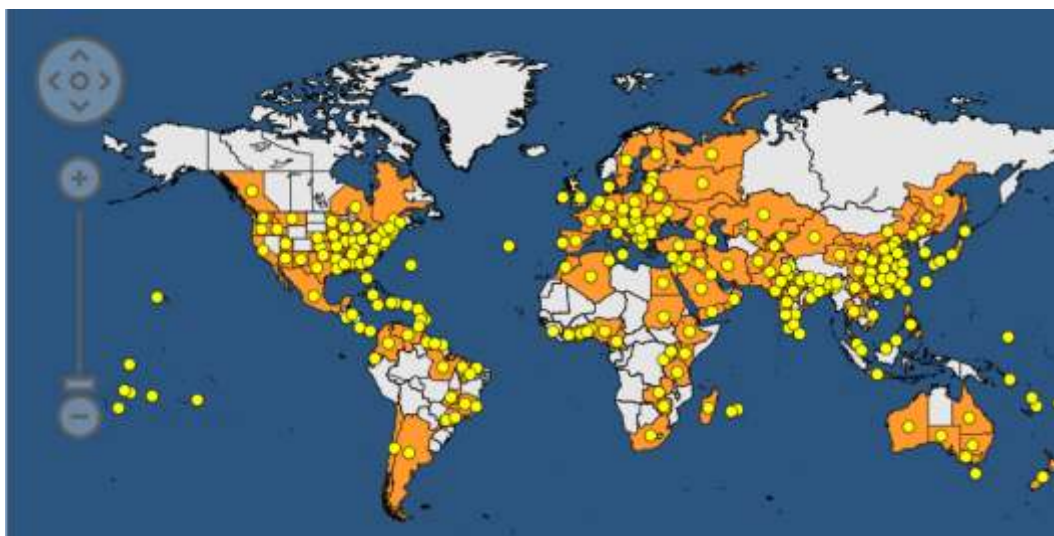
2.2.2 Uborka mozaik vírus (*Cucumber mosaic virus, CMV*)

Az uborka mozaik vírust 1916-ban írták le először uborkán (Doolittle, 1916). A vírus a *Bromoviridae* családba és a *Cucumovirus* nemzetségbe tartozik. Az egyik legszélesebb gazdanövény körrel rendelkező vírus. Rendkívül polifág. Több mint 100 növény családot és 1200 növényfajt és -fajtát fertőz, egy és kétszikűeket egyaránt. Zöldség növényeket, dísznövényeket és fás szárú növényeket is. Ma már ismert, hogy a mérsékelt és a trópusi éghajlatokon is előfordul (3. ábra), a kertészeti és mezőgazdasági kultúrákban is jelentős mennyiségi és minőségi kárt okozva (Palukaitis et al., 1992; Zitter and Murphy, 2009; Mochizuki and Ohki, 2011; Joshi et al., 2023).

A vírus genom három egyszálú hírvivő RNS molekulából áll, melyeket RNS1, RNS2, RNS3 megnevezéssel jelölnek. Az RNS-ek három, egyenként körülbelül 28–35 nm átmérőjű, gömb alakú vírusrészecskébe csomagolódnak, melyeket köpenyfehérje (CP) vesz körül. A víruspartikulumot burkoló CP burok 180 db CP alegységből áll. A CMV törzseket két nagy csoportba (I. és II. csoportok) sorolják, melyeket szerológiai tulajdonságaik és szekvencia elemzés alapján különítették el. A vírus hőinaktivitási pontja 70 °C (Mochizuki and Ohki, 2011).

A betegség kialakulását a vírus és a gazdanövény közti kölcsönhatások határozzák meg. A vírus oldaláról a patogenitási tényezők és a mennyiségi virulencia faktorok játszanak fontos szerepet. A vírus előfordulása hajtattott és szabadföldi termesztésben is gyakori. Körülbelül 30-40%-os termésvesztést képes okozni. De előfordulhatnak súlyos járványos megbetegedések is (Mochizuki and Ohki, 2011; Salánki, 2012; Joshi et al., 2023).

A tünetek változatosak lehetnek és nagymértékben függenek a gazdanövény fajtájától és a fertőzés idejétől. Tipikus tünetek a mozaik és gyűrűs foltosság, különféle deformációk, szemölcsök kialakulása a leveleken és a terméseken egyaránt. A vírussal fertőzött növények már palántakorban visszamaradnak a fejlődésben, leveleik elkeskenyednek és aszimmetrikussá válnak. A levélnyelek meghosszabodhatnak, rendellenes, esetenként cirmos virágok képződhetnek. Csökken a terméskötődés, termésvesztés következik be. A vírus mechanikailag és levéltetvekkel is átvihető. Több mint 80 levéltetűfaj képes terjeszteni nem perzisztens módon. Legjelentősebb vektorai a zöld-őszibarack levéltetű (*Myzus persicae*) és az uborka levéltetű (*Aphis gossypii*) (Zitter and Murphy, 2009; Salánki, 2012; Joshi et al., 2023).



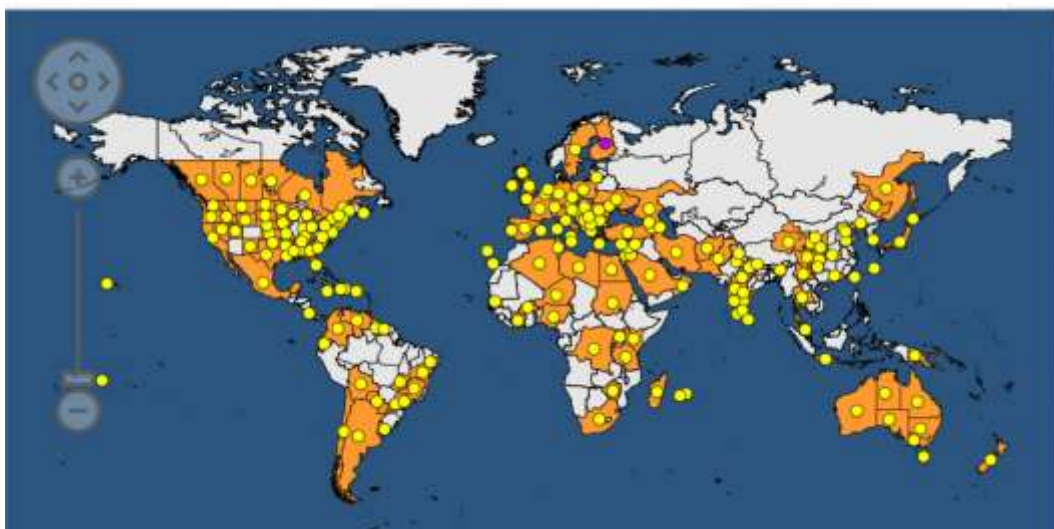
3. ábra: CMV elterjedése a világban (forrás: EPPO, 2024)

2.2.3 Paradicsom foltos hervadás vírus (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV)

A paradicsom foltos hervadás vírust a világ 10 legfontosabb növényi vírusa között tartják számon. A *Tospoviridae* család *Orthospovirus* nemzetségébe tartozik (Rybicki, 2014). Több mint 82 növénycsalád 1000 fajtát képes megfertőzni (Goldbach, 1996).

A genom osztott, három egyszálú, cirkuláris RNS alkotja. A vírus RNS-ek egyetlen gazdaeredetű kettős lipidburokkal körülvett, izometrikus szimmetriájú (gömb alakú) virionba csomagolódnak. A virion 70% fehérjéből, 5% nukleinsavból, 5% szénhidrátból és 20% lipidből épül fel, átmérője körülbelül 90–120 nm. A vírus szobahőmérsékleten mindössze 2-5 órán keresztül tartható el. A genom három különböző genomi RNS szálán - a nagy (large, L), a közepes (medium, M) és a kis (small, S) RNS-eken - összesen öt nyitott leolvasási szakasz (Open reading frame, ORF) található, melyek összesen öt fehérjét kódolnak (Horváth, 1999; Pappu et al., 2008; Almási et al., 2015; Wang et al., 2022; Rodríguez et al., 2023).

A TSWV a világon mindenütt előfordul (4. ábra). Először Ausztráliában írták le az 1910-es években. Magyarországon a 70-es években figyelték meg a vírus által okozott betegséget paprikán, paradicsomon és dohányon. A betegség elterjedésének mértéke összefügg a nyugati virágtripsz (*Frankliniella occidentalis*) vírusvektor megjelenésével, elterjedésével és károsításával. A vírus mechanikailag is átvihető, azonban a tripsz fajok általi terjedése jelentősebb. Átvitel módja szerint perzisztens (cirkulatív) víusról van szó, mely általában a xilémekben és a floémekben lokalizálódik. A tripsz lárváiban veszi fel a vírust, mellyel egész hátralévő életében képes fertőzni. A tripszek táplálkozásuk során terjesztik el a vírust, melyet a nyálukkal juttatnak be a növényi szövetekbe. Általában a fertőzést követő 7–10. napon jelennek meg a tünetek. Megjelenésüket nagyban befolyásolja a növény faja és fajtája, valamint a fertőzés időpontja. A fertőzés következtében sárga egyenmű gyűrűk jelennek meg a leveleken, az idő előrehaladtával pedig megbarnulnak. A növények szárán sötétbarna foltok figyelhetők meg. Az éretlen termések egyenetlen felületűek, a levelekhez hasonlóan gyűrűs foltokkal tarkítottak (Whitfield et al., 2005; Salamon, 2019; Nachappa et al., 2020; Qi et al., 2021).



4. ábra: A TSWV elterjedése a világban (forrás: EPPO, 2024)

2.2.4 Tobamovírusok

A tobamovírusok olyan növénypatogén vírusok, melyek rendkívül ellenállóak és már az őskorban is jelen voltak. Akár évszázadokig fent tudnak maradni száraz növényi anyagokban és jégmagokban. Az első ismert tobamovírus a dohány mozaik vírus (*Tobacco mosaic virus*, syn.: *Tobamovirus tabaci*, TMV) volt, amely világszerte elterjedt, részben a dohányfüggőségnek, részben a paradicsom és a paprika elterjedésének köszönhetően. Napjainkban más tobamovírusok is megjelentek és terjednek, jelentős gazdasági veszteségeket okozva ezzel a termelőknek. Új tobamovírusok rendszeresen kerülnek leírásra, néhányuk vadon

élő növényekről származik, melyek idővel fertőznek termesztett növényeket is (*Gibbs, 1999; Wylie, 2023*).

A *Tobamovirus* nemzetséget a *Virgaviridae* családba sorolják. Napjainkban 37 vírusfaj tartozik ebbe a nemzetségbe. A legtöbbet tanulmányozott növényi vírus a TMV. Kezdetben a körülbelül 18×300 nm méretű, merev, pálcika alakú virionokkal rendelkező növényi vírusokat mind a TMV különböző törzseinek tartották. Ennek eredményeként számos olyan vírust tekintettek TMV törzsnek, amelyeket ma már külön fajként ismernek el. Például a TMV paradicsomot fertőző törzse, amelynek genomja nukleotid szinten közel 80%-ban azonos a TMV genomi szekvenciájával, valójában a paradicsom mozaik vírus (*Tomato mosaic virus*, syn.: *Tobamovirus maculatusellati*, ToMV). Az egyik olyan kritérium, amelyet a különböző tobamovírus-fajok megkülönböztetésére használnak az például a legalább 10%-os nukleotidszekvencia-különbség. A tobamovírusok tehát olyan egymással rokon növénypatogén vírusok csoportja, melyeket más növényi vírusnemzetségektől a genomot alkotó RNS és a virion tulajdonságai alapján tudunk megkülönböztetni (*Lewandowski, 2008; EPPO, 2024*).

A tobamovírusok virionja pálcika alakú, körülbelül 290–310 nm hosszú és 17–18 nm széles. A virionokat 2600 CP alegység építi fel. Genomját 6300-6400 nukleotidból álló, egyetlen, pozitív értelmű, egyszálú RNS molekula alkotja. Az RNS 3' végét egy tRNS szerkezet, 5' végét pedig cap struktúra zárja. A csoport névadó faja a TMV, az elsőként felfedezett növénypatogén vírus (*Goelet et al, 1982; Ishibashi et al., 2023*).

Jelentősebb fajok a paprika enyhe tarkulás vírus (*Pepper mild mottle virus*, syn.: *Tobamovirus capsici*, PMMoV.), paradicsom mozaik vírus (*Tomato mosaic virus*, syn.: *Tobamovirus maculatusellati*, ToMV), paradicsom barna termésráncosodás vírus (*Tomato brown rugose fruit virus*, syn.: *Tobamovirus fructirugosum*, ToBRFV), dohány enyhezöld mozaik vírus (*Tobamovirus mititessellati*, syn.: *Tobacco mild green mosaic virus*, TMGMV) és a fűszerpaprika enyhe foltosság vírus (*Paprika mild mottle virus*, syn.: *Tobamovirus paprikae*, PAMMV) (*Brunt et al., 1996; Fauquet et al., 2005; Salamon, 2006; Lewandowski, 2008; Ojinaga et al., 2022*).

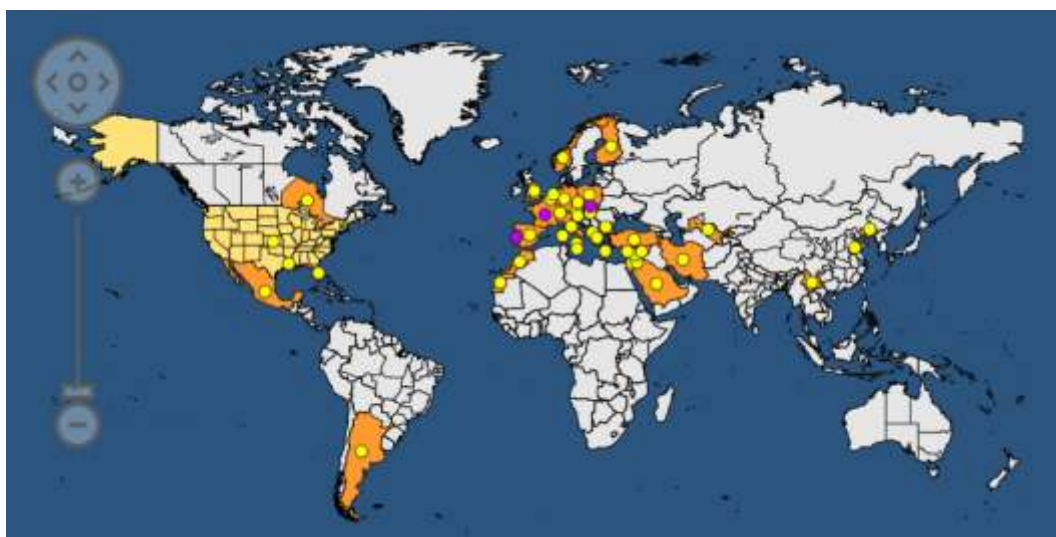
2.2.4.1 Paradicsom barna termésráncosodás vírus (*Tomato brown rugose fruit virus*, ToBRFV)

A ToBRFV 2014-ben és 2015-ben figyelték meg először Izraelben, illetve Jordániában paradicsomon. Hazánkban 2021-ben mutatták ki először üvegházi paradicsom kultúrában. Napjainkban már Óceánia és az Antarktis kivételével minden kontinensen megtalálható

(5.ábra) paradicsomon és paprikán egyaránt (Kerek, 2020; Vossenberget al., 2020; EPPO, 2024).

A *Virgaviridae* családba, azon belül pedig a *Tobamovirus* nemzetségbe tartozik. A virionok 300-310 nm hosszúak és 18 nm átmérőjűek, gyakran nagy, fénymikroszkóppal is látható hexagonális kristályokat alkotnak (Zhang et al., 2022; EPPO, 2024).

A TMV-hez hasonlóan fertőzőképességét sokáig megőrzi a gazdasejteken kívül is, úgymint eszközökön, ruhán, vagy növényi maradványokon. A vírus legfontosabb gazdanövényei a paradicsom, paprika és fekete csucsor. Mechanikai úton könnyen átvihető, például az ápolási munkák és a metszés során, valamint a betelepített hasznos beporzó szervezetekkel is. A tünetek a növény levelén és termésén egyaránt megfigyelhetők. Az első tünetek leggyakrabban a felső leveleken jelentkeznek. A levelek elkeskenyednek, először csak a levélerek sárgulnak, majd a teljes levéllemezen megjelennek a klorotikus elváltozások. A termésen kezdetben apró sárga foltok, később barnulás látható. A tünetek a fertőzést követő 2-3. héten jelennek meg, és akár 50-70% termésveszteség is bekövetkezhet (Vossenberget al., 2020; Zhang et al., 2022; EPPO, 2024).



5. ábra: ToBRFV elterjedése a világban (forrás: EPPO, 2024)

2.3 A növénypatogén vírusok átvitele

A növénypatogén vírusok átvitele történhet állati vektorok segítségével és vektorok segítsége nélkül is. Állatvektor nélküli átvitelnél beszélhetünk a mechanikai átvitelről (oltásról, szemzésről, dugványozásról) illetve más szaporító szervekkel történő átvitelről (maggal/pollennel,vízzel,talajjal). A növénypatogén vírusokról általánosságban elmondható, hogy oltással átvihetők, de csak abban az esetben, ha képesek szisztémikus megbetegedést

előidézni és az egészséges és a fertőzött növények között szöveti kompatibilitás van. Oltással történő átvitel esetén, ha vagy az alany, vagy az oltóvessző fertőzött, akkor a betegség minden esetben kiterjed az egész növényre, tehát a megelőzés érdekében az alanynak és az oltóvesszőnek is vírusmentesnek kell lennie. A mechanikai átvitel a legegyszerűbb módja a vírusok terjedésének, ugyanis ebben az esetben keletkezett sebzéseken keresztül történik a fertőzés. A fertőzés kialakulása függ a gazdanövény fogékonyságától, korától, fiziológiai állapotától, valamint a vírus környezeti feltételekkel szembeni ellenállóságától. Vegetatív szervekkel történő szaporítás esetén a fertőzött anyanövényről tovább szaporított növények is fertőzöttek lesznek. Azonban előfordulnak olyan esetek is, amikor nem fertőződik meg mindegyik szaporítóanyag és egészséges növények fejlődnek a fertőzött állományban. Generatív úton szaporított növények esetében maggal történő átvitelről beszélhetünk, mely jelentős gazdasági problémát okoz a vetőmag előállítás területén. A kórokozó a mag belsejében vagy annak felületén helyezkedik el, így a fertőzés is innen indulhat. Pollennel történő átvitelben a beporzó rovarok nagy szerepet játszanak. A vírusok terjedése a talajban történhet gyökerekkel, nematódákkal és talajlakó gombákkal. Egyes vírusok pedig öntözővízzel is képesek terjedni, amikor gyakorlatilag a fertőzött öntözővízzel befertőződhet az egész állomány (*Németh, 1963; Horváth, 1999; Glits, 2000; Heszky, 2014*).

A vírusok terjedése történhet állatvektorok segítségével is, melyek lehetnek levéltetvek, kabócák, fonálférgek, tripszek. A szűrő-szívó szájszervű vektorok a fertőzött növények szívogatása útján tudják felvenni a vírust, mely kétféleképpen történhet: 1. a vírus a rovar szájszervére tapad, 2. a vírus a testüregébe kerül. A vírus felvételének egyik fontos tényezője, hogy a vírus a növény mely részében található. Elhelyezkedhet az epidermiszben és a parenchimában, valamint a xilémbe és a floémbe is. Szintén fontos tényező, hogy a vektor mennyi idő alatt veszi fel a vírust. A felvétel időtartama lehet rövid, másodpercekig tartó, valamint hosszú, akár órákig is eltartó. Azt, hogy a vektor a felvételi szívás után mennyi idő múlva fertőzőképes, azt az adott vírus inkubációs ideje határozza meg. Az inkubációs idő az az időtartam, mely a vírus felvételétől a vektor fertőzőképessé válásáig telik el. A vírus leadása történhet a szájszerv belső felületéről és a testüregből is, a felvételhez hasonlóan. A vírusok tehát lehetnek nem perzisztensek, melyek a rovar szájszervének felületéhez kapcsolódnak, felvételük rövid ideig tart és nincs inkubációs idejük. És lehetnek perzisztensek, melyek a növényi floémból/xilémből a testüregbe kerülnek, felvételük hosszú ideig tart, és a fertőzéshez inkubációs időre van szükség. Továbbá lehetnek a vírusok szemiperzisztensek, melyek cirkulatív és nem perzisztens tulajdonságokkal is rendelkeznek (*Horváth, 1999; Glits, 2000; Heszky, 2014*).

2.4 Növényi vírusok elleni védekezés

A növényeket fertőző vírusokkal szembeni védekezést nagyban megnehezíti a vírusok gyors fejlődése és változékonysága, valamint obligát parazita jellegük. A vírusok elleni küzdelemben a korszerű megelőzési módszerek, a diagnosztika és a vírusmentes szaporítóanyagok, rezisztens fajták használata, a karantén intézkedések és higiéniai szabályok betartása, az integrált és agrotechnikai módszerek, valamint a vírusvektorok megfigyelése és az ellenük időben történő fellépés nyújthat megoldást (*Horváth, 1999; Tian and Valkonen, 2013; Heszky, 2014; Anikina et al., 2023*).

A növényi vírusokkal szemben alkalmazható biológiai védekezés is. Ez történhet keresztvédettség (cross protection) kialakításával, mely lényege, hogy egy vírushatár gyenge tüneteket okozó törzsével fertőzik a növényt, ami fertőzés esetén védelmet nyújt ugyanazon vírus más törzseinek fertőzésével szemben. A biológiai védekezés történhet még hagyományos keresztezés során, vad fajokból származó rezisztencia gének növénybe juttatásával is. Hátrányként azonban meg kell említeni, hogy ezzel a módszerrel nem kívánatos tulajdonságok is kerülnek a vad fajokból a nemesítés során a kultúrnövényekbe. Egymással nem keresztezhető fajok esetén a tulajdonságok átvitelére megoldást jelenthet a génpuska és a protoplaszt fúzió alkalmazása, melyek során csak a kedvező tulajdonságok kerülnek átvitelre a növényekbe. Napjainkban már vírusparaziták és a vírusreplikációt visszaszorító mesterséges géntermékek használata is lehetővé teszi a vírusok ellen való védekezést (*Horváth, 1999; Vojnic, 2016*).

2.4.1 Vírusrezisztencia paprikában

A vírusok elleni leghatékonyabb védelem rezisztens fajták/hibridek alkalmazásával érhető el, melyekhez különböző rezisztencia gének beépítésére van szükség. Az eredményes termesztés érdekében hazánkban elérhető rezisztens paprika fajtákról és hibridekről az *1. táblázatban* találhatunk példákat. A tobamovírusok ellen rezisztenciát biztosító L gén különböző alléljait vitték át hagyományos nemesítés során a paprika növényekbe. Ennek köszönhetően vírushatár fertőzés esetén a növény hiperszenzitív (HR) választ fog adni a fertőzésre. A reakció a fertőzés helyén hirtelen sejtelhalással jár, ezzel próbálja megakadályozni a növény a vírus további terjedését. Ezt a védelmet az L lokuszon található L₁, L₂, L₃ és L₄ négy allél adja. Ilyen tobamovírus rezisztens hibrid például a Claudius F1 (*1. táblázat*) (*Boukema, 1980; Jahn et al., 2000; Sawada et al., 2004*).

A TSWV elleni rezisztenciát a *Tsw* gén domináns alléljának jelenléte határozza meg, melyet a *Capsicum chinense* vad fajtából vittek át a *Capsicum annuum* L. -be. Ezen gén folyamatos használatának köszönhetően azonban már megjelentek rezisztencia-törő TSWV izolátumok is. Melyet először 2002-ben írtak le mediterrán paprika termő területekről, úgymint Olaszország és Spanyolország (Roggero et al., 2002; Almási et al., 2015).

A PVY esetében a *pvr2* lokuszban található *pvr2*¹ és *pvr2*² recesszív allélok nyújtják a vírus elleni védelmet (Moodley et al., 2019).

CMV esetében rezisztenciagéneket már azonosítottak egyes *Capsicum*-fajokból, azonban a rezisztencia szintje nem felel meg a kereskedelemben elvártaknak, ezért a CMV rezisztens fajták még váratnak magukra (Li et al., 2020).

1. táblázat: Néhány hazánkban jelenleg forgalomban lévő vírusrezisztens paprikafajta és hibrid (forrás: Nagybani Holland Vetőmag Kereskedelmi KFT, 2024)

Tobamovírus rezisztens paprika fajták/hibridek	TSWV rezisztens paprika hibridek	PVY rezisztens paprika hibridek
Celtic F1	Antal F1	Blondy F1
Fehérözön	Arina F1	Ilanga RZ F1
Claudius F1	Zalkod F1	Sondela RZ F1
SYN CECEI TV	Cassovia F1	Dinamica RZ F1

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1 Vizsgálatok helye

Vizsgálatainkat 2023-2024-ben a Magyar Agrár - és Élettudományi Egyetem, Budai Campusán a Növényvédelmi Intézet Növénykórtani Tanszék laboratóriumában végeztük.

3.2 Vizsgálatok anyaga

3.2.1 Vizsgált minták

A paprika termés- és levélminták paprika palántákról, illetve már kiültetett termő növényekről származtak. A vizsgált paprika palánták Nyugat-Magyarország területéről, Zala megyei kertészetből (Kiskanisza), a termő növényekről szedett termés- és levélminták Várfoldéről származtak. A mintagyűjtés legfőképpen vírusokra jellemző tüneteket mutató növényi részekre (levél/termés) irányult. Tövenként 1-3 levelet és/vagy termést gyűjtöttünk, melyeket feldolgozásukig -70 °C-on tároltunk.

3.2.2 Vizsgált paprikafajták és hibridek

Munkánk során 11 paprikafajta és -hibrid vírusfertőzöttségét teszteltük (2. táblázat).

2. táblázat: Vizsgált paprika fajták és hibridek, valamint az általuk tartalmazott rezisztencia

Vizsgált fajták, hibridek	Vírusrezisztencia
<i>Armand F₁</i>	HR Tm 0
<i>Amy</i>	-
<i>Antal F₁</i>	HR Tm 3, IR TSWV
<i>Cassovia F₁</i>	HR Tm 2, IR TSWV
<i>Blumen</i>	-
<i>Hétvezér F₁</i>	HR Tm 0
<i>Eszter F₁</i>	-
<i>Promontor F₁</i>	HR Tm 0
<i>Rédei fehér</i>	-
<i>Senator</i>	-
<i>Zalkod F₁</i>	HR Tm 2, IR TSWV

Jelmagyarázat: HR: Magas fokú ellenállóság; IR: Közepes fokú ellenállóság; Tm 0: TMV ellenállóság; Tm 2: TMV és ObPV ellenállóság; Tm 3: TMV, ObPV és PMMoV ellenállóság; TSWV: TSWV ellenállóság.

3.2.3 Felhasznált kit-ek és vegyszerek, műszerek

Az összenukleinsav kivonás és a gélelektroforézis során kereskedelmi forgalomban kapható AppliChem, Merck – EMSURE vegyszereket használtunk. A reverz transzkripció (reverse transcription, RT) és a polimeráz láncreakció (polymerase chain reaction, PCR) során Thermo Fisher Scientific termékeket: DreamTaqGreen PCR Master Mix-et (Dreamtaq DNA Polymerase, 2x Dream TaqGreen buffer, dNTPs, 4 mM MgCl₂), nukleázmentes vizet, RevertAid reverz transzkriptáz enzimet, RiboLock ribonukleáz inhibitor, 5x RT puffert és 5 mM-os dNTPs-t használtunk. Az RT és a PCR a GeneAmp PCR System 9700 készülékben zajlott.

3.2.4 Felhasznált primerek

Vizsgálataink során szakirodalmi forrásokból származó primereket alkalmaztunk (3. táblázat).

3. táblázat: A vizsgálat során felhasznált primerek

Primer neve	Primer szekvencia (5'-3')	Vírus/régió	Felszaporított régió hossza	Hivatkozás
<i>Capsicum actin_for</i>	AGGGATGGGTCAAAAGGATGC	paprika aktin gén	~230 bp	<i>Li et al., 2016</i>
<i>Capsicum actin_rev</i>	GAGACAACACCGCCTGAATAGC			
<i>TSWV_for</i>	CCCAGCATTATGGCAAGCC	TSWV	~350 bp	<i>Almási et al., 2015</i>
<i>TSWV_rev</i>	GGGCTAGCGGAAAACCTCGACCAGATCA			
<i>PVY_for</i>	GGGAATTCCGCGGAAATGACACAATYGATGGAG	PVY	~500 bp	<i>Thole et al., 1993</i>
<i>PVY_rev</i>	TGTGCCATGATTGCCTAAGTGTTG			
<i>UniTobamo5-for</i>	GWCGCSGAKTCKTCGTWTTAAATATG	tobamovírus	~700 bp	<i>Kálmán et al., 2001</i>
<i>UniTobamo3-rev</i>	TGGGCCCTACCSGSGG			
<i>CMV_for</i>	CTGTCTCATGGATGCTTCTCCGCG	CMV	~1000 bp	<i>Salánki et al., 1997</i>
<i>CMV_rev</i>	CTGGGTCTCCTTTTGGAGGCC			

3.3 Vizsgálatok módszere

3.3.1 Totál nukleinsav (TNS) kivonása paprika mintákból

1. Jégen hűtött dörzsmozsárban eldörzsöltük a paprika terméséből és leveléből származó körülbelül 2 cm² mintákat. Az összedörzsölés a sejtfal roncsolását segítette elő. A dörzsölt mintákhoz 1 ml lízispuffert adtunk, mely hozzájárult a további sejtalkotók roncsolásához.
2. További 42 µl β-mercaptoetanolt mértünk hozzá elszívó fülkében. Az így kapott elegyet 2 ml-es Eppendorf csövekbe töltöttük és vortex-szel homogenizáltuk. A homogenizálást követően 30 percig 65 °C-on vízfürdőbe helyeztük a mintákat, melyeket 10 percenként átforgattunk.

3. A vízfürdőt követően 100 µl 5M K-acetátot és 800 µl kloroform izo-amilalkoholt (24:1) mértünk a mintákhoz, majd vortex segítségével homogenizáltuk és 8000 rpm-en 5 percig centrifugáltuk azokat.
4. A keletkezett felülúszót leszívtuk és új 2,0 ml-es Eppendorf csövekbe töltöttük, ügyelve arra, hogy ne kerüljön bele szennyeződés a leülepedett növényi részből.
5. Az átszívást követően a mintához ismételtén 800 µl kloroform izo-amilalkoholt (24:1) adtunk, melyet vortexelést követően 8000 rpm-en 5 percig centrifugáltunk.
6. A keletkezett felülúszót új 1,5 ml-es Eppendorf csövekbe pipettáztuk, a korábbiakhoz hasonlóan nagyon ügyelve arra, hogy csak a felülúszó kerüljön átszívásra.
7. A felülúszóhoz első lépésben 80 µl 3M Na-acetátot, ezt követően pedig 750 µl izopropanolt adtunk. Óvatosan átforgattuk a mintákat, melyeket a forgatás után 30 percig szobahőmérsékleten hagytunk.
8. 13.000 rpm-es fordulatszámon 8 percig centrifugáltuk a mintákat, melyekben megjelent a pellet a centrifugálást követően. A felülúszót leöntöttük, ügyelve arra, hogy a pelletet ne öntsük ki. 1,5 ml 70%-os etanollal kétszer átmostuk, a mosások között 13.000 rpm-en 60 másodpercig centrifugáltunk, majd a maradék etanolt 13.000 rpm-en 60 másodpercig tartó centrifugálást követően 0,2 ml-es pipettával leszívtuk.
9. Nyitott tetővel vákuumszáritóban 20 percig szárítottuk a pelleteket, majd 30 µl desztillált vízben visszaoldottuk és a felhasználásig -70 °C-on tároltuk azokat.

3.3.2 Komplementer DNS (cDNS) készítés

1. Első lépésként mintánként 1 µl 100 pmol/µl koncentrációjú random hexamer primert és 3 µl TNS-t PCR csövekbe összemértünk, és az elegyet 5 percig 65 °C-on inkubáltuk.
2. Az inkubálást követően 2 percig 4 °C-on tartottuk a mintákat. Ezt követően hozzáadtuk a reakcióelegy további összetevőit is, mintánként:
 - 2 µl H₂O
 - 2 µl 5x reverz transzkriptáz puffer
 - 1 µl 5mM koncentrációjú dNTPs
 - 0,5 µl 200 U/µl koncentrációjú reverz transzkriptáz enzim
 - 0,5 µl 40 U/µl koncentrációjú ribonukleáz inhibitor
3. 10 percig 25 °C-on tartottuk, majd 60 percig 42 °C -on ment végbe a cDNS szintézis, végül 10 percig 70 °C-on inaktiváltuk az enzimet.
4. Az elkészült cDNS-eket -20 °C-on tároltuk.

3.3.3 Polimeráz láncreakció (PCR)

A PCR reakcióelegy összetevői (25 µl végtérfogatban):

- 10 µl H₂O (nukleáz-mentes)
- 12,5 µl Dream Taq Green PCR Master Mix (*Thermo Scientific*)
- 0,5 µl reverz primer (20 pmol/µl koncentráció)
- 0,5 µl forward primer (20 pmol/µl koncentráció)
- 1,5 µl cDNS

Az összemérést követően kerültek a minták a PCR gépbe. A reakció a következő PCR programon ment végbe: elődenaturáció 95 °C-on 5 percig, majd 35 cikluson keresztül 95 °C-on 0,5 percig denaturáció, 60 °C-on 1,5 percig primerek kötődése, majd 72 °C-on 1 percig láncosszabítási szakasz. A végső láncosszabítás 72 °C-on 10 percig tartott.

3.3.4 Gélelektroforézis

A TNS-eket és a kapott PCR-termékeket 1%-os TBE agaróz gélben (3 g agaróz, 300 ml 1%-os TBE oldat, 15 µl *Invitrogen*TM *SYBR*TM *Safe DNA Gel Stain* fluoreszcens festék), 1%-os TBE puffer jelenlétében megfuttattuk. A kádba töltött 1%-os TBE puffer vezeti az áramot, ezáltal a negatív töltésű DNS elmozdul a pozitív irányba. A gélhez adott fluoreszcens festéknek köszönhetően pedig UV fény alatt láthatóvá válnak a DNS szakaszok.

4. EREDMÉNYEK

4.1 A vizsgált növényeken észlelt betegségtünetek

Tüneteket mutató növényekről, 10 termő paprikatőről és 17 paprika palántáról összesen 31 db, 27 levél és 4 termésmintát gyűjtöttünk. Armand (1) kaliforniai paprika termő növény levelein klorotikus, helyenként nekrotikus koncentrikus gyűrűs foltok voltak megfigyelhetők. (6. ábra). Ez a növény tripszek által károsított növényállományból származott. Az Armand (2), (3) és (4) minták mindegyike növekedésében visszamaradt palántáról származott, az Armand (2) és (4) minták esetében a palánták csúcsi levelei sárgultak, az Armand (3) esetében hajtáscsúcs elhalás volt megfigyelhető. Az Amy fajtájú paprika palánta levelein a levélerek kivilágosodása volt észlelhető (7. ábra). Az Antal F₁ növényekről származó három levélmintán hasonló klorotikus elváltozások voltak megfigyelhetők (8. ábra), az Antal (2T) termésmintán fekete nekrotikus foltok jelentek meg. A termesztőberendezésben tripszek jelenléte megfigyelhető volt. A Blumen csípős pepperoni palánták csúcsi levelei deformáltak voltak. A Blumen (2) mintapalánta csúcsi levelein enyhe sárgulás is megfigyelhető volt. A Cassovia F₁ hibrid növény levelein klorotikus elváltozások voltak láthatók és a levelek szélei a levelek színe felé kanalasodtak (9. ábra) a paprikató termései tünetmentesek voltak. A termesztés helyén tripszek jelenléte detektálható volt. A Hétvezér F₁ termő paprika növények levelein klorotikus, helyenként nekrotizálódó gyűrűs foltokat figyeltünk meg, a Hétvezér (2) tő levelein nekrotikus léziók is megjelentek. Mindkét paprikanövény termésein gyűrűs foltosság (10. ábra) és nekrosis volt észlelhető. A termesztőberendezésben tripszek jelen voltak. Az Eszter F₁ hibridek leveleinek klorotikus elváltozása volt megfigyelhető (11. ábra), továbbá mind a két tő termésein nekrotikus gyűrűs foltok alakultak ki. A termesztés helyén tripszek jelenléte észlelhető volt. A Promontor (2) minta kivételével valamennyi vizsgált Promontor F₁ palánta levelén tapasztaltunk tüneteket. A Promontor (1) palánta törpült, valamint csúcsi levelei kissé deformáltak és merevek voltak. A Promontor (2) tüneteket nem mutatott. A Promontor (3), (4) és (5) palánták csúcsi levelei sárgultak, deformáltak és hólyagosak voltak. A Promontor (6) palántán kétszúcsú levelek is fejlődtek (12. ábra). A Rédei fehér palánták közül a Rédei (1) és Rédei (2) növényeken törpülés és sárguló csúcsi levelek voltak megfigyelhetők. A Rédei (3) levelei hólyagosodtak és a szélük befűződött. A Rédei (4) levelei a színük felé sodródtak, valamint a palántát sárguló csúcsi levelek jellemezték. A Senator fajtájú palánta csúcsi levelei a színük felé kanalasodtak. A Zalkod F₁ hibrid termő paprikató levelein és termésein sötétbarna, illetve fekete nekrotikus foltok, nagyméretű gyűrűs nekrosisok voltak láthatók (13. ábra). A termesztőberendezésben tripszek jelenlétét észleltük.

4. táblázat: A vizsgált növényeken észlelt betegségtünetek

Paprikafajta/hibrid	Minta elnevezése	Növényi rész	Látható tünet
Armand F1 (kaliforniai) kiültetett, termő növény (1) és palánta (2,3,4)	<i>Armand (1)*</i>	levél	gyűrűs klorotikus, nekrotikus, foltok
	<i>Armand (2)</i>	levél	törpülés, sárguló csúcsi levelek
	<i>Armand (3)</i>	levél	törpülés, hajtáscsúcs elhalás
	<i>Armand (4)</i>	levél	törpülés, sárguló csúcsi levelek
Amy palánta	<i>Amy</i>	levél	levélér kivilágosodás
Antal F1 kiültetett, termő növény	<i>Antal (1)*</i>	levél	klorózis
	<i>Antal (2L)*</i>	levél	klorózis
	<i>Antal (2T)*</i>	termés	gyűrűs, nekrotikus foltok, nektrózisok
	<i>Antal (3)*</i>	levél	klorózis, nekrotikus foltok
Cassovia F1 kiültetett, termő növény	<i>Cassovia*</i>	levél	klorózis, nekrotikus foltok, kanalasodás
Blumen (csípős pepperoni) palánta	<i>Blumen (1)</i>	levél	deformált csúcsi levelek
	<i>Blumen (2)</i>	levél	sárguló, deformált csúcsi levelek
Hétvezér F1 kiültetett, termő növény	<i>Hétvezér (1)*</i>	levél	gyűrűs, klorotikus, nekrotikus foltok
	<i>Hétvezér (2L)*</i>	levél	gyűrűs, klorotikus, nekrotikus foltok; nekrotikus léziók
	<i>Hétvezér (2T)*</i>	termés	gyűrűs foltok, nektrózisok
Eszter F1 (alma) kiültetett, termő növény	<i>Eszter (1)*</i>	levél	klorózis
	<i>Eszter (2L)*</i>	levél	klorózis
	<i>Eszter (2T)*</i>	termés	nekrotikus foltok
Promontor F1 palánta	<i>Promontor (1)</i>	levél	törpülés, merev csúcsi levelek
	<i>Promontor (2)</i>	levél	tünetmentes
	<i>Promontor (3)</i>	levél	nekrotikus foltok, sárguló, hólyagos, deformált csúcsi levelek
	<i>Promontor (4)</i>	levél	sárguló, hólyagos, deformált csúcsi levelek
	<i>Promontor (5)</i>	levél	sárguló, hólyagos, deformált csúcsi levelek
	<i>Promontor (6)</i>	levél	kétszúcsú levél
Rédei fehér palánta	<i>Rédei (1)</i>	levél	törpülés, sárgulás
	<i>Rédei (2)</i>	levél	törpülés, sárgulás
	<i>Rédei (3)</i>	levél	törpülés, hólyagos levél, befűződés
	<i>Rédei (4)</i>	levél	sárguló csúcsi levelek, kanalasodás
Senator palánta	<i>Senator</i>	levél	csúcsi levél kanalasodás
Zalkod F1 kiültetett, termő növény	<i>Zalkod L*</i>	levél	gyűrűs, nekrotikus foltok, nektrózisok
	<i>Zalkod T*</i>	termés	gyűrűs, nekrotikus foltok, nektrózisok

Jelmagyarázat: A *-al megjelölt minták tripsz vektor által fertőzött fóliasátorból származtak.



6. ábra: Armand fajtán látható klorotikus levéltünetek (Fotó: Fehér)



7. ábra: Amy fajta levelein látható érkivilágosodás (Fotó: Szendrei)



8. ábra: Antal F1 hibrid növény klorotikus levéltünetei (Fotó: Fehér)



9. ábra: Cassovia levélen látható kanalasodás és klorotikus tünetek (Fotó: Szendrei)



10. ábra: Hétvezér F1 hibriden gyűrűs foltok a termésen (Fotó: Szendrei)



11. ábra: Eszter F1 hibriden klorotikus levéltünetek (Fotó: Fehér)



12. ábra: Promontor (6) palántán látható kettős levélcsúcs (Fotó: Szendrei)

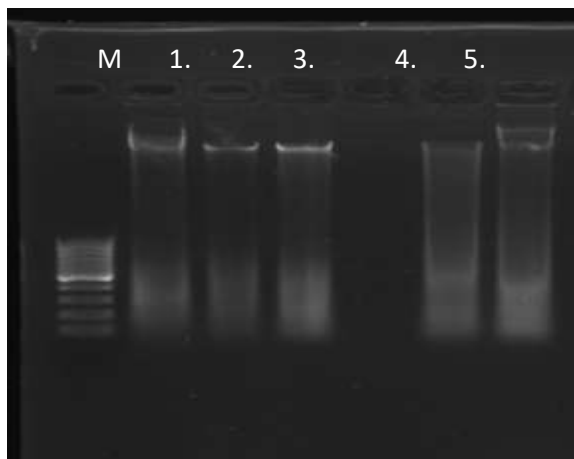


13. ábra: Zalkod F1 hibrid termésén és levelén látható nekrotikus foltok (Fotó: Szendrei)

4.2 Molekuláris vizsgálatok eredménye

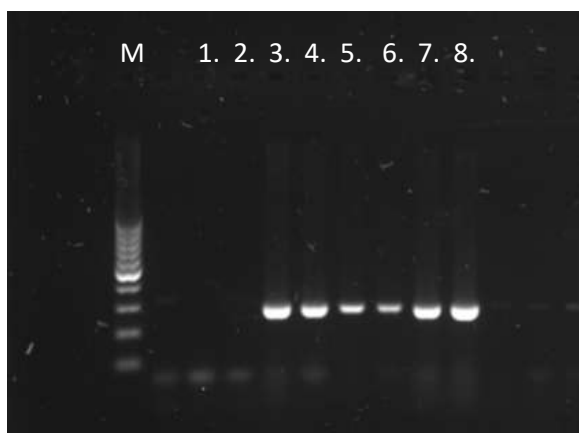
4.2.1. TNS kivonás és aktin-teszt

Munkánk során összesen 31 esetben, 27 levél- és 4 termésmintából végeztünk sikeres TNS kivonást (14. ábra). A TNS-ekről reverz transzkripció során előállított cDNS-ek minőségét (a cDNS szintézis sikerességét) minden minta esetében a paprika aktin génjére tervezett primerpár (*Capsicum_actin_for* és *Capsicum_actin_rev*; 3. táblázat) felhasználásával végzett PCR-rel ellenőriztük. A PCR során minden minta esetében a megfelelő méretű (~230 bp) PCR-termék keletkezett (15. ábra) vagyis minden minta esetében sikeres volt a cDNS szintézis.



14. ábra: Paprikaminták TNS kivonata agaróz gélen

Jelmagyarázat: M: 100 bp DNS Ladder (Thermo Fisher Scientific), 1.: Cassovia, 2.: Antal (2L), 3.: Eszter (2L), 4.: Antal (2T), 5.: Eszter (2T)

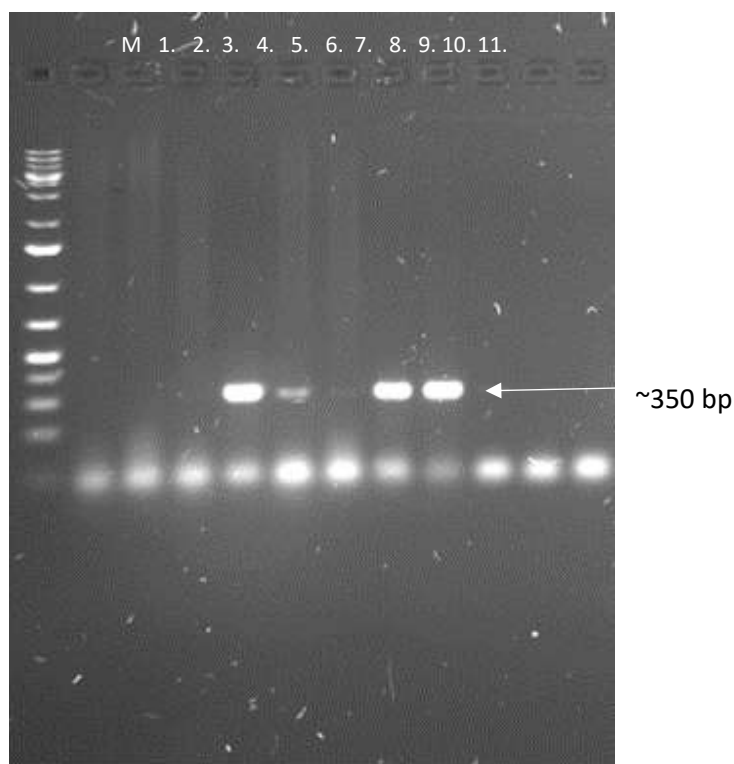


15. ábra: Aktin teszt gélelektroforetikus képe

Jelmagyarázat: M: 100 bp DNS Ladder (Thermo Fisher Scientific), 1-2.: negatív kontroll, 3.: Eszter (1L), 4.: Antal (1L), 5.: Antal (2L), 6.: Eszter (2L), 7.: Antal (2T), 8.: Eszter (2T)

4.2.2 Vírusok kimutatása RT-PCR során

Munkánk során a paprikát leggyakrabban fertőző vírusok (CMV, PVY, TSWV és tobamovírusok) jelenlétét vizsgáltuk termő paprikanövényekről származó termés- és levél-, valamint paprika palántákról származó levélmintákban. A faj, illetve nemzetség specifikus primerpárok alkalmazásával (3. táblázat) a tesztelt paprikaminták PCR vizsgálata eredményeképpen csupán a TSWV-specifikus primerpár használatakor kaptunk pozitív eredményt, keletkezett ~350 bp hosszúságú PCR-termék (16. ábra). A CMV, a PVY, és a tobamovírusok kimutatását célzó vizsgálatok során minden minta esetében negatív eredmény született, nem keletkezett PCR-termék, vagyis ezeket a vírusokat egyik levél, illetve termés mintából sem tudtuk kimutatni (5. táblázat).



16. ábra: TSWV kimutatását célzó PCR gélelektroforetikus képe

Jelmagyarázat: M: 1 kb Plus DNS Ladder (Thermo Fisher Scientific), 1.: Hétvezér (1), 2.: Cassovia, 3.: Zalkod L, 4.: Zalkod T, 5.: Armand (1), [6.: Paradicsom (1)], 7.: Hétvezér (2L), 8.: Hétvezér (2T), [9.: Paradicsom (2)], 10.-11.: negatív kontroll

5. táblázat: Elvégzett RT-PCR vizsgálatok eredményei

Minta sorsz.	Paprika minta neve	Vizsgált növényi rész	Tünet	Vektor jelentéle	CMV	PVY	TOBAMO	TSWV	C. annum act.
1.	<i>Armand (1)</i>	levél	+	+	-	-	-	+	+
2.	<i>Armand (2)</i>	levél	+	-	-	-	-	-	+
3.	<i>Armand (3)</i>	levél	+	-	-	-	-	+	+
4.	<i>Armand (4)</i>	levél	+	-	-	-	-	+	+
5.	<i>Amy</i>	levél	+	-	-	-	-	-	+
4.	<i>Antal (1)*</i>	levél	+	+	-	-	-	-	+
5.	<i>Antal (2L)*</i>	levél	+	+	-	-	-	-	+
6.	<i>Antal (2T)*</i>	termés	+	+	-	-	-	+	+
7.	<i>Antal (3)*</i>	levél	+	+	-	-	-	-	+
9.	<i>Blumen (1)</i>	levél	+	-	-	-	-	-	+
10.	<i>Blumen (2)</i>	levél	+	-	-	-	-	+	+
11.	<i>Cassovia*</i>	levél	+	+	-	-	-	-	+
12.	<i>Hétvezér (1)</i>	levél	+	+	-	-	-	-	+
13.	<i>Hétvezér (2L)</i>	levél	+	+	-	-	-	+	+
14.	<i>Hétvezér (2T)</i>	termés	+	+	-	-	-	+	+
15.	<i>Eszter (1)</i>	levél	+	+	-	-	-	-	+
16.	<i>Eszter (2L)</i>	levél	+	+	-	-	-	-	+
17.	<i>Eszter (2T)</i>	termés	+	+	-	-	-	+	+
18.	<i>Promontor (1)</i>	levél	+	-	-	-	-	+	+
19.	<i>Promontor (2)</i>	levél	-	-	-	-	-	-	+
20.	<i>Promontor (3)</i>	levél	+	-	-	-	-	+	+
21.	<i>Promontor(4)</i>	levél	+	-	-	-	-	+	+
22.	<i>Promontor(5)</i>	levél	+	-	-	-	-	-	+
23.	<i>Promontor(6)</i>	levél	+	-	-	-	-	-	+
24.	<i>Rédei (1)</i>	levél	+	-	-	-	-	-	+
25.	<i>Rédei (2)</i>	levél	+	-	-	-	-	-	+
26.	<i>Rédei (3)</i>	levél	+	-	-	-	-	-	+
27.	<i>Rédei (4)</i>	levél	+	-	-	-	-	+	+
29.	<i>Senator</i>	levél	+	-	-	-	-	-	+
30.	<i>Zalkod L*</i>	levél	+	+	-	-	-	-	+
31.	<i>Zalkod T*</i>	termés	+	+	-	-	-	+	+

Jelmagyarázat: a * jelölt minták TSWV rezisztens növényekről származtak., +: pozitív eredmény; - negatív eredmény.

4.3 Eredmények értékelése

Az elvégzett RT-PCR vizsgálatok eredményei alapján a vizsgált 31 paprika levél- és termésmintából a PVY, a CMV és a tobamovírusok fertőzését egyetlen esetben sem tudtuk kimutatni, a vizsgált vírusok közül csak a TSWV jelenlétét sikerült igazolnunk. A vizsgált minták közül a négy termés- és 26 levélminta mutatott tüneteket, míg egy levélminta tünetmentes volt. A PCR vizsgálat során TSWV jelenlétére pozitív minták mindegyike mutatott tüneteket. A tünetmentes mintában nem került kimutatásra vírus. A tünetes minták 43,33%-a (13 minta), kilenc levél- és a négy termésminta, vagyis a levélminták 34,62%-a és a termésminták mindegyike TSWV fertőzöttnek bizonyult (5. táblázat).

Az Armand F₁ hibrid TMV rezisztenciával rendelkezik. A négy vizsgált levélminta közül három esetében sikerült a TSWV jelenlétét kimutatnunk. Az Armand (1) minta tripszek által károsított termő paprikatőről származott. Az igazoltan vírusfertőzött minták mindegyike mutatott vírusfertőzésre utaló tüneteket.

A TSWV fertőzése ellen rezisztenciát biztosító gént hordozó Antal F₁ hibridekről származó levél- és a termésminták tüneteket mutattak. A három levélmintából a tünetek ellenére sem sikerült a vizsgált vírusok egyikét sem kimutatnunk. A tüneteket mutató termésmintában a TSWV jelenléte kimutatható volt, míg ugyanezen növény levelének TSWV fertőzöttségi vizsgálata során negatív eredményt kaptunk. Mindegyik minta tripszek által károsított növényekről származott.

A Blumen fajta nem rendelkezik a paprikát fertőző vírusok ellen rezisztenciával. Mindkét vizsgált Blumen palánta levelei tünetesek voltak, a TSWV fertőzését azonban csak az egyik, a Blumen (2) mintából tudtuk kimutatni.

A Cassovia és a Zalkod F₁ hibridek TSWV elleni rezisztencia gént hordoznak. A tünetes Cassovia és Zalkod F₁ levélmintákból egyik vizsgált vírus fertőzését sem tudtuk kimutatni, azonban a levélminta alapján a TSWV jelenlétére negatív eredményt adó Zalkod fajtájú növényről származó tünetes termésből a TSWV kimutatható volt. A termesztőberendezésben tripszek jelenlétét észleltük.

Az Eszter F₁ paprika hibrid levelein és termésein egyaránt tünetek voltak megfigyelhetők, azonban csak a termésmintából tudtuk a vizsgált vírusok közül a TSWV jelenlétét kimutatni. Ugyanezen növény levelének TSWV fertőzöttségét nem tudtuk igazolni, és a tünetek megjelenése ellenére a másik levélmintában sem sikerült egyik vizsgált vírus fertőzését sem igazolnunk. Ugyanakkor tripszek jelen voltak a mintagyűjtés helyén.

Hétvezér F₁ hibridről származó termés- és levélmintákon tünetek voltak megfigyelhetők, azonban csak a Hétvezér (2) levél- és termés minta bizonyult TSWV fertőzöttnek. A Hétvezér (1) levélmintában nem tudtunk vírushatósítást igazolni.

A hat vizsgált Promontor levélminta közül öt mutatott vírushatósításra utaló tüneteket, melyek közül kettő esetében sikerült TSWV fertőzést kimutatnunk. A tünetmentes Promontor (2) levélminta vizsgálatunk során a vizsgált vírusok egyikével sem bizonyult fertőzöttnek.

A Rédei fehér fajtáról származó levélminták mindegyikén megfigyelhetők voltak a tünetek, pozitív eredményt azonban csak egy minta, a Rédei (4) esetében kaptunk. A mintában a TSWV fertőzését igazoltuk az RT-PCR során.

Az Amy és a Senator fajtájú palánták levelein tüneteket megfigyeltünk, azonban egyik vizsgált vírus jelenlétét sem tudtuk igazolni a levélmintákban.

A vizsgált 11 fajta közül 8 fajta esetében legalább egy vizsgált minta esetében sikerült a vizsgált vírusok közül a TSWV jelenlétét kimutatni. A Cassovia, Amy és Senator fajták esetében egyik vizsgált minta sem bizonyult vírushatósítottnak. Nem volt olyan fajta, amely esetében minden vizsgált minta vírushatósított lett volna, holott csupán egyetlen minta [Promontor (2)] volt tünetmentes. A legnagyobb arányú fertőzöttséget (75%) az Armand F₁ hibrid esetében tapasztaltuk, ahol a négy különböző palántáról származó négy vizsgált levélminta közül három bizonyult TSWV fertőzöttnek.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Paprikaminták virológiai tesztelése során a tüneteket mutató minták több mint 40%-ának vírusfertőzöttségét állapítottuk meg. Vizsgálatunk során a paprikát leggyakrabban fertőző vírusok (CMV, PVY, TSWV, tobamovírusok) közül azonban csak a TSWV jelenlétét sikerült igazolnunk. *Sáray et al. (2021)* tünetes paprikaminták tesztnövény- és PCR vizsgálatai során a minták több, mint felének (58%) vírusfertőzöttségét állapították meg, és saját eredményeinkkel összhangban a pozitív minták legnagyobb részében (67%) a TSWV jelenlétét azonosították. Vizsgálatuk során tobamovírusok (19%), a CMV (12%), és a PVY (2%) előfordulását is igazolták, melyek jelenlétét nekünk nem sikerült kimutatnunk a vizsgált mintákban PCR technikával.

A paprikaminták vírusrezisztenciával rendelkező, valamint rezisztenciával nem rendelkező fajtákról, illetve hibridekről származtak. A vizsgált mintáink egy kivételével makroszkópikus tüneteket mutattak. A TSWV rezisztens Antal F₁, Cassovia F₁ és Zalkod F₁ hibridek levelei és termései is tünetesek voltak. Az Antal F₁ és Zalkod F₁ töveken megfigyelt nekrotikus foltok egyértelműen jelezték a TSWV elleni rezisztenciagén jelenlétét (*Agrios, 2005*) és azt, hogy a TSWV normál törzse volt jelen a termesztőberendezésben (*Tóbiás et al., 2014*). A nekrozisok a fertőzésre adott hiperszenzitív válaszreakciók, melyeknek köszönhetően a vírusfertőzött részek lokálisan elhalnak, ezzel megállítva a vírus további terjedését a növényben. A TSWV ellen rezisztenciagént hordozó Antal F₁ és Zalkod F₁ fajták terméseiben azonban a rezisztenciát biztosító gén jelenléte és a kialakult fekete nekrozisok ellenére is igazoltuk a TSWV jelenlétét. Említésre méltó, hogy az előzőleg említett két fajta esetében a nekrotikus tüneteket mutató, egyazon egyedről származó levél- és termésminták közül csak a termésekből sikerült a TSWV jelenlétét kimutatni. Az Eszter F₁ hibridfajta esetében szintén az egyazon, tünetes növényről származó levél- és termésminták közül csak a termésben tudtuk a TSWV fertőzését igazolni. Az Eszter F₁ fajta esetében magyarázatul szolgálhat erre, hogy a termés szövetéből vett mintában nagyobb lehetett a vírus koncentrációja, mint a TNS kivételéhez használt levélszövetben. Az Antal F₁ és a Zalkod F₁ hibridek esetében pedig elképzelhető lehet, hogy nem csak a TSWV normál törzse, hanem esetleg egy rezisztencia törő törzs is fertőzte a vizsgált paprikatövet (*Almási et al., 2015*), azonban ennek ellentmond az, hogy szisztemikus tünetek megjelenését nem tapasztaltuk a növényen.

Bár tüneteket egyetlen palánta kivételével mindegyik növényen megfigyeltünk, ennek ellenére vírusfertőzést csak a tüneteket mutató egyedekről származó minták 43,33%-ában sikerült igazolni. Vagyis a tüneteket mutató növényekről származó minták több, mint felében

nem tudtuk az általunk vizsgált vírusok (CMV, PVY, TSWV, tobamovírusok) jelenlétét kimutatni. Erre magyarázatul szolgálhat az, hogy a szemrevételezés során a növényeken észlelt tünetek könnyen összetéveszthetők egyes abiotikus tényezők – például egyes mikro- és makroelemek hiánya, hőstressz stb. – által okozott elváltozásokkal (*Howard et al., 1994*), de az sem zárható ki, hogy valamilyen általunk nem vizsgált vírus fertőzte a paprika növényeket.

A gyűjtött minták közel fele olyan termesztőberendezésekből származott, ahol a tripszek jelen voltak, másik fele azonban olyan fóliasátrakból, ahol tripszek jelenlétét nem észlelték. A tripszek – elsősorban a nyugati virágtripsz – a TSWV terjedésének legfőbb vektorai, a fő vírusátvitel nekik köszönhető (*Nachabba et al., 2020*), azonban a vírust mechanikai úton is át lehet vinni (*Whitfield et al., 2005*). Akár ennek is köszönhető, hogy azokban a levél- és termésmintában is kimutatható volt a TSWV, amelyek olyan helyről származtak, ahol tripszek jelenléte nem volt érzékelhető.

Összeségében elmondható, hogy vizsgálataink során csak a TSWV fertőzését sikerült kimutatnunk a különböző paprika fajtákban és hibridekben. Ez azonban nem zárja ki egyrészt azt, hogy a mintákban előfordulhattak más, általunk nem vizsgált vírusok is, másrészt azt sem, hogy a tünetes, de vírusmentes minták valamilyen tápanyaghiány vagy stresszhatás következtében mutattak tüneteket. Az eredményeink alapján az is megállapítható, hogy a rezisztens fajták, illetve hibridek alkalmazása nem jelent teljes védelmet a paprikát fertőző növényi vírusok ellen, ugyanis a vektorok kártételének következtében a rezisztens hibridek is tüneteket produkálhatnak éppúgy, mint a rezisztencia gént nem tartalmazó, fogékony fajták, illetve hibridek. Ezért a hajtásban történő paprika termesztés alapvető feltétele a vírusokat terjesztő vektorok monitorozása és a védekezés időben történő megkezdése. Ennek hiányában a rezisztens növények sem képesek értékesíthető termést hozni. Eredményeink alapján a mechanikai vírusátvitel szerepe is jelentős lehet. Ennek tudatában pedig a termesztés során alkalmazott eszközök (metszőollók, kések) folyamatos fertőtlenítése is elengedhetetlen feltétele a sikeres termesztésnek.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Hazánkban a paprika a negyedik legnagyobb mennyiségben termesztett zöldségnövény, melyet jellemzően termesztőberendezésekben állítanak elő. A hajtatas által biztosított körülmények miatt nagyobb eséllyel alakulnak ki vírusfertőzések az állományban. A paprikát fertőző legjelentősebb vírusok a PVY, CMV, TSWV és tobamovírusok.

A szakdolgozatom a fent említett vírusok detektálására irányult paprika termés és levél mintákból PCR segítségével. A gyűjtött minták Nyugat-Magyarország területéről, Zala megyei kertészetekből származnak. A mintagyűjtés a tüneteket mutató növényi részekre irányult. Palántákról és már termő növényekről egyaránt. A minták vírus rezisztenciával rendelkező és nem rendelkező fajtákról és hibridekről származnak. A két gyűjtési hely egyikén tripsz fertőzés volt detektálható.

Összesen 31 db, 27 levél- és négy termés minta virológiai tesztelését végeztük el. 1 mintán nem voltak szemmel látható tünetek, az összes többi minta tünetes volt.

Az elvégzett vizsgálatok alapján elmondható, hogy a vizsgált négy vírus közül csak a TSWV-t sikerült kimutatnunk, melyet a tüneteket mutató mintáink 43,33%-a tartalmazott. Tehát a tünetes növények kevesebb, mint feléből tudtunk kimutatni a vírust. Ennek vélhetőleg az lehet az oka, hogy ezek a növényeket valamilyen abiotikus stresszhatás érthette, vagy esetleg egy általunk nem vizsgált vírust tartalmazhattak.

Rendelkeztünk olyan egyedekkel, melyek levele és termése is tünetes volt, vírust azonban csak a termésekből sikerült kimutatni, a levelekből nem. Melyből arra következtethetünk, hogy egyes esetekben a vírus a termésekben nagyobb koncentrációban fordulhat elő. Az említett minták tripszek által fertőzött állományból származtak, tehát az sem zárható ki, hogy a tripszek tevékenységének köszönhető az eredmény. A tripszmentes állományok fertőzöttségére pedig a mechanikai vírus átvitel adhat magyarázatot. Más esetekben pedig TSWV rezisztencia mellett is tüneteket produkált a növényegyed, és termésében detektálható volt a TSWV. Ebben az esetben elképzelhető lehetne, hogy egy rezisztencia törő vírus törzzsel van dolgunk, de esetünkben ennek ellentmond, hogy a növényen szisztemikus tüneteket nem figyeltünk meg.

Kapott eredményeink alátámasztják azt, hogy önmagában nem elég a rezisztens fajták, hibridek alkalmazása a vírusok elleni biztonságos termesztéshez. Ugyanis a vektorok elleni időben történő védekezés és a higiénia szabályok betartása is nélkülözhetetlenek a paprika gazdaságos és eredményes termesztéséhez.

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom konzulens tanáromnak, **Koósné dr. Szathmáry Erzsébetnek**, aki a szakdolgozatom összeállítása és elkészítése folyamán végig odaadó segítséget nyújtott.

Köszönettel,

Fehér Dorina

8. IRODALOMJEGYZÉK

1. Agrios, G. N. (2005): How plants defend themselves against pathogens. In Plant Pathology (Fifth Edition). Amsterdam: Elsevier Academic Press. DOI: 10.1016/C2009-0-02037-6.
2. Almási A. – Csilléry G. – Csömör Zs. – Nemes K. – Palkovics L. – Salánki K. – Tóbiás I. (2015): Phylogenetic analysis of Tomato spotted wilt virus (TSWV) NSs protein demonstrates the isolated emergence of resistance-breaking strains in pepper. *Virus Genes*, 50 (1), pp. 71–78. DOI: 10.1007/s11262-014-1131-3
3. Angeli L. (1964): A csokros paprika nemesítése. *A kertészeti és Szőlészeti Főiskola Közleményei*, 28(1), pp. 65–80.
4. Anikina, I. – Kamarova, A. – Isseyeva, K. – Issakhanova, S. – Mustafayeva, N. – Insebayeva, M. – Mukhamedzhanova, A. – Khan, S. M. – Ahmad, Z. – Lho, L. H. – Han, H. – Raposo, A. (2023): Plant protection from virus: Review of different approaches. *Front Plant Sci*, 23(14), Paper 10291191, 12 p. DOI: 10.3389/fpls.2023.1163270
5. Balázs S. (1963): *A fény hatása a paprika fejlődésére (különös tekintettel a hajtatásra)*. [Kandidátusi értekezés]. Budapest.
6. Balázs S. (1994): *A zöldségtermesztők kézikönyve*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
7. Barboza, G. E., Bianchetti, L. B. (2005): Three New Species of Capsicum (Solanaceae) and Key to the Wild Species from Brazil. *Systematic Botany*, 30(4), pp. 863–871. DOI: 10.1600/03636440577507905
8. Boukema, I. W. (1980): Allelism of genes controlling resistance to TMV in Capsicum L. *Euphytica*. Volume 29, pp. 433-439.
9. Brunt, A – Crabtree, K. – Dallwitz, M. – Gibbs, A. – Watson, I. (1996): *Viruses of Plants: Descriptions and Lists from the VIDE Database*. Wallingford, Oxon, UK: CABI Publishing.
10. Doolittle, S. P. (1916). A new infectious mosaic disease of cucumber. *Phytopathology*, 6(2), pp. 145-147.
11. Edwardson, J.R., Christie, R.G. (1997): *Viruses Infecting Peppers and Other Solanaceous crops*. Florida: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences.

12. EPPO (2024): European Public Prosecutor's Office Home oldala. Letöltés dátuma: 2024.03.01. forrás: <https://www.eppo.europa.eu/en>
13. FAO (2024): *Crop information of pepper*. Food and Agriculture Organization adatbázis honlapja: Letöltés dátuma 2024.02.29. forrás: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/pepper/fr/>
14. Fauquet, C. M. – Mayo, M. A. – Maniloff, J. – Desselberger, U. – Ball, L. A. (2005): *Virus taxonomy*. First Edition. London: Academic Press.
15. Fuentes, S. – Roger A.C. J. – Hiroki M. – Kazusato, O. – Jan, K. – Adrian J. G. (2019): Potato virus Y. *Virus Evolution*, 5 (2), Paper vez037, 15 p. DOI: 10.1093/ve/vez037
16. Gibbs, A. (1999): Evolution and origins of tobamoviruses. *The Royal Society*, 354(1383), pp. 593-602. DOI:10.1098/rstb.1999.0411
17. Glits M., Folk Gy. (2000): *Kertészeti növénykórtan*. Budapest: Mezőgazda könyvkiadó.
18. Goelet, P. – Lomonossoff, G. P. – Butler, P. J. – Akam, M. E. – Gait, M. J. – Karn, J. (1982): Nucleotide sequence of tobacco mosaic virus RNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 79(19), 5818–5822, DOI: 10.1073/pnas.79.19.5818
19. Goldbach, R., Peters, D. (1996): Possible causes of the emergence of tospoviruses diseases. *Sem. Virol* 5, pp 113-120.
20. Gyúró J. – Szöriné Z. A. (2005): Paprika. In: Glits M. – Gólya E. – Gyúró J. – Győrfi J. – Hodossi S. – Holb I. – Hraskó I. – Kovács A. – Kovácsné Gy. M. – Nagy Gy. – Némethy Z. – Ombódi A. – Péntes B. – Slezák K. – Szöriné Z. A. – Terbe I. – Zatykó F. (szerk.): *Zöldségtermesztés termesztőberendezésekben*. Budapest: Mezőgazda Kiadó, pp. 93–109.
21. Heszky L. (2014): Transzgénikus vírusrezisztencia, I. Növényi vírusok molekuláris biológiája. „*Tanuljunk „géntechnológiául”*”: *Agrofórum*, 14 (41), pp. 130–134.
22. Hortobágyi T. – Ferenczy L. – Pócs T. – Simon T. – Szabó I. (1979): *Növényrendszertan*. Budapest: Tankönyvkiadó Vállalat.
23. Horváth J. (1999): *A vírusok osztályozása*. Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium támogatásával, az Intézményközi Tankönyvkiadási Szakmai Bizottsága.

24. Howard, L. R. – Smith, R. T. – Wagner, A. B. – Villalon, B. – Burns, E. E.(1994): Provitamin A and ascorbic acid content of fresh pepper cultivars (*Capsicum annuum*) and processed jalapenos. *J. Food Sci*, 59, pp. 362-365.
25. [http1: The Learning Online Network with CAPA honlapja](http://The Learning Online Network with CAPA honlapja). Letöltés dátuma: 2024.03.02. forrás:https://s2.lite.msu.edu/res/msu/botonl/b_online/schaugarten/Capsicumannuum/Sweet_Pepp.html/
26. ICTV (2024) : *Tobamoviruses*. ICTV (International Committee on Taxonomy of Viruses) Global honlapja. Letöltés dátuma: 2024. 03. 03. forrás: <https://ictv.global/report/chapter/virgaviridae/virgaviridae/tobamovirus>
27. Ishibashi, K. – Kubota, K. – Kano, A. – Ishikawa, M. (2023): Tobamoviruses: old and new threats to tomato cultivation. *Journal of General Plant Pathology*. Volume 89, pp. 305-321. DOI:10.1007/s10327-023-01141-5.
28. Jahn, M. –Paran, I. – Hoffmann, K. – Radwanski, E. R. – Livingstone K. D – Grube R. C. – Aftergoot, E. – Lapidot, M. – Moyer, J.(2000): Genetic mapping of the Tsw locus for resistance to the Tospobirus Tomato spotted wilt virus in *Capsicum* spp. and its relationship to tge Sw-5 gene for resistance tot the same pathogen in tomato. *Mol Plant Microbe Interact*.13(6), pp. 673-682. DOI: 10.1094/MPMI.2000.13.6.673
29. Joshi, M. – Narute, T.K. – Sarnobat, D. (2023). The Cucumber Mosaic Virus: A Review. *International Journal of Plant & Soil Science*, 35(24), pp. 253–260. DOI: 10.9734/ijpss/2023/v35i244316.
30. Kálmán D. – Palkovics L. – Gáborjányi R. (2001): Serological, pathological and molecular characterisation of Hungarian Pepper mild mottle tobamovirus (PMMoV) isolates. *ActaPhytopath. et Entomol*, 36, pp. 31–42.
31. Karavina, C. – Ibaba, J. D. – Gubba, A. (2021): Potato virus Y isolates infecting bell pepper from part of Southern Africa display distinct recombination patterns. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, Volume 114. Paper 101638. DOI: 10.1016/j.pmpp.2021.101638
32. Kato, T., Tanaka, M. (1971): Studies on the fruit setting and development of sweet peppers. I. Fruiting behavior. *Journal of the Japanese Society of Horticultural Science*, 40(4), pp.359–366.

33. Kerek M. (2020): *A paradicsomot fertőző új TBRFV (Tomato Brown Rugose Fruit Virus)*. Agroforum Online honlapja. Letöltés dátuma: 2024. 03. 17. forrás: <https://agroforum.hu/szakcikkek/zoldseg/a-paradicsomot-fertozo-uj-virus-tbrfv-tomato-brown-rugose-fruit-virus/>
34. Kerlan, C., Moury, B. (2008): Potato Virus Y. In: Mahy, B. W. J. – Regenmortel, M. H. V. (szerk.) *Encyclopedia of Virology, Third Edition*. London: Academic Press, pp. 287-286. DOI: 10.1016/B978-012374410-4.00737-8
35. KSH (2024): KSH honlapja. Letöltés dátuma 2024.02.29: forrás: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0024.html;
36. Lantos F. (2011): *A kalciumhiány kialakulásának és hiánytüneteinek vizsgálata a paprikatermesztésben*. [PhD-értekezés] Gödöllő: Növénytudományi Doktori Iskola.
37. Lantos F. (2018): *Capsicum genus: A paprika fajok eredete*. Szentes: Szentes Városért Közalapítvány.
38. Ledóné D. H. (2016): *Zöldségfajok növényházi technológiája*, A paprika környezeti igénye. Szegedi Tudományegyetem honlapja. Letöltés dátuma: 2024.03.01. forrás: [ps://eta.bibl.u-szeged.hu/5357/37/EFOP343_AP6MGK_olasolecke_Ledone_1_2021_03_15.pdf](https://eta.bibl.u-szeged.hu/5357/37/EFOP343_AP6MGK_olasolecke_Ledone_1_2021_03_15.pdf)
39. Lewandowski, D. J. (2008): Tobamoviruses. In: *Encyclopedia of Virology, Third Edition*, USA: Academic Press, pp. 68-72. DOI: 10.1016/B978-012374410
40. Li, J. – Yang, P. – Kang, J. – Gan, Y. – Yu, J. – Calderón-Urrea, A. – Lyu, J. – Zhang, G. – Feng, Z. – Xie, J. (2016): Transcriptome Analysis of Pepper (*Capsicum annuum*) Revealed a Role of 24-Epibrassinolide in Response to Chilling. *Plant Sci*, 7, Paper 1281.
41. Li, N. – Yi, C. – Yin, Y. – Gao, S. – Wang, F. – Jiao, C. – Yao, M. (2020): Pepper Crop Improvement Against Cucumber Mosaic Virus (CMV): A Review. *Front Plant Sci*, 120(11). Paper: 598798. DOI: 10.3389/fpls.2020.598798
42. Mochizuki, T., Ohki, ST. (2011): Cucumber mosaic virus: viral genes as virulence determinants. *Molecular Plant Pathology*, 13(3), pp. 217-225. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2011.00749.x
43. Moodley, V. – Naidoo, R. – Gubba, A. – Mafongoya, P. L. (2019): Development of Potato virus Y (PVY) resistant pepper (*Capsicum annuum* L.) lines using marker-

- assisted selection (MAS). *Physiological and Molecular Plant Pathology*, Volume 105, pp. 96-101. DOI: 10.1016/J.PMPP.2018.12.002
44. Mód L. (2004): *Bolgár kertészet Szentes környékén*. Múzeumi Kiadvány, Szentes. pp. 25-27.
 45. Nachappa, P. – Challacombe, J. – Margolies, D. C. – Nechols, J. R. – Whitfield, A. E. – Rotenberg, D. (2020): Tomato Spotted Wilt Virus benefits its Thrips Vector by Modulating Metabolic and Plant Defense Pathways In Tomato. *Frontiers in Plant Science*, Paper 575564. DOI: 10.3389/fpls.2020.575564.
 46. Nagybani Holland Vetőmag Kft(2024): *Fajtakereső*. Nagybani Holland Vetőmag Kft honlapja. Letöltés dátuma 2024.10.20. forrás: <https://hollandvetomag.hu/fajtakereso/>
 47. Nébih (2024). *Új veszélyt jelenthet a paradicsomot károsító ToBRFV vírus Európában*. Nébih honlapja. Letöltés dátuma: 2023.03.04. forrás: <https://portal.nebih.gov.hu/-/uj-veszelyt-jelenthet-a-paradicsomot-karosito-tobrfv-virus-europaban>.
 48. Németh M. (1963): Field and greenhouse experiments with plum pox virus. *Phytopathologia Mediterranea*, 2(3). pp.162-166.
 49. Obermayer E. – Mándy Gy. – Benedek I. (1955): *A paprika*. Budapest: Akadémia Kiadó.
 50. Ojinaga, M. – Aragonés, A. – Hernández, M. – Larregla, S. (2024): Phenotypical and molecular characterization of new pepper genotypes resistant to *Chili pepper mild mottle virus* firstly detected in Europe and other tobamoviruses. *Scientia Horticulturae*, Volume 330. Paper: 113074. DOI: /10.1016/j.scienta.2024.113074
 51. Palukaitis, P. – Roossinck, M. J. – Dietzgen, R. G. – Francki, R. I. (1992): Cucumber mosaic virus. *Advanced and Virus Research*, Volume 41. pp. 281-348. DOI: 10.1016/S0065-3527(08)60039-1
 52. Pappu, R.V. – Wang, X. – Vitalis, A. – Crick S. L.(2008): A polymer physics perspective on driving forces and mechanisms for protein aggregation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 469(1), pp. 132-41. DOI:10.1016/j.abb.2007.08.033./
 53. Robaglia, C. – Durand-Tardif, M. – Tronchet, M. – Boudazin, G. – Astier-Manifacier S. – Casse-Delbart, F. (1989): Nucleotide sequence of potato virus Y genomic RNA. *Journey of General Virology*, pp. 935-947. DOI: 10.1099/0022-1317-70-4-935

54. Rodríguez-Negrete, E. A. – Guevara-Rivera, E. A. – Arce-Leal, A. P. – Leyva-López, N. E. – Méndez-Laozano J. (2023): A cal NSm C11 novel tomato spotted wilt virus isolate encoding a noncanonical NSm C118F substitution associated with Sw-5 tomato gene resistance breaking. *Molecular Plant Pathology*, 24(10): pp.1300-1311. DOI: 10.1111/mpp.13371
55. Roggero, P. – Masega, V. – Tavella, L. (2002): Fields Isolates of Tomato spotted wilt virus Overcoming Resistance in Pepper and Their Spread to Other Host in Italy. *Plant Dis*, 86(9), pp. 950-950. DOI: 10.1094/PDIS.2002.86.9.950
56. Rybicki, E. P. (2014): *A Top Ten list for economically important plant viruses*. *Archives of Virology*, 160(1), pp. 17-20. DOI: 10.1007/s00705-014-2295-9
57. Salamon P. (2006): Paprika (Capsicum) fajok-, fajták- és vonalak fogékonysága és reakciói paprikáról nem izolált tobamovírusokkal szemben. *XVI. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum Kiadványa*. 81-84.
58. Salamon P. (2019): *Paradicsom foltos hervadás vírus szupervírus szupervektorai*. Agrofórum. Letöltés dátuma: 2024.03.28.
forrás:<https://agroforum.hu/szakcikkek/novenyvedelem-szakcikkek/paradicsom-foltos-hervadas-virus-szupervirus-szupervektoral/>
59. Salánki K. – Carrèrem I. – Jacquemond, M. – Balázs E. – Tepfer M. (1997): Biological properties of pseudorecombinant and recombinant strains created with cucumber mosaic virus and tomato aspermy virus. *J. Virol*, 71 (5), pp.3597–3602.
60. Salánki K. (2012): *A cucumovírusok kórtani változékonysága*. [Akadémiai Doktori Értekezés]. Gödöllő: Növénytudományi Doktori Iskola.
61. Sáray R. – Pinczés D. – Salánki K. – Bulecza Cs – Csilléry G. – Almási A. (2021): Szentesen üvegházban termesztett paprikaminták virológiai vizsgálata a 2019-2021 közötti időszakban. *Növényvédelem*, 82 (57). pp. 453-459.
62. Sawada, H. –Takeuchi, S. – Hamada, H. – Kiba, A. – Matsumoto, M. – Hikichi, Y. (2004): A New Tobamovirus-resistance Gene, L1a, of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Engei Gakkai zasshi*, 73(6), pp. 552-557. DOI: 10.2503/jjshs.73.552
63. Siaw, M. F. E. – Shahabuddin, M. – Ballard, S. – Shaw, J. G. – Rhoads, R. E. (1985): Identification of protein covalently linked to the 5' terminus of tobacco vein mottling virus RNA. *Virology*, 142(1), pp.134-143. DOI: 10.1016/0042-6822(85)90428-3

64. Smith, K. M. : (1931). Composite nature of certain potato viruses of the mosaic group. *Royal Society*, 109(762), pp. 251-257. DOI: 10.1098/RSPB.1931.0080
65. Szent-Györgyi A. (1934): A vitaminok és a paprika. *Természettudományi Közlöny*. pp. 401–405.
66. Takács A. (2001): *A burgonya Y-vírus (Potato Y potyvirus, PVY) jellemzése, az NTN törzzsel szembeni rezisztencia a vad Solanum fajokban*. [Doktori értekezés]. Keszthely. Festetics Doktori Iskola.
67. Takácsné H. M. (2017): *Zöldségtermesztés I*. Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó.
68. Tanács L. (2005): *Élelmiszer-ipari nyersanyagismeret*. Budapest: Szaktudás Kiadó.
69. Thakur, H. – Jindal, S. K. – Sharma, A. – Dhaliwal, M. S. (2018): Chili leaf curl virus disease: a serious threat for chilli cultivation. *Journal of Plant Diseases and Protection*, Volume 15. pp 239-249. DOI: 10.1007/s41348-018-0146-8
70. Terbe I. – Nagy J. – Hodossi S. – Kovács A. – Péntes B. – Glits M. – Gyenes M. (2005): *Zöldségtermesztés termesztőberendezésekben*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
71. Terbe I., Slezák K. (2019): *Talaj nélküli zöldséghejtetés*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
72. Thole V. – Dalmay T. – Burgyán J. – Balázs E. (1993): Cloning and sequencing of potato virus Y (Hungarian isolate) genomic RNA. *Gene*, 123 (2), pp.149–156.
73. Tian, Y., P. Valkonen, J. P. T. (2013): Genetic determinants of Potato virus Y required to overcome or trigger hypersensitive resistance to PVY strain group O controlled by the gene Ny in potato. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 26(3), pp. 297-305. DOI: 10.1094/MPMI-09-12-0219-R
74. Tóbiás I. – Salánki K. – Almási A. – Timár Z. – Palkovics L. – Csilléry G. (2014) Rezisztencia források keresése a paprika TSWV rezisztenciát áttörő törzsével szemben. In: *XX. Növénynevelési Tudományos Nap*, 2014.03.18, Budapest.
75. Tóbiás I. – Almási A. – Csilléry G. – Nemes K. – Salánki K. (2017): Virus diseases of pepper (*Capsicum Annuum L.*) in Hungary. *International Scientific Publication*, Volume 5. pp. 294-301.
76. Vojnich V. J. (2016). *Biológiai védekezés a növénykórokozók ellen*. [Olvasólecke]. Szeged: Szegedi Tudományegyetem.
77. Vossenbergh, B.T.L.H. – Visser, M. – Bruinsma, M. – Koenraadt, H.M.S. – Westenberg,

- M. – Botermans, M. (2020): Real-time tracking of Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) outbreaks in the Netherlands using Nextstrain. *PLoS One*, 15(10). DOI: 10.1371/journal.pone.0234671.
78. Wang, H. – Wu, X. – Huang, X. – Wei, S. – Lu, Z. – Ye, J. (2022): Seed transmission of tomato spotted wilt orthotospovirus in peppers. *Viruses*, 14(9), Paper 36146680, 10 p. DOI: 10.3390/v14091873
 79. Whitfield, A. E. – Ullman, D. E. – German, T. L. (2005): Tomato spotted wilt virus glycoprotein G(C) is cleaved at acid pH. *Virus Research*, 110(1-2), pp. 183-186. DOI: 10.1016/j.viruses.2005.01.007
 80. Wylie, S. (2023): Tobamoviruses: Special Issues Editorial. *Viruses*, 15(1), Paper 2174, 3 p. DOI: 10.3390/v15112174
 81. Qi, S. – Zhang, S. – Islam, M. M. – El-Sappah, A. H. – Zhang, F. – Liang, Y. (2021): Natural Resources Resistant to Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV) in Tomato (*Solanum lycopersicum*). *International Journal of Molecular Sciences*, 22(20), Paper 34681638. 19 p. DOI: 10.3390/ijms222010978
 82. Zatykó L. (1993): *Paprika*. Budapest: Mezőgazda Kiadó
 83. Zatykó L. (2004): Étkezési paprika. In Balázs S. (szerk.) *Zöldségtermesztők kézikönyve*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
 84. Zhang, S. – Griffiths, J. – Marchand, G. – Bernards, M. – Wang, A. (2022): Tomato brown rugose fruit virus: An emerging and rapidly spreading plant RNA virus that threatens tomato production worldwide. *Mol Plant Pathol*, 23(9), pp. 1282-1277. DOI:10.1111/mpp.13229.
 85. Zitter, T. A., Murphy, J. F. (2009): Cucumber mosaic. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2009-0518-01.

9.ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

Ábrajegyzék

1. ábra: A paprika származási és termesztési területei a világban (forrás: <i>http 1</i>)	5
2. ábra: A paprika termőterületének és termésátlagának alakulása Magyarországon 2018-2023 (forrás: <i>KSH, 2024</i>)	7
3. ábra: CMV elterjedése a világban (forrás: <i>EPPO, 2024</i>).....	10
4. ábra: A TSWV elterjedése a világban (forrás: <i>EPPO, 2024</i>).....	11
5. ábra: ToBRFV elterjedése a világban (forrás: <i>EPPO, 2024</i>).....	13
6. ábra: Armand fajtán látható klorotikus levéltünetek (Fotó: <i>Szendrei</i>)	23
7. ábra: Amy fajta levelein látható érkivilágosodás (Fotó: <i>Szendrei</i>)	23
8. ábra: Antal F1 hibrid növény klorotikus levéltünetei (Fotó: <i>Fehér</i>).....	23
9. ábra: Cassovia levelén található kanalasodás és klorotikus tünetek(Fotó: <i>Szendrei</i>).....	23
10. ábra: Hétvezér F1 hibriden gyűrűs foltok a termésen (Fotó: <i>Szendrei</i>)	24
11. ábra: Eszter F1 hibriden klorotikus levéltünetek (Fotó: <i>Fehér</i>).....	24
12. ábra: Promontor (6) palántán látható kettős levélcsúcs (Fotó: <i>Szendrei</i>).....	24
13. ábra: Zalkod F1 hibrid termésén és levelén látható nekrotikus foltok (Fotó: <i>Szendrei</i>)	24
14. ábra: Paprikaminták TNS kivonata agaróz gélen	25
15. ábra: Aktin teszt gélelektroforetikus képe	25
16. ábra: TSWV kimutatását célzó PCR gélelektroforetikus képe	26

Táblázatjegyzék

1. táblázat: Néhány hazánkban jelenleg forgalomban lévő vírusrezisztens paprikafajta és hibrid (forrás: <i>Nagybani Holland Vetőmag Kereskedelmi KFT, 2024</i>).....	16
2. táblázat: Vizsgált paprika fajták és hibridek, valamint az általuk tartalmazott rezisztencia	17
3. táblázat: A vizsgálat során felhasznált primerek	18
4. táblázat: A vizsgált növényeken észlelt betegségtünetek	22
5. táblázat: Elvégzett RT-PCR vizsgálatok eredményei.....	27

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Fehér Dorina

A Hallgató Neptun kódja: XI52ZE

A dolgozat címe: Paprikafajták vírusfertőzöttségének vizsgálata

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 tulajdonkezelési 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 nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: 2024. év 11. hó 04. nap


Hallgató aláírása

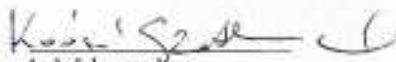
NYILATKOZAT

Fehér Dorina (XI52ZE) 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: 2024. év 11. hó 04 nap


belső konzulens