

AKADÉMIAI DOKTORI ÉRTEKEZÉS

Hatékony burgonyanemesítési módszertan kidolgozása és eredményei

Dr. Polgár Zsolt Géza

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

2025

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS, IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	4
1.1. A burgonyatermesztés fontosabb nemzetközi és hazai jellemzői	4
1.2. Az étkezési burgonyatermesztés biológiai alapjai, a biológiai alapok jelentősége	7
1.3. A fajta	8
1.4. Termőképesség	8
1.5. Termésszabotás	9
1.6. Tenyészidő.....	10
1.7. Gumójellemzők	11
1.7.1. Morfológia.....	11
1.7.2. Beltartalmi értékek	11
1.7.3. Gumónyugalmi idő.....	12
1.8. Biotikus stresszrezisztencia	13
1.9. Abiotikus stresszrezisztencia.....	17
1.10. A burgonya nemesítése.....	17
1.10.1. Szülőpartner előállító nemesítési program	21
1.10.2. Közvetlen fajtaelőállító nemesítési program	21
1.10.3. Fajtafenntartó nemesítés	24
1.11. A jelenlegi Keszthelyi Burgonyanemesítési Program és előzményei	24
2. CÉLKITŰZÉSEK	28
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	28
3.1. Komplex szülőpartner és keresztezési kombináció kiértékelő módszer kifejlesztése..	28
3.1.1. Keresztezési kombinációk előállítása.....	28
3.1.2. Anyató kiértékelési szempontok meghatározása, alkalmazása	29
3.2. Burgonya Y vírus (PVY) rezisztenciagént heteroduplex formában hordozó szülőpartnerek előállítása és jellemzése	31
3.2.1. Növényanyag.....	31
3.2.2. PVY rezisztencia vizsgálata mechanikai fertőzéssel.....	31
3.3. A szülőpartnerek PVY rezisztencia genotípusának meghatározása	32
3.4. Nemesítési vonalak értékmérő tulajdonságainak meghatározása.....	32
3.4.1. Vírusrezisztencia vizsgálatok	32
3.4.2. Burgonyavész, fitoftóra lombrezisztencia meghatározása	33
3.5. Közös burgonya fonálféreg és burgonyarák rezisztencia meghatározása	35
3.6. Étkezési minőség vizsgálata	35
3.7. Szántóföldi teljesítmény kísérletek kiértékelésének módszertana	36
3.8. Rezisztenciagénekhez kapcsolt genetikai markerek bevonása a burgonyanemesítési programba.....	39

3.8.1. Rysto rezisztenciagénhez kapcsolt markerek alkalmazása szelekcióra	39
3.8.2. Rx1 és Rx2 rezisztenciagénhez kapcsolt markerek alkalmazása szelekcióra	39
3.9. Integrált Burgonyanemesítési Program kidolgozása	39
3.10. Fajtajelöltek („C”) klónok kórokozó mentesítése, teljesítménykísérletek beállítása egészséges vetőgumóval.....	40
4. EREDMÉNYEK	41
4.1. Komplex szülőpartner és keresztezési kombináció kiértékelő módszer kifejlesztése és alkalmazása.....	41
4.2. Burgonya Y vírus (PVY) rezisztenciagént heteroduplex formában hordozó szülőpartnerek előállítása	45
4.3. Nemesítési vonalak értékmérő tulajdonságainak meghatározása.....	49
4.3.1. Burgonya Y és X vírus rezisztencia vizsgálatok	49
4.3.2. Fitoftóra rezisztencia vizsgálata	50
4.3.3. Burgonyarák és fonálféreg rezisztencia vizsgálata.....	56
4.3.4. „A” és „B” klónok minőségvizsgálata	58
4.3.5. Fajtajelöltek, „C” és „D” klónok komplex kiértékelése	62
4.4. Rezisztenciagénekhez kapcsolt genetikai markerek bevonása a burgonyanemesítési programba.....	67
4.4.1. Rysto rezisztenciagénhez kapcsolt markerek alkalmazása szelekcióra.....	67
4.4.2. Rx1 és Rx2 rezisztenciagénhez kapcsolt markerek alkalmazása szelekcióra	69
4.5. Integrált Burgonyanemesítési Program kidolgozása	70
4.5.1. Az Integrált Burgonyanemesítési Program elemei.....	70
4.5.2. Fajtaelőállító nemesítési program	71
5. EREDMÉNYEK MEGVITATÁSA, KÖVETKEZTETÉSEK.....	71
5.1. Komplex szülőpartner és keresztezési kombináció kiértékelő módszer kifejlesztése és alkalmazása.....	71
5.2. Burgonya Y vírus (PVY) rezisztenciagént heteroduplex formában hordozó szülőpartnerek előállítása	72
5.3. Nemesítési vonalak értékmérő tulajdonságainak (rezisztencia, minőség, termőképesség) meghatározására kifejlesztett módszertan alkalmazása.....	74
5.4. Rezisztenciagénekhez kapcsolt genetikai markerek bevonása a burgonyanemesítési programba.....	80
5.5. Integrált Burgonyanemesítési Program kidolgozása	81
5.6. A programban kinemesített burgonyafajták tulajdonságai.....	83
27. Táblázat Az elmúlt két évtizedben nemesített keszthelyi burgonyafajták nemesítői, elismerésük éve, szabadalmi státuszuk	86
6. ÖSSZEFOGLALÁS	90
7. Irodalomjegyzék	91

1. BEVEZETÉS, IRODALMI ÁTTEKINTÉS

1.1. A burgonyatermesztés fontosabb nemzetközi és hazai jellemzői

A burgonya úgy magyarországi, mind világviszonylatban az egyik legalapvetőbb élelmiszernövényünk. A világ burgonyatermése 2023-ban mintegy 375 millió tonna volt, amit közel 18 millió hektáron állítottak elő, míg az egy főre jutó burgonyafogyasztása elérte a 33 kg-ot (FAOSTAT 2024). Jelentőségét tekintve a búza és a rizs után a harmadik helyen áll. Az emberiség élelmezésében betöltött kiemelkedő szerepét magas termőképességének, magas egységnyi területre jutó energia és fehérje termelő képességének, kedvező tápanyagösszetételének (alacsony zsiradék-, magas energia-, szénhidrát, ásványi anyag és C, B1, B6 vitamin tartalom, kedvező esszenciális aminosavak, előnyös nátrium-kálium arány) sokoldalú felhasználhatóságának és rendkívül széles ökológiai alkalmazkodó képességének köszönheti. A legjelentősebb burgonyatermesztő országok főbb burgonyatermesztésre vonatkozó adatait az 1. Táblázat szemlélteti (FAOSTAT 2024).

1. Táblázat A világ első tíz burgonyatermesztő országának főbb burgonyatermesztésre vonatkozó adatai 2023-ban.

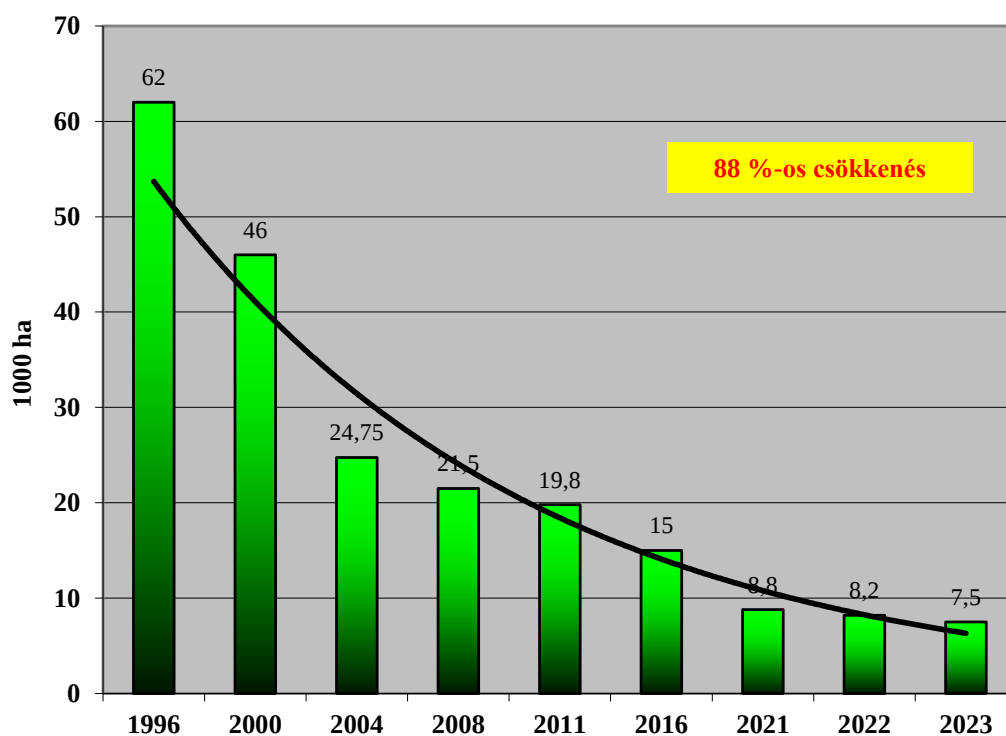
Ország	Teljes termés millió tonna	Termőterület millió hektár	Termésátlag t/ha
Kína	94,40	5,80	16,30
India	54,20	2,30	24,10
Ukrajna	21,40	1,30	16,60
USA	18,60	0,38	49,07
Orosz Föderáció	18,30	1,14	16,02
Németország	11,30	0,26	43,79
Banglades	9,90	0,47	21,01
Franciaország	9,00	0,21	42,48
Lengyelország	7,10	0,24	30,03
Egyiptom	6,90	0,26	26,28

Hazai viszonylatban az ország burgonya termőterülete az elmúlt 30 évben, különösen az Európai Unió csatlakozást követően jelentősen lecsökkent, az 1996 évi 62.000 hektárról a

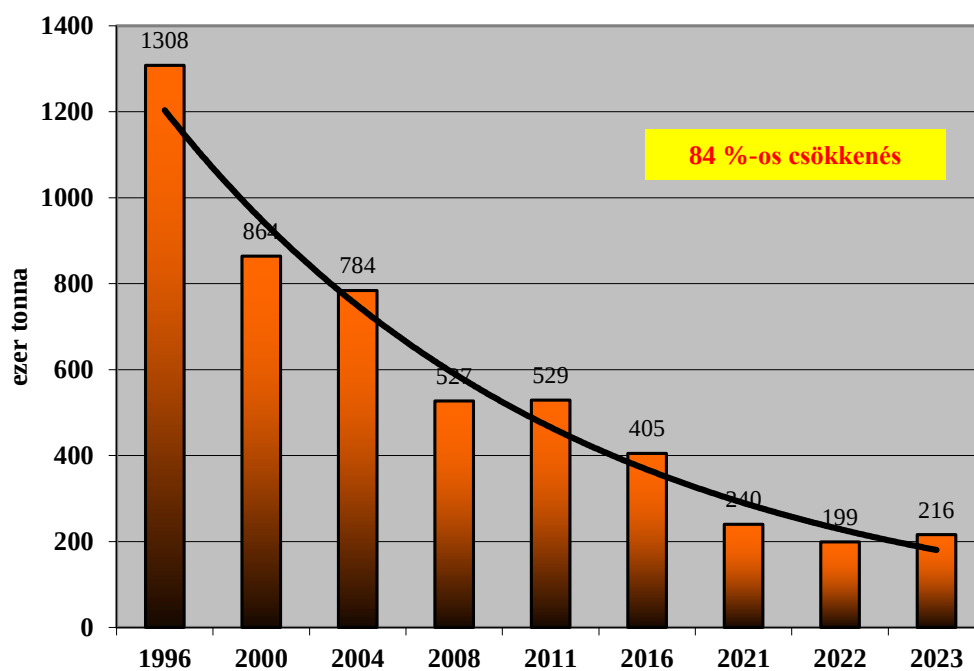
jelenlegi 7.500 hektárra, az előállított termés pedig 1,3 millió tonnáról 220.000 tonnára (1-2. Ábra). Ez a mennyiség a hazai szükségletek kielégítését már csak mintegy 60%-ban képes fedezni, így az ország 2023-ban 117 ezer tonna étkezési burgonya importra szorult (KSH 2024). A fenti jelenségek mellett az országos termésátlag az utóbbi 20 évben egy meglehetősen alacsony, 22-24 t/ha-os szinten ingadozott (3. Ábra). A termelés csökkenésével párhuzamosan az egy főre jutó hazai burgonyaafogyasztás is lecsökkent, a korábbi évtizedekre jellemző évi 50-60 kg-ról 27-30 kg/főre (KSH 2024).

Különösen drámai a vetőburgonya termőterületének csökkenése, ami 2023-ra 1996-hoz képest elérte a 98 %-ot (3357 ha-ról 80 ha/évre, 4. Ábra, KSH 2024).

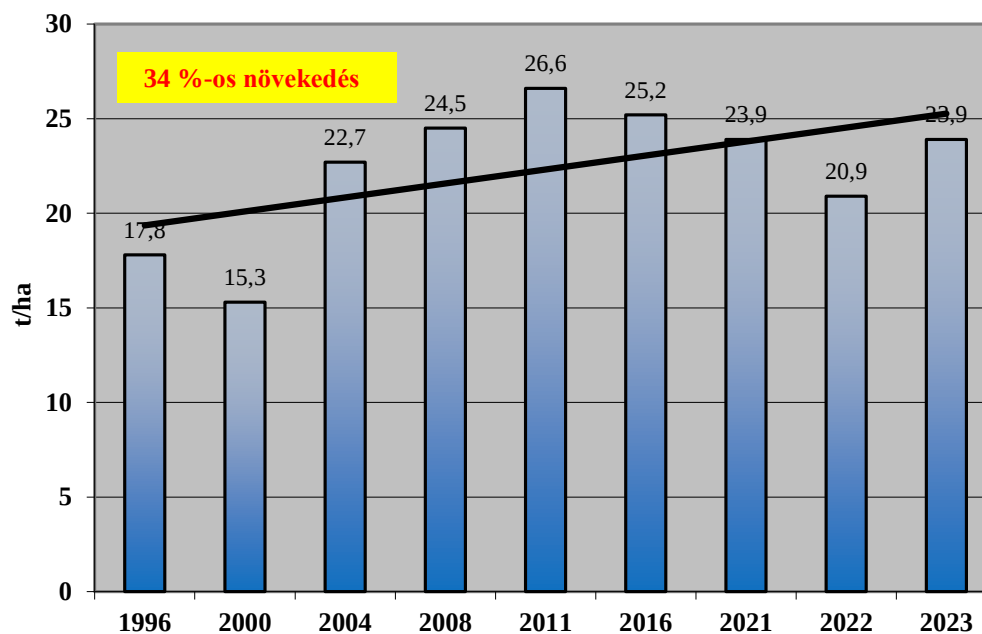
1. Ábra A magyarországi burgonya termőterület változása 1996-2023 között (1000 ha, KSH 2024)



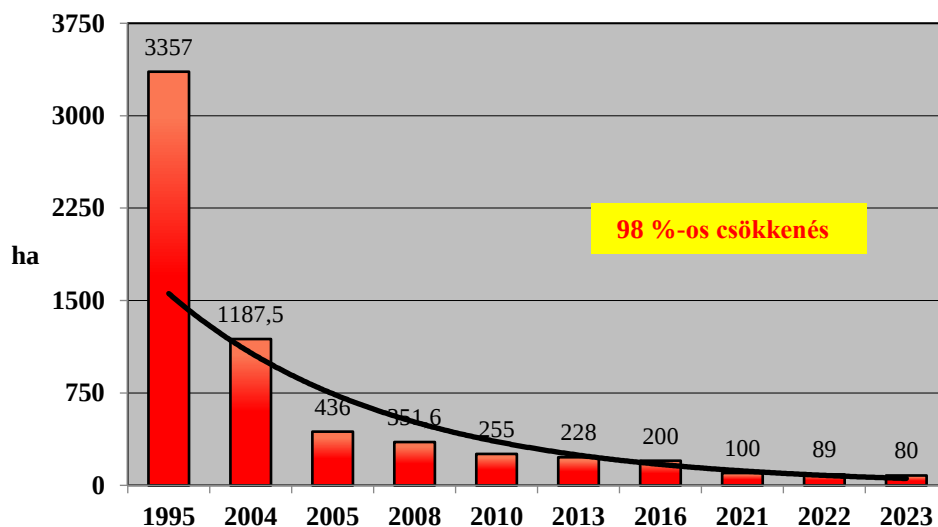
2. Ábra A magyarországi összetermés alakulása 1996-2023 között (ezer tonna, KSH 2024)



3. Ábra A magyarországi burgonyatermesztés termésátlaga 1996-2023 között (t/ha, KSH 2024)



4. Ábra A magyarországi vetőburgonyaszaporító terület változása 1995 és 2023 között (ha)



A burgonyatermesztés hétköznapi szóhasználatnál a szántóföldi növénytermesztés „nehéziparát” jelenti. Elsősorban azért, mert a többi fontos szántóföldi növényvel való összehasonlításban sikeres termesztése nagyobb tőkebefektetést és szélesebb körű szaktudást igényel. A vegetatív szaporítási módból, a burgonyát károsító kórokozók és kártevők rendkívül nagy számából, a növény abiotikus stressz érzékenységéből adódó nehézségek, valamint az ezeknek való megfelelés igénye komoly kihívás elé állítja a termelőket és a burgonyanemesítőket egyaránt.

1.2. Az étkezési burgonyatermesztés biológiai alapjai, a biológiai alapok jelentősége

Az étkezési burgonyatermesztés biológiai alapját a fogyasztói, termelői és környezetvédelmi igényeket kielégítő fajták léte és a fajtákból előállított magas minőségű, fémzárolt, egészséges vetőgumó rendelkezésre állása teremti meg. Következésképpen a termelés színvonala, gazdaságossága és az alkalmazható termesztéstechnológia a fajták tulajdonságaitól és a fajták vetőburgonyatermesztéséhez adaptált fajtafenntartási és szaporítási rendszerétől függ.

A következőkben a különböző igényeknek megfelelni kívánó fajtáktól elvárt tulajdonságok és kinemesítésükhöz használt módszertani eszközök szemszögéből tekintem át burgonyanemesítés problémakörét.

1.3. A fajta

A burgonya esetében a fajták értékét több, mint 40 tulajdonság együttese határozza meg (Gebhart és mtsai 2007). Ezek fontossági sorrendje, jelentősége nagy mértékben eltér a termelő, a feldolgozóipar és a fogyasztó szempontjából. A fajták főbb tulajdonságai alapból meghatározzák, hogy az egyes fajták mely termesztési célra a legalkalmasabbak.

Az egyes tulajdonságok jobbításának igénye, a speciális tulajdonságok kívánt csoportokban való kombinálása ezért egyenként, és bizonyos csoportosításokban külön-külön nemesítési célt jelentenek.

1.4. Termőképesség

A burgonya esetében optimális termesztéstechnológia (talajmunka, öntözés, tápanyagutánpótlás és növényvédelem), magas fény besugárzási szint, hosszú tenyészidő, és egészséges vetőgumó használata mellett egyes fajták potenciális terméshozama elérheti akár a 160 t/ha-t is. A gyakorlatban azonban a termelők a megfelelő agrotechnika és minőségi vetőburgonya hiányában a fajták potenciális termőképességének csupán egy töredékét, 10-75%-át tudják realizálni (Haverkort és Struik 2015). Az EU 27 tagországának termésátlaga az utóbbi 10 évben mintegy 28 t/ha-t ért el. A burgonyatermesztés szempontjából legfejlettebb államok, mint pl. az USA, Németország, Hollandia, vagy Belgium termésátlaga sem haladta meg a 45-50 t/ha-t (FAOSTAT 2024). Magyarországon a termesztett fajták többségével a legmagasabb színvonalon dolgozó termelők rendszeresen elérik az 50-60 t/ha termésátlagot, azonban az országos termésátlag ennél lényegesen alacsonyabb (~25 t/ha).

Következésképpen az újabb fajták kinemesítése során elsősorban nem a potenciális termőképesség vizsgálatára és annak növelésére, hanem sokkal inkább a fajták termésstabilitásának, alkalmazkodó képességének javítására kell törekedni. Termésstabilitás alatt azt értjük, hogy egy adott fajta eltérő ökológiai viszonyok és agrotechnikai színvonal mellett, egy adott éven belül, illetve többszörös visszaültetést alkalmazva milyen stabilan, hány termesztési cikluson át őrzi meg a fajtára jellemző termőképességet és minőséget.

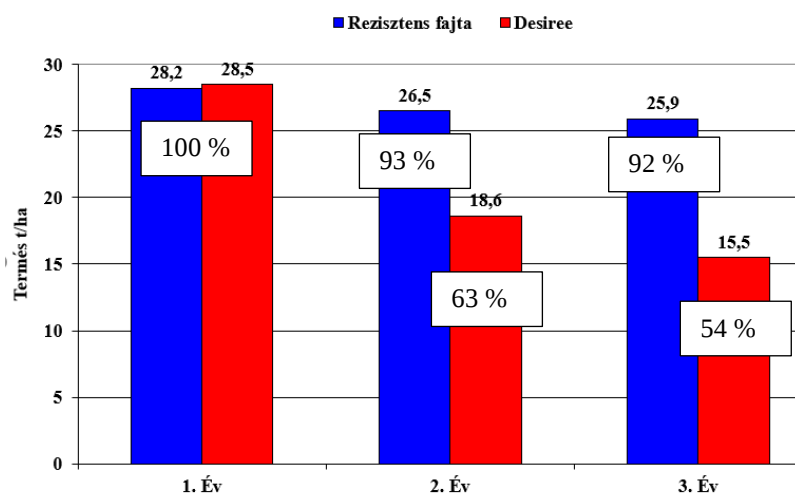
A burgonyafajta esetében a termőképesség önmagában is egy összetett fogalom, amelynek tényleges mértéke a terméselemek összességéből adódik (növényenkénti átlagos gumószám, átlagos gumósúly, méret és súlyeloszlás kiegyenlítettsége).

1.5. Termésstabilitás

A termésstabilitás a burgonyafajtáknak egy rendkívül összetett tulajdonsága. A termesztett burgonya (*Solanum tuberosum* L.) alapján véve mind a biotikus, mind az abiotikus stresszekkel szemben meglehetősen érzékeny (van Loon, 1981, Haverkort 2018). A termést, mind mennyiségileg, mind minőségileg számos kórokozó és kártevő veszélyeztetheti, fotoszintézisének optimális hőmérséklete alacsony (25 °C), emellett sekély és alacsony szívóerejű gyökérrendszerrel rendelkezik. A növények emiatt különösen érzékenyek a hő- és szárazságstresszre (Vayda, 1994; Levy és Veilleux, 2007, Zinta és mtsai. 2022). A biotikus és abiotikus stresszek kombinált hatása, pl. vírusfertőzés és vízhiány együttes fellépése, fokozott termésveszteséghez és gyorsabb kórtani, élettani leromláshoz vezet. Ráadásul a vegetatív szaporítási módból adódóan az anyanövényt, illetve a tárolás során a vetőgumót ért különböző biotikus és abiotikus stresszek hatásai átkerülhetnek a következő generációra és befolyásolják a következő termesztési ciklusban elérhető termésmennyiséget és minőséget (kórtani és élettani leromlás). A legjelentősebb biotikus stresszek közé többek között a burgonya olyan gazdaságilag jelentős betegségei tartoznak, mint a Burgonya Y Potyvírus (PVY), különösen annak a gumókon gyűrűsnekrózist okozó NTN törzse (PVY^{NTN}), a Burgonya levélsodródás Poleovírus (PLRV) és a burgonyavész (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary). PVY és/vagy burgonyavészre érzékeny fajták esetében, fertőzésre kedvező körülmények között a termés kiesés elérheti akár a 80-100%-ot is (Awasthi és Verma 2017, Bashir és mtsai. 2021, Whithwort és mtsai. 2006, González-Jiménez és mtsai. 2023, Dong és Zhou 2022). Magyarországon Wolf és Horváth (2000) felmérése alapján a PVY legagresszívebb, a korábbi rezisztenciagéneket letörő NTN törzse az általánosan elterjedt. A PLRV fertőzés fajtától függően szintén jelentős termés kiesést és minőségromlást okozhat (Marshall és mtsai. 2008). Fogékony fajták esetében a PVY és PLRV együttes fertőzése Bayarugaba és mtsai. (2020) vizsgálata alapján különösen magas termés kieséssel jár.

A vírusrezisztencia, illetve fogékonyság, valamint a vetőgumók visszaültetésének termésmennyiségre gyakorolt hatására hazai viszonylatból is állnak rendelkezésre adatok. A Keszthelyen végzett állami fajtaregisztrációs kísérletek sokéves adatainak elemzéséből készült 5. Ábra több vírusrezisztens keszthelyi és a Desiree vírusfogékony kontroll fajta termésének változását mutatja kétszeri visszaültetés hatására, öntözés nélküli termesztésben (nem publikált eredmények).

5. Ábra A termés csökkenés mértéke kétszeri visszaültetés hatására vírusrezisztens fajták és a fogékony Desiree fajta esetében



A fentebb bemutatott nemzetközi és hazai kísérleti, illetve gyakorlati eredmények alátámasztják, hogy a fajták termésstabilitása egyértelműen összefügg azok biotikus és abiotikus stressztűrő képességével. Ezért ezen stressztényezők termésmennyiséget és minőséget rontó hatásának kivédéséhez komplex ellenállóképességgel rendelkező fajták kinemesítésére és termesztésbevonására van szükség.

A termésstabilitás és a burgonyafajták ökológiai alkalmazkodó képessége az utóbbi két évtizedben nagyon intenzíven kutatott terület. Az elért nemesítési eredményekről, az egyes fajták ökológiai alkalmazkodó képességének, valamint a környezeti tényezők és a genotípusok összefüggésének vizsgálatáról számos publikáció jelent meg a közelmúltban, pl. Hassanpanah (2010), Flis és mtsai. (2014), Demirel és mtsai. (2017), Polgár és Gergely (2020), Ahmed és mtsai. (2024), Bitew és mtsai. (2024), Agha és mtsai. (2024). Ezek mindegyike szoros összefüggést tapasztalt a fajták mennyiségi és minőségi paraméterinek változása és az eltérő környezeti viszonyú termőhelyek, ill. technológiai megoldások között.

1.6. Tenyészidő

A burgonyafajták tenyészidejének hossza fontos fajtabélyeg, amely napokban kifejezve a szuperkorai kategóriától 75-80-tól egészen a kései kategóriáig, 120-130 napig terjedhet. A tenyészidő hosszát számos környezeti tényező befolyásolja, de alapvetően a fajta genetikai háttere határozza meg (Khan és mtsai. 2013). Rendszerint a tenyészidő hossza szoros összefüggésben van a potenciális termőképességgel. A hosszabb tenyészidejű fajtáké magasabb, a koraiaké általában alacsonyabb. A korai érésű fajták termesztése azonban sok tekintetben előnyösebb, gazdaságosabb lehet, mint a hosszú tenyészidejűeké (kisebb költség,

rövidebb megtérülési idő, relatíve nagyobb árbevétel, területkihasználás optimalizálási lehetősége, kettőstermesztés, stb.). Ugyanakkor a piac folyamatos ellátása, a feldolgozóipari igények kielégítése és egyes termőhelyi adottságok kihasználása végett minden nemesítőháznak célszerű minden éréscsoportot felölelő fajta portfólióval rendelkeznie.

1.7. Gumójellemzők

1.7.1. Morfológia

Ide tartozik a héjszín, hússzín, héjminőség, sztoló hosszúság. Ezek a gumóméret kivételével az egyes fajtákra stabilan jellemző, olyan genetikailag erősen meghatározott tulajdonságok, melyeket a környezeti tényezők nem, vagy csak kevésbé befolyásolnak. A termesztési cél, a fogyasztói igények, feldolgozóipari elvárások mind befolyásolják a fajtaválasztást és végső soron a termesztés gazdaságosságát. Gyakorlati tapasztalatok alapján fagyasztott hasábburgonya gyártásra a nagy méretű (7-8 cm feletti hosszúságú), lekerekített gumóvégű fajták, míg chips gyártásra a gömbölyű alakú, közepes gumóátmérőjű (4-5 cm), sárga héjú fajták az ideálisak. A magyarországi étkezési burgonyapiacra a rózsza héjú, közép sárga húsú fajták, a Nyugat-európai piacon a sárga héjú és sötét sárga húsú, míg az angolszász piacokon a sárga héjú, de fehér húsú fajták a közkedveltek. A közvetlen fogyasztásra termesztett un. asztali burgonyák esetében a stabil ovális alak és sekély rügymélység mellett a héjminőség (hálózatosság, fényesség, sérülékenységi, moshatóság) az elsődleges szempont, hiszen a vásárló „szemmel” vásárol, bár ismert, hogy ezeknek a külalaki jellemzőknek semmilyen étkezési, feldolgozóipari minőséget meghatározó tulajdonsággal nincsenek összefüggésben.

1.7.2. Beltartalmi értékek

A burgonyagumó táplálkozási érték, étkezési minőség és felhasználási típus szerinti beltartalmi értékei alapvetően genetikailag meghatározott fajtatulajdonságok, melyeket az ökológiai és termesztéstechnológiai körülmények csak kis mértékben tudnak módosítani (szárazanyag, keményítő, fehérje, vitamin, rost és alkaloid tartalom, egyes enzim aktivitások). A keményítőtartalmat befolyásoló tényezők vonatkozásában Siddigui és mtsai. (2022) közöltek részletes áttekintést. A magyar burgonyafajták beltartalmi értékeiről, ezek konvencionális és organikus termesztéstechnológia alatti változásáról (metabolitok, makro és mikroelemek, glykoalkaloidok) Tömösközi-Farkas és mtsai. (2016, 2014) közöltek eredményeket. A gumók feldolgozóipari, sütési (chips és hasábburgonya) minőségét meghatározó redukáló cukortartalom (glukóz, fruktóz) némileg kivétel, mivel a gumók redukáló cukortartalmát

jelentősen módosítani tudják a termesztési és tárolási körülmények. Ebben a témakörben a legfrissebb összefoglalót Kumar és mtsai. (2024) jelentették meg.

Nemesítési szempontból a fajtákat négy, elsősorban a gumók keményítőtartalmától függő felhasználási típusba soroljuk (2. Táblázat).

Az „A” típus a saláta, a „B” a főzni való, a „C” a sütni való, feldolgozóipari, míg a „D” az elsősorban keményítőgyártást, illetve takarmányozási célokat szolgáló fajták csoportja. Ezek mindegyike egy-egy külön nemesítési irányt képvisel.

2. Táblázat Burgonyafajták felhasználási típus szerinti csoportosítása (Burgonya ABC)

Típus	Jellemzők	Felhasználhatóság
A	nem szétfővő, kemény húsú, alacsony, vagy közepes keményítő tartalmú	saláták, hidegkonyhai készítmények
B	nem szétfővő, "szappanos", vagy kissé lisztes, közepes keményítő tartalmú	vegyes hasznosítási típus, de elsősorban főtt ételek készítésére alkalmas
C	szétfővő, lisztes, magas keményítő tartalmú, laza szerkezetű	vegyes hasznosítási típus, de elsősorban sült ételek készítésére alkalmas: hasáburgonya, chips, vagy püré, pehely és tészták
D	nagyon szétfővő, erősen lisztes, igen magas keményítő tartalmú, durva szerkezetű,	keményítő- és pürégyártás, takarmány burgonya

1.7.3. Gumónyugalmi idő

A burgonyafajták gumónyugalmi ideje fontos fajtabélyeg, amelynek ismerete elengedhetetlen a tervszerű tároláshoz. Az étkezési és vetőburgonyák tárolási költségét a fajta gumónyugalmi ideje jelentősen befolyásolja. Meghatározza, hogy az egyes fajtákat milyen hőmérsékleten, mennyi ideig lehet eltárolni úgy, hogy a hajtások fejlődése ne induljon meg (WIERSEMA, 1985). A megfelelő élettani korban lévő, egészséges vetőgumó használata alapfeltétele a magas mennyiség és minőség elérésének. Az öröklött tulajdonságon kívül a gumónövekedés alatti környezeti tényezők (pl. az anyanövényt érő tenyészidőszak alatti hőösszeg nagysága, abiotikus stresszek) azonban jelentősen módosíthatják a gumónyugalmi időt (Tiemens és mtsai., 2013, Ezekiel és Singh 2003). A fentiek figyelembevételével a termésstabilitás és gumóminőség mellett az egyik legfontosabb jellemzője a burgonyafajtáknak a rájuk jellemző gumónyugalmi idő és annak stabilitása. Magyarországi termesztési körülmények között fontos nemesítési cél a hosszú nyugalmi idejű, stressztűrő fajták előállítás. Az ezen a téren a készthelyi nemesítésű

fajták vonatkozásában elért eredményekről Esztergályos és Polgár (2020) publikációjából tájékozódhatunk.

1.8. Biotikus stresszrezisztencia

A burgonya sikeres termesztését számtalan kórokozó, vírusok, viroidok (Salazar 1996), baktériumok (Charkowski és mtsai. 2020), fitoplazmák (Girsova 2016), gombák (Adolf és mtsai. 2020), fonálférgek (Bird és Vernetto 2025) és egyéb állati kártevők veszélyeztetik (Radcliffe és Langnau 2007). A károkozás megelőzésének alapja a növény saját védekező képessége, melyet tudatos nemesítéssel előállított, rezisztens fajták termesztésével használhatunk ki legjobban.

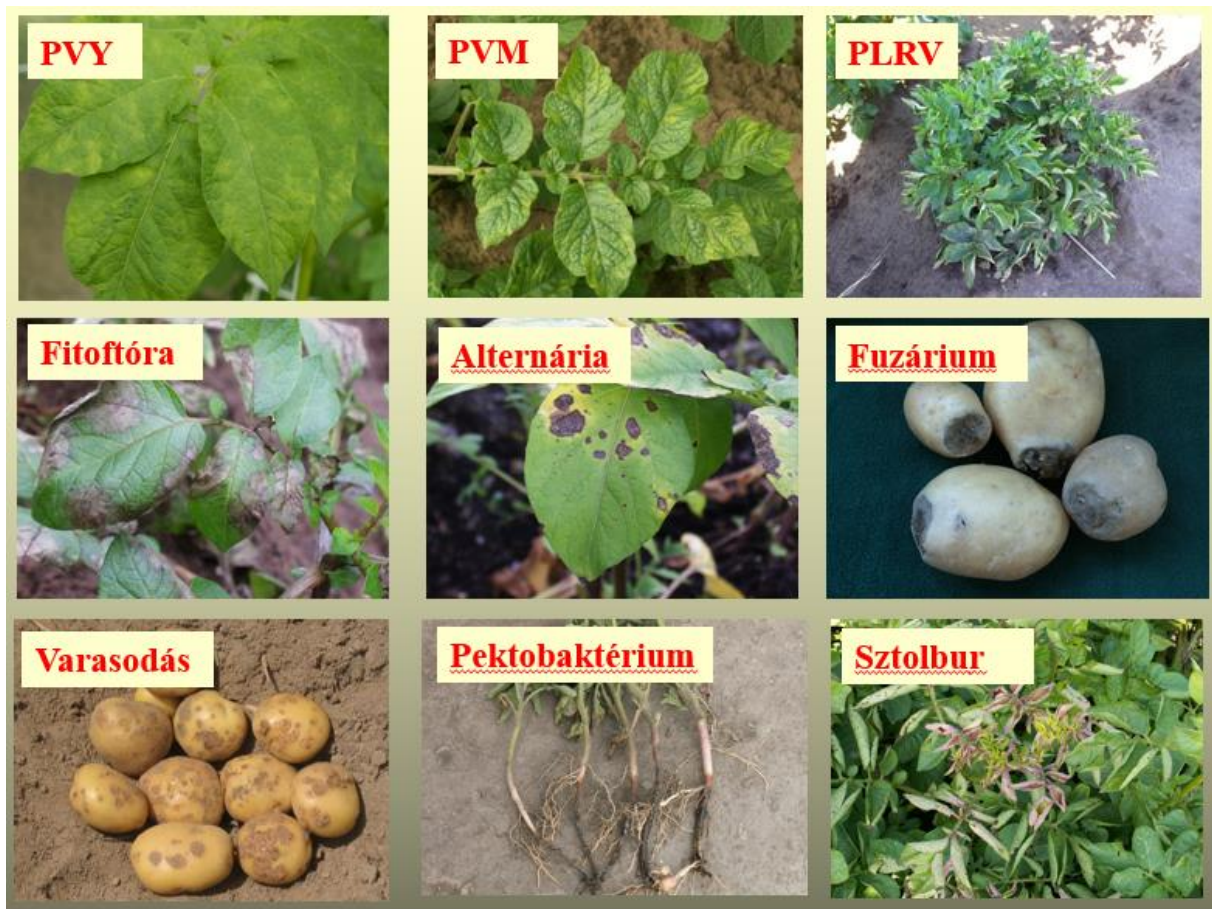
A gazdaságilag jelentős kórokozókkal és kártevőkkel szemben összetett rezisztenciával rendelkező fajták termésstabilitása magasabb, abiotikus stresszekkel szembeni érzékenysége pedig alacsonyabb, mint a nem rezisztens fajtáké (Polgár és Gergely, 2020).

Közép-európai ökológiai körülmények között a legjelentősebb kórokozókat és kártevőket fontosságok sorrendjében a 3. Táblázat tartalmazza, ill. néhányuk legtipikusabb tünete látható a 1. Képen.

3. Táblázat Burgonyát károsító fontosabb kórokozók, kártevők

Vírusok/viroidok	Baktériumok/Fitoplazma	Gombák	Állati kártevők
Közönségesen előfordulók			
Burgonya Y Potyvírus (PVY)	<i>Pectobacterium carotovora</i> <i>ssp. carotovora</i>	<i>Phytophthora</i> <i>infestans</i>	<i>Leptinotarsa</i> <i>decemlineta</i>
Burgonya levélsodródás Poleovírus (PLRV)	<i>Pectobacterium</i> <i>atrosepticum</i>	<i>Alternaria solani</i>	Aphid sp.
	<i>Dickeya solani</i>		
Burgonya M Carlavírus (PVM)	<i>Steptomyces scabies</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	
Burgonya X Potexvírus (PVX)		<i>Fusarium sp.</i>	
Burgonya A Potyvírus (PVA)		<i>Helminthosporium</i> <i>solani</i>	
Burgonya S Carla vírus (PVS)			
Karantén kórokozók, kártevők			
Gumó orsósodás viroid (PSTVd)	<i>Ralstonia solanacearum</i>	<i>Synchitrium</i> <i>endobioticum</i>	<i>Phthorimaea</i> <i>operculella</i>
Dohány rattle Tobravírus (TRV)	<i>Clavibacter michiganensis</i>		
	<i>Candidatus Liberibacter</i> <i>solanacearum</i>		
	<i>Candidatus Phytoplasma</i> <i>solani</i> (Stolbur fitoplazma)		
Fonálférgek	<i>Globodera rostochiensis</i>		
	<i>Globodera pallida</i>		
	<i>Meloidogyne chitwoodi</i> , <i>fallax</i>		

1. Kép A burgonyát károsító egyes főbb korokozók által okozott betegségek tipikus tünetei*



* Saját képek

A PVY - és annak különböző törzsei – valamint a PLRV világviszonylatban a legjelentősebb gazdasági kárt, legnagyobb terméscsökkenést és minőségromlást okozó vírusos kórokozói a burgonyának. Ebben a témakörökben Torrance és Taliansky (2020) és Taliansky és mtsai. (2003) közöltek részletes összefoglalót. Magyarországi viszonylatban a PVY magyar kutatók által leírt (Beczner és mtsai. 1984) gumókon gyűrűsnekrózist okozó törzse, a PVY^{NTN} a legelterjedtebb (Wolf és Horváth 2000, Polgár és mtsai. 2003).

A gyakorlatban e kórokozó folyamatos, járványos jelenléte miatt nem lehet PVY fogékony fajták fajtafenntartását és az egészséges vetőgumó előállítását megoldani szántóföldi körülmények között, sőt Magyarországon burgonyanemesítési programot sem lehetne folytatni a programban felhasznált PVY rezisztenciát biztosító gének nélkül.

A PVM, PVX, PVS és PVA vírusok kisebb gyakorlati jelentőséggel bírnak. Előfordulásuk ritkább, és kártételük is csekélyebb. Mindazonáltal mind a hat vírus egyenlő súlyozással

szerepel a vetőburgonya minősítése során. A minősítést végző hatóság (NÉBIH) erre a hat vírusra vizsgálja fémzárolás előtt a vetőburgonya tételeket. Az egyes szaporítási fokokban a megengedett maximális fertőzöttségi értékek a 6 vírusra összesen Szuperelit fokozatban 0,5 %, Elitben 4 %, I. fokban a PLRV, PVY és PVX fertőzés mértéke 10 % lehet. Ezeknek a szigorú követelményeknek a teljesítése is maximálisan igazolja a vírusokkal szembeni rezisztencianemesítés szükségességét.

A vírusok okozta kártétel mellett a burgonyavész (*P. infestans*) kártétele a legjelentősebb a világ burgonyatermesztésében (Haverkort és mtsai. 2008, Nowicki és mtsai. 2012, Majeed és mtsai. 2022, Dong és Zhou 2022, Polgár és Cernák 2019). Az ellene való védekezés igen jelentős költségtenyező, különösen csapadékosabb évjáratokban, illetve öntözött termesztési körülmények között. Mind a növény természetes védekező képességét, mind az agrotechnikai, és a kémiai úton történő védekezést komoly kihívások elé állítja a kórokozó sajátos biológiája: a szexuális és aszexuális módon való szaporodási képesség; károkozás a lombon és gumón egyaránt (Fry és mtsai 2013); a rasszok és virulenciagének nagy száma, a kórokozó változékonysága (Coomber és mtsai. 2024), a kémiai hatóanyagokkal szembeni rezisztencia gyors kialakulása (Qin és mtsai. 2016, Matson és mtsai. 2015). Mindezen tényezők együtt eredményezik azt, hogy a tartós, stabil és minél szélesebb körű fitoftóra rezisztenciával rendelkező fajták kinemesítése iránt rendkívül nagy az igény.

A világ számos jelentős burgonyatermesztő országában és Magyarországon is több súlyos gazdasági kárt okozó kórokozó/kártevő szerepel karantén listán. Egyik ilyen a burgonya rákos megbetegedéséért felelős gomba a *S. endobioticum*. A kórokozó jelentőségével és az ellene való rezisztencián alapuló védekezés lehetőségeivel kapcsolatosan Obidiegwu és mtsai (2014) jelentettek meg átfogó összefoglalót. Hasonlóan karantén státuszú, ezért nem csak termesztői, de nemesítői szempontból is fontos kártevői a burgonyának a cisztaképző fonálférgek, a *G. rostichiensis* és a *G. pallida*. Az általuk okozott gazdasági kártételről, a fajok biológiájáról, a védekezés lehetőségéről Brodie (1993), Brown and Sykes (1983) és Harrison és mtsai (2020) publikációiban találunk részletes ismereteket.

A nem karantén státuszú baktériumok, mint pl. a burgonya feketelábúságát és a gumók lágyrothadását okozó pektobaktérium fajok, vagy a gumóvarasodás kórokozói a sugárgombák közé tartozó *Streptomyces* fajok/alfajok szintén világméretűen elterjedt fontos kórokozói a burgonyának (Buttimer és mtsai. 2017). Mint ilyenek az ellenük való rezisztencia kialakítása, illetve a a nemesítési alapanyagok vizsgálata fontos része a nemesítési programoknak.

1.9. Abiotikus stresszrezisztencia

A burgonya széles ökológiai alkalmazkodó képességgel rendelkezik, azonban a növény biológiájából adódóan (sekély gyökérzet, a gyökér alacsony vízfelszívó képessége, alacsony hőmérsékleti optimum) az olyan környezeti stresszekre, mint az egyenetlen vízellátás, tartós szárazság, vagy hő és hidegstressz jelentős termésvesztéssel és minőségromlással tud reagálni (Zinta és mtsai. 2022, Polgár és Gergely 2020, Islam és mtsai 2024, 2. Kép).

2. Kép A burgonyát károsító egyes abiotikus stresszek következményei (csíragumóképzés, újrachajtás, külső repedés, vasfoltosság, belső üregesedés, edénnyaláb fásodás)*



* Saját képek

1.10. A burgonya nemesítése

Az új burgonyafajtákkal szembeni elvárások az előbbieken ismertetett számos, sok esetben több gén által meghatározott tulajdonság miatt igen sokrétűek. Ráadásul a tulajdonságok fontossági sorrendje merőben eltérő lehet a termelő, a fogyasztó, és a feldolgozóipar szempontjából (4. Táblázat). Következésképp az ideális fajta elérése egyelőre csupán elméletben lehetséges. Minden fajta egy kompromisszum eredménye.

4. Táblázat A fajták értékmérő tulajdonságainak jelentősége a termesztési céltól függően

Tulajdonság	Jelentőség		
	Vetőburgonya termesztés	Feldolgozó- ipar	Étkezésiburgonya termesztés
Termőképesség	magas	magas	magas
Tenyészdő	közepes	magas	közepes
Rezisztenciák	magas	közepes	közepes
Tárolhatóság	magas	magas	magas
Műtrágyaigény/reakció	közepes	Közepes	közepes
Vízreakció/öntözési igény	alacsony	magas	magas
Gumó alaki jellemzői	magas	magas	magas
Külső sérülésekre való hajlam	magas	közepes	magas
Belső sérülésekre való hajlam	közepes	magas	közepes
Glikoalkaloid tartalom	magas	magas	magas
Zöldülésre való hajlam	-	magas	magas
Nyers elszíneződés	-	magas	közepes
Főzési szürkülés	-	közepes	magas
Redukáló cukor tartalom	-	magas	alacsony
Szárazanyag/keményítő tartalom	-	magas	alacsony
Szöveti szerkezet, textúra	-	közepes	közepes
Tápérték	-	magas	közepes
Íz	-	közepes	magas

A burgonya nemesítése sok tekintetben eltér a többi fontos gazdasági növényünkétől, amelyet a faj alapvető sajátosságai határoznak meg:

- tetraploid kromoszómaszám ($n=12$, $4n=48$), bonyolult öröklődésmenet
- nagyfokú heterozigótaság
- gazdag, poliploid rokonsági kör (~200 vad és termesztett faj)
- fajon belüli és fajok közötti keresztezési korlátok: citoplazmatikus és sejtmagi hímsterilitás, endospermium megtermékenyítő képességbeli eltérések (EBN szám)

- gyors beltenyésztéses leromlás (sterilitás, hibrid vigor hiánya beltenyésztett vonalak keresztezése után)
- kórokozók és kártevők nagy száma
- vegetatív szaporítási mód
- kedvező in vitro reakció (modell növény, mikroszaporítás, genetikai módosítás, génszerkesztés)

A burgonya nemesítése során három alapvető nemesítési módozatot különböztetünk meg:

- I. Szülőpartner előállító nemesítési program
- II. Közvetlen fajtaelőállító nemesítési program
- III. Fajtafenntartó nemesítés

Módszertani megközelítés alapján pedig beszélhetünk:

- I. Hagyományos, és
- II. Biotechnológiai módszereket felhasználó nemesítési módszerekről, illetve e kettő kombinációjáról.

A burgonyanemesítés elméleti és gyakorlati háttéréről, az alkalmazott nemesítési módszerekről kiváló összefoglaló munkák születtek (Ross 1986), Bradshaw és Mackay (1994), Bonierbale és mtsai (2020) Ortiz és Mihovilovich (2020), Bradshaw (2022a), Bradshaw (2022b) tollából. E publikációk - különösen az utóbbi - feldolgozzák a burgonyanemesítés történeti háttérét, a legfontosabb kihívásokat és a nemesítés terén elért eredményeket is.

A burgonya nemesítése során egy erősen heterozigóta „F1 klón hibridet” (szülő 1) keresztezünk egy másik „F1 klón hibriddel” (szülő 2). Az így kapott F1 utódnemzedék genetikailag nagyon heterogén és variábilis lesz. Az első gumóhozó generációt követően az egyes genotípusokat már csak vegetatívan tartjuk fenn, tehát, ha egy fajtát pl. a világon 2000 ha-on termesztünk, akkor a fajta összes növénye egyetlen egyed vegetatív klónja.

A tetraszómás öröklésmenet miatt különösen az agronómiailag fontos, számos gén által meghatározott tulajdonságok örökítése nehezen irányítható, a kapott utódok tulajdonságai előre csak bizonyos határok között jósolhatók meg. A burgonyanemesítés nehézsége és egyben szépsége pontosan abban rejlik, hogy milyen módszerekkel tudjuk leghatékonyabban, a legrövidebb idő alatt megtalálni az előállított heterogén populációban azokat az egyedeket, amelyek a szülők kívánt génkombinációját hordozzák, s a legfontosabb tulajdonságok tekintetében felülmúlják mind a szülőket, mind az adott időben forgalomban lévő konkurens

fajtákat. A vegetatívan szaporított burgonya nemesítése során előnyös, hogy az utódokban minden génkombináció azonnal rögzül, stabil és egyszerűen fenntartható. A genetikai tisztaság megőrzése nem jelent problémát úgy, mint a szexuális úton szaporított növényeknél. A vegetatív szaporításnak azonban jelentős hátránya az, hogy a gumóval a kórokozók könnyen átvihetők egyik generációról a másikra és a több évig tartó szelekciós munka során a felhalmozódó betegségek, különösen a vírusfertőzések a burgonya leromlásához vezetnek. Ez a több éves klónokkal lehetetlenné teszi megbízható teljesítménykísérletek beállítását (amire elegendő vetőgumó áll rendelkezésre belőlük, addigra a vonalak leromlanak). Ezért a nemesítési program második felében szükség lehet a már előszelektált, nemesítési vonalak kórokozó mentesítésére, a teljesítménykísérletekhez szükséges egészséges vetőburgonya előállítására. Ez időben elnyújtja, s egyben meg is drágítja a burgonya nemesítését.

A nemesítői munka hatékonyságát növelni lehet diploid, vagy haploid szülők előállításával, ahol a kívánt tulajdonságok örökítése jobban nyomonkövethető, irányítható. A módszer alkalmazása azonban számos nehézségbe ütközik. Például burgonya esetében a csökkentett kromoszómaszámú egyedek nagyon nagy arányban önmeddők, a hímsterilek aránya akár a 90%-ot is elérheti (Zhang és mtsai. 2019). Emiatt nagyon nagy számú diploid, ill. haploid növényt kell előállítani annak érdekében, hogy a kívánt tulajdonságokkal rendelkező egyedeket ivarosan keresztezni lehessen egymással. A sterilitási problémákon túl jelentős a beltenyésztési leromlás mértéke is, ami nem állítható helyre a kromoszómaszám megduplázásával (Bradshaw (2022a).

A géntérképezés és a genetikai markerekre alapozott szelekció rohamos fejlődése révén már lehetőség van azon diploid egyedek azonosítására, amelyek nem hordozzák a nemkívánatos, sterilitást okozó géneket, s ennek segítségével olyan közel homozigóta, fertilis genotípusokat állítsunk elő, melyek keresztezésével maximalizálni lehet a heterózishatást. Ennek eredményeként az utóbbi két évtizedben újra felvetődött a diploid hibrid fajták nemesítésének lehetősége. Az ilyen fajtákat botanikai magként kell fenntartani és magról nevelve lehet termeszteni. Az új nemesítési módszer lehetséges előnyeiről, hátrányairól, piacra való bevezetésének nehézségeiről, a felmerülő fajtafenntartási és fajtavédelmi kérdésekről részletes összefoglaló található Jansky és mtsai. (2016) publikációjában. A módszer alkalmazásával a holland SOLYNTA cég állított elő elsőként és szabadalmaztatott diploid hibrid burgonyafajtákat (Solynta 2025). Az újonnan kinemesített diploid hibrid burgonyafajták termesztésének jövedelmezősége, a fejlett országokban való termesztési gyakorlatba való elterjedése azonban még számos kérdést vet fel, s feltehetően még hosszú, akár több évtizedes időtávlatot igényel (Bethke és mtsai. 2022, de Vries és mtsai. (2023).

1.10.1. Szülőpartner előállító nemesítési program

A szülőpartner előállító nemesítési program célja olyan szülőpartnerek előállítása, melyek keresztezésével a kívánt tulajdonságokkal rendelkező új egyed/egyedeket a legnagyobb valószínűséggel kaphatjuk meg, miközben maximalizálni igyekszünk a heterozigotáságot, ill. a heterozishatást. Ez a program egy folyamatos, soha véget nem érő, építkező jellegű munka, mely keresztezések sorozatából és az utódok jellemzéséből áll. Ennek a programnak része a *S. tuberosum*, termesztett burgonya széles rokonsági körébe tartozó vad és termesztett más rokon fajok (Hanneman 1989, Spooner és mtsai. 2014) génjeinek beépítése a burgonya genetikai hátterébe. E fajok értékes, elsősorban rezisztencia tulajdonságainak vizsgálata és nemesítésbe vonása több évtizedes múltra tekint vissza. E témakörben Pavek és mtsai. (2001) valamint Peralta és mtsai. (2021) közleményei tartalmazzák a legátfogóbb ismereteket.

1.10.2. Közvetlen fajtaelőállító nemesítési program

A közvetlen fajtaelőállító keresztezési program, módszertanilag nem különbözik a szülőpartner előállító programtól. Fontos különbség azonban, hogy a jól megválasztott szülői kombinációk esetében sokkal nagyobb valószínűséggel kaphatjuk meg a kívánt génkombinációjú egyedeket. Ezért a program hatékonyságát, különösen az egy gén által kódolt tulajdonságok esetében jelentősen növelni lehet, ha olyan szülőpartnereket tudunk használni, amelyek a kívánt domináns gént (pl. PVY rezisztencia gént) egynél több kópiában (duplex, triplex formában) hordozzák. Amennyiben fenotípusosan ugyanazt a tulajdonságot két különböző gén kódolja egy adott szülőben (pl. eltérő fajokból származó gének esetében), akkor heteroduplex szülőpartnerről beszélünk. Nulliplex szülővel való keresztezés esetén a következő hasadási arányokat kapjuk, 5. Táblázat.

5. Táblázat Genotípusok és allélok hasadási aránya keresztezési típusonként

Szülői vonal genetikai háttér	Keresztezés típusa			Utódok hasadási aránya					Allélarány	
				AAAA	AAAa	AAaa	Aaaa	aaaa	A	a
Szimplex	Aaaa	x	aaaa	0	0	0	18	18	1	1
Duplex	AAaa	x	aaaa	0	0	6	24	6	5	1
Triplex	AAAA	x	aaaa	0	0	18	0	0	1	0

Eltérő eredetű, így feltételezhetően eltérő védekezési módot kódoló géneket hordozó heteroduplex/triplex genotípusok esetében lényegesen kisebb lehet az esélye annak, hogy a gyorsan mutálódó vírusok esetében olyan új, rezisztenciát letörő törzsek jelenjenek meg, amelyek mindegyik rezisztenciát biztosító gént egyszerre képesek legyőzni (Kneib és mtsai. 2017).

A csupán hagyományos ivaros keresztezésen és fenotípusos szelekción alapuló burgonyanemesítési programoknak számos hátránya van:

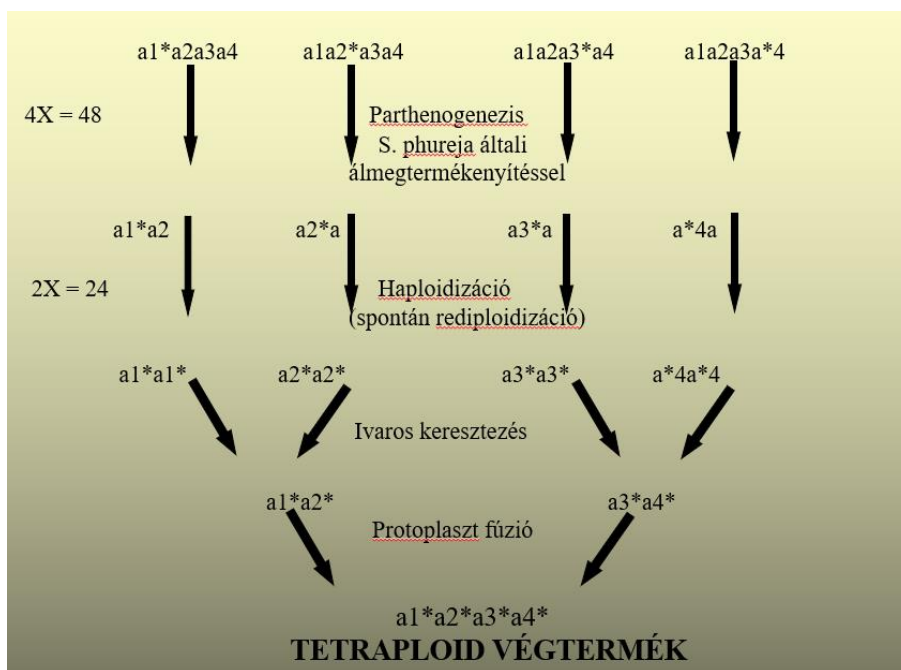
- keresztezési korlátok fajok között és fajon belül
- a tulajdonságok öröklődése nehezen irányítható
- a fenotípusos szelekció eszköztára meglehetősen szegényes, pozitív, ill. negatív szelekción alapul, melynek nagy az idő és ráfordításigénye
- óriási tömegmunkát jelent, egy fajta kinemesítéséhez átlagosan 100.000 egyedet kell jellemezni, mely akár 7-8 évet is igénybe vehet
- a szelekciós munka hatékonysága alacsony, túlzottan empirikus, és különösen a szelekciós program első éveiben erősen szubjektivitással terhelt („breeders preference”).

A hagyományos módszerek hátrányainak kiküszöbölésére, hatékonyságuk növelésére számos modern, biotechnológia módszereket alkalmazó megoldást dolgoztak ki. Ezek közé a módszerek közé soroljuk pl. a keresztezési korlátok megkerülését lehetővé tevő in vitro embriómentés módszerét, és a szomatikus hibridizációt, mely technikákról széleskörű összefoglalót találhatunk Jansky (2006) publikációjában. Hazai vonatkozásban itt kell megemlíteni Fehér és mtsai. (1992), Polgár és mtsai. (1995, 1999) publikációit, akik a termesztett burgonyával ivaroson nem keresztezhető *S. brevidens* és a *S. tuberosum* között hoztak létre szomatikus hibrideket. A biotechnológiai módszerek fejlettebb technológiai közé tartozik a géntérképezés (Jacobs és mtsai 1995, Frank és mtsai. 2024, Sood és mtsai 2024) és az ezen alapuló, egyes tulajdonságokhoz kötött genetikai markerek fejlesztése, alkalmazása (pl. Cernák és mtsai. 2008b, Ahmadvand és mtsai. 2014, Slater és mtsai. 2014, Ramakrishnan és mtsai. 2015, Elison és mtsai. 2020). Keresztezési populációk szelekciójában ilyen markerek alkalmazásával pl. elkerülhetők a hosszadalmas, kevésbé megbízható, tömeges üvegházi, vagy szántóföldi kórtani vizsgálatok. A markerek a nemesítési program akár legelső korai fázisában, már „Magonc” korban is megbízhatóan alkalmazhatók, így a továbbiakban nagyobb figyelem fordítható a minőségi tulajdonságok szelekciójára.

A modern nemesítési technikák közé tartozik a rendkívül széles körben kutatott és hasznosított genetikai módosítás és génszerkesztés. Ez utóbbi két igen gyorsan fejlődő szakterület módszereiről és elért eredményeiről a közelmúltban Halterman és mtsai (2016), Hameed és mtsai. (2018), del Mar Martinez-Prada (2021), Křížkovská és mtsai. (2022), Qu és mtsai. (2024) közöltek átfogó összefoglalót. Az utóbbi két évtizedben az előbbieken röviden megemlített módszertani fejlesztések rohamos gyorsasággal épültek be a gyakorlati nemesítési programokba, melyek közül az öröklődő genetikai megváltozást nem okozó módszereket a keszthelyi nemesítési program is alkalmazza. Az ország alaptörvénybe iktatott Genetikailag Módosított Organizmusoktól (GMO) való mentességének deklarálása előtt hazai és külföldi társintézményekkel közösen intenzív kutatások folytak Magyarországon is pl. a burgonya aminosav összetételének módosítása, vírus és általános stresszrezisztenciájának javítása érdekében (Hawkswford és mtsai. 2006, Horváth és mtsai. 2004).

A hagyományos és modern nemesítési technikák együttes alkalmazására remek példa az úgynevezett szintetikus, vagy analitikai burgonyanemesítés (6. Ábra), melyet a heterózishatás maximalizálása, vagy különböző tulajdonságokat kódoló domináns allélok összeépítése érdekében Wenczel és mtsai. (1979) dolgoztak ki. Bonyolultsága, időigénye és nagyfokú genotípusfüggősége miatt, mindazonáltal ezzel a módszerrel kinemesített fajtáról még nincs információnk.

6. Ábra Analitikus, szintetikus burgonyanemesítési program sémája



1.10.3. Fajtafenntartó nemesítés

Ennél a nemesítési módnál nem állítunk elő új genotípusokat „csupán” a már meglévő fajta tulajdonságait (fajtaazonosság) és egészségi állapotát őrizzük meg, illetve előállítjuk a fajta kereskedelmi forgalomba hozatalához, vetőgumótermesztéséhez szükséges kiindulási szaporítóanyagot. Személy szerint 24 éve irányítom a keszthelyi burgonyafajták fajtafenntartását – de ennek módszertana, az ezen a téren elért eredmények nem tartoznak jelen dolgozat témakörébe.

1.11. A jelenlegi Keszthelyi Burgonyanemesítési Program és előzményei

A modern értelemben vett burgonyanemesítés Keszthelyhez köthetően 1950-ben kezdődött el Barssy Sarolta irányításával a Dél-dunántúli Mezőgazdasági Kísérleti Intézet, később a Keszthelyi Mezőgazdasági Akadémia Somogy megyei mariettapusztai telepén, aki munkáját nyugdíjazásáig, 1968-ig végezte. Fő célkitűzése a korábbiaknál vírus és fitoftóra ellenállóbb, kiváló étkezési minőségű és magas termőképességű fajták kinemesítése volt. A fajtaelőállító nemesítés az akkori nemzetközi gyakorlatnak megfelelően fajtakeresztezésen és szántóföldi szelekción alapult. A felhasznált szülőpartnerek között szerepelt a „Gülbaba”, a „Zalán”, a „Lovászpatonai rózsagöngye”, a „Kifli”, a „Korai rózsza”, a „Margit”, az „Edelgard”, a „Herulia”, a „Cornelia”, a „Merkúr” és később a „Schwalbe” fajta. Munkatársaival évente mintegy 20 keresztezési kombinációból kb. 15.000 magoncot állítottak elő, majd a legjobb anyatövek kiválasztásával indult meg a szelekción alapuló nemesítői munka. Erőfeszítései sikerét négy államilag elismert fajta [Somogyi korai (1959), Somogyi sárga (1959), Somogyi sárga kifli (1960), Somogy gyöngye (1972)] és növénynemesítőként mindeddig egyedülként a Kossuth-díj megkapása jelentette. A Somogyi sárga kiflit és Somogyi korait elsősorban jó étkezési minősége, a Somogyi sárgát és Somogy gyöngyét emellett bő termése tette közkedvelté. A Somogyi sárga fajta jó fitoftóra ellenállósággal is rendelkezett, és a fajták vírusos leromlással szembeni ellenállóképessége is (a Somogyi sárga kifli kivételével) jobb volt, mint az akkor termesztett többi fajtáé. A burgonya Y-vírus 1950-es években Európába behurcolt új, dohány érnekrózis törzse (PVY^N) azonban az 1970-es évek közepére lehetetlenné tette ezeknek a fajtáknak is a szántóföldi fajtafenntartását.

Keszthelyen 1960-ban Sárvári István vezetésével új burgonyanemesítési program indult. A programban vele együtt dolgozott feleség és két fia, ifj. Sárvári István és Sárvári Balázs is. Az új program alapvető célkitűzése vírusos leromlással szemben ellenálló fajták kinemesítése volt. Ekkorra egyértelművé vált, hogy a magyarországi vírusökológiai körülmények között a

leromlásra hajlamos fajták hagyományos fajtafenntartási módszerekkel nem tarthatók fenn, és a *S. tuberosum* eredetű fajtákra alapozott keresztezéses nemesítéssel nem alakítható ki megfelelő rezisztencia. A választott nemesítési stratégia vázlatát, előnyeit/hátrányait a 7. Ábra foglalja össze. A komplex vírusrezisztencia kialakítása érdekében a nemesítési programba több vadfaj is bevonásra került. Vagy közvetlen keresztezés, vagy hibrid nemesítési vonalak génbanki cseréje révén, a Szovjetunió Vavilov Intézetéből, a németországi Max Plank Intézetből, valamint kelet-német és lengyel társintérményektől. A vad fajok rezisztenciagénjeire alapozott rezisztencianemesítési program párját ritkító léptékű volt. A cél az volt, hogy többszöri visszakeresztezés révén minél hamarabb rögzíteni lehessen a rezisztenciagéneket a *S. tuberosum* genetikai háttérében. A *S. demissum*-ból fitoftóra elleni rezisztencia gének, a *S. acaule*-ből a burgonya X-vírussal, a *S. stoloniferum*-ból a burgonya Y-, A-vírussal szembeni immunitás gének, a *S. tub. ssp. andigenum*-ból burgonya S vírussal és a burgonya fonálférgekkel szembeni rezisztencia gének kerültek beépítésre, elsősorban rózsa héjú és fehér húsú vonalakba. A burgonya levélsodródás vírusával szembeni magasszintű szántóföldi rezisztenciát termesztett fajtákból és egyéb vadfajokból származó ellenállósági génekkel sikerült kialakítani. A legtöbb törzs, illetve nemesítési vonal négy vadfaj génjeit is hordozta, így azok már nemcsak rezisztencia tulajdonságaik miatt voltak értékesek, hanem egyben genetikai különlegességnek is számítottak.

7. Ábra A keszthelyi rezisztencianemesítési program stratégiai vázlata



A vadfajok bevonása a nemesítésbe az előnyök mellett hátrányokkal is járt. Számos nem kívánatos tulajdonság rontotta az előállított vonalak értékét (hosszú sztóló, kisméretű és

mélyrügyű gumók, alacsonyabb termőképesség, hosszú tenyészidő, rossz íz, más betegségekkel szembeni fogékonyság, stb.). Az így kialakított nemesítési alapanyagban a kedvező kultur- és rezisztencia tulajdonságok kombinációja a burgonya tetraploid és erősen heterozigóta volta miatt csak nagyon kis gyakorisággal jött létre és többszöri visszakeresztezést igényelt. Ezért az eredményes nemesítői munkához éveken át több millió magoncra volt szükség. Ehhez új, mesterséges fertőzésen alapuló tömegszelekciós rendszert dolgoztak ki, mellyel 1970 és 1982 között évente mintegy 1,5-2 millió magonc vizsgálatát végezték el. Az elért eredmények nemzetközi szinten is figyelemre méltóak voltak. A nemesítési programból számos fajtajelölt került állami bejelentésre (Keszthelyi sárga, Keszthelyi rózsza, Kedvenc, Aranykincs) néhányuk pedig állami elismerésre (Sznigál, Magyar rózsza). A „Sznigál” volt az első olyan európai fajta, amely az X-, Y-, A-vírusokkal szembeni magasfokú rezisztencia (immunitás) mellett S-vírus elleni rezisztenciával is rendelkezett. Ezek a fajták azonban magasfokú vírusellenállóságuk ellenére egyes termesztési, tárolási és felhasználási tulajdonságaikban még elmaradtak az akkor termesztett fajtáktól és végül nem nyertek teret a köztermesztésben. A nemesítési program korai eredményeinek publikálására csak korlátozott formában került sor. Ebből az időszakból mindössze három publikáció ismert számunkra, melyekben Sárvári István elsősorban a vírus és fitoftóra rezisztencia kialakítása terén elért eredményekről, és a felhasznált vad fajokról számol be (Sárvári 1968a, 1968b, 1978). A hatalmas rezisztencianemesítési programban tehát több, mint 20 évnyi intenzív munka sem volt elegendő ahhoz, hogy a piacon versenyképes, rezisztens fajtákat sikerüljön kinemesíteni. Részben ennek és egyéb gazdasági okoknak köszönhetően a programot 1981-től jelentősen leépítették. A külső telephelyek felszámolásra kerültek, a dolgozói létszám a korábbi tizedére csökkent. A nemesítői munkát és a hátrahagyott nemesítési alapanyagokat Sárvári Istvántól Lönhard Miklós vette át (sajnos a megelőző 22 év pedigree adatai és vizsgálati eredményei nélkül) aki a programot 1996-os nyugdíjazásáig vezette. Az ő és kollégái (Rainiss Istvánné, Kéry Andorné és Horváth Sándor) munkája eredményeként a megmaradt nemesítési anyagokból újabb fajták kerültek állami elismerésre: Őszi rózsza (1987), Ciklámen (1988), Sarolta (1989), Kánkán (1991), Százszorszép (1992), White Lady (1994), Góliát (1995), Hópehely (1997), Lorett (2002), Luca XL (2005). E fajták kimagasló rezisztencia tulajdonságaik mellett jobb gumóformával és minőségi tulajdonságokkal rendelkeztek. Potenciális termőképességük elérte a „tisztán” *S. tuberosum* genetikai háttérű fajtákét. Velük indult meg annak a több, mint 20 éves folyamatnak a visszafordítása, amit a külföldi fajták kizárólagos termesztése fémjelzett Magyarországon. Közülük a Hópehely és a White Lady mindmáig köztermesztésben vannak. Mindeközben elsősorban a perui Nemzetközi Burgonyakutató Intézettel (CIP) újabb vadfajok génjeit hordozó nemesítési vonalak

bevonásával tovább gazdagodott a keszthelyi genetikai bázis (*S. spegazzini*, *S. vernei*, *S. megistacrolobum*, *S. hougassii*, stb.).

A későbbiekben burgonyanemesítésbe/kutatásba is hasznosítható új, in vitro technikák, molekuláris genetikai módszerek hazai bevezetésére a Burgonyakutató Osztály (2002-től Központ) szoros együttműködést alakított ki az MTA Szegedi Biológiai Központjával, a Gödöllői Mezőgazdasági Biotechnológiai Központtal, az MTA Növényvédelmi Kutató Intézetével és számos külföldi társintézménnyel (Wisconsini Egyetem USA, Julius Kühn Intézet Németország, IHAR Lengyelország stb.), illetve a mindenkori saját egyeteme Biotechnológiai csoportjával. Saját fejlesztésből szomatikus hibridizáció révén a *S. brevidens*, és egyéb hibrid vonalak cseréjével újabb vadfajok génjeivel bővült a hasznosítható genetikai háttér (pl. *S. commeronii*, *S. etuberosum*, *S. bulbocastanum*). Az értékes genetikai gyűjtemény megőrzésére és hasznosítására egy mára már ~800 genotípust számláló in vitro génbank került kialakításra. A nemesítési programot 1996-tól Polgár Zsolt irányítja. A program a korábbiakhoz képest kevesebb magonccal (~15.000 db/év), de több keresztezési kombinációval (évi 25-30 család) működik, olyan különböző hatékonyságot növelő módszerek bevonásával, melyek jelen dolgozat témakörét is alkotják (Polgár és Horváth 2000, Tömösközi-Farkas és mtsai. 2006, Cernák és mtsai. 2008b, 2008a, Ahmadvand és mtsai. 2013, 2014a, 2104b, Polgár és mtsai. 2016, Hajianfar és mtsai 2016, Gorji és mtsai. 2017, Wolf és Polgár 2023). Polgár Zsolt és társnemesítő kollégái (Wolf István kórtanos, Bilinszki Alíz[†] fajtafenntartó, Vaszi Zsolt nemesítési aszisztens és Pintér János[†] tenyészkertvezető) nevéhez fűződnek a Központ legújabb fajtái (Vénusz Gold (2006), Balatoni rózsa (2008), Katica (2008), Démon (2009), Botond (2015), Basa (2016) és az Arany Chipke (2013). Területi részarányuk a hazai vetőburgonyaszaporításban eléri az 50, étkezési burgonyatermesztésben pedig a ~20 %-ot. A fajták nagyobb arányú elterjedésének egyedül a Burgonyakutató Központ korlátozott erőforrásai (infrastruktúra, földterület és dolgozói létszám) szabtak gátat. A keszthelyi burgonyakutatás és nemesítés utóbbi évtizedekben elért eredményeiről Polgár és Cernák (2019) közölt összefoglalót, míg egy a teljes hazai burgonyakutatás történetét felölelő áttekintést Horváth József virológus jelentetett meg 2009-ben (Horváth 2009).

2. CÉLKITŰZÉSEK

A Burgonyakutatói Központ nemesítési programjába való bekapcsolódásom kezdetétől fogva célom volt, hogy modernizáljam a programot. Célul tűztem ki a genetikai bázis kiszélesítését, a hagyományos és a legújabb biotechnológiai módszerek ötvöztetésével, módszertani fejlesztésekkel egy olyan nemesítési program kialakítását, amellyel hatékonyabban, a szubjektivitást minél inkább csökkentve lehet olyan fajtákat kinemesíteni, amelyek nem csak a Kárpát-medence burgonyatermesztésre kedvezőtlen, virológiai és élettani leromlásra hajlamosító agroökológiai körülményei között, de akár a világ bármely más pontján is gazdaságosan termesztethetők, egészséges vetőgumójuk helyben is előállítható.

Konkrétan:

- Komplex szülőpartner és keresztezési kombináció kiértékelő módszer kifejlesztése.
- Burgonya Y vírus (PVY) rezisztenciagéneket heteroduplex formában hordozó szülőpartnerek előállítása, jellemzése és bevonása a szülőpartner előállító nemesítésbe.
- PVY és PVX rezisztenciagének nyomon követésére alkalmas DNS alapú markerekre alapozott szelekciós módszer bevonása a burgonyanemesítési programba.
- Nemesítési vonalak, fajtajelöltek kiértékelésére és objektív összehasonlítására alkalmas komplex kritériumrendszer kidolgozása és alkalmazása.
- A Burgonyakutatói Központ fajtaválasztékának növelése, egyedi tulajdonságokkal rendelkező fajták kinemesítése.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Komplex szülőpartner és keresztezési kombináció kiértékelő módszer kifejlesztése

3.1.1. Keresztezési kombinációk előállítása

Az ismert tulajdonságokkal rendelkező, tesztelendő szülőpartnereket részben szántóföldi, részben üvegházi körülmények között ivaros keresztezéssel kereszteztük egymással. Rendszerint az anya vonalak hímsterilek voltak, ahol nem, ott a portokok kinyílása előtt a portokok el lettek távolítva beporzás előtt. Évente több tucat keresztezési kombinációban állítottunk elő F1 családokat. A kapott magokat a következő év tavaszáig + 4 °C-on tároltuk. A magokat a következő év tavaszán elvetve a magoncokat 4x4 cm-es cserepekben, üvegházban

felneveltük, majd a kapott termésből mindig a legnagyobb gumót betakarítottuk és eltároltuk a következő év tavaszáig. A tárolást követően a családokat a Burgonyakutatói Központ tenyészkertjébe, szántóföldre ültettük ki 75 cm sortáv és 1 m tőtávolság mellett. A területen normál szántóföldi burgonyatermesztési technológiát (tápanyagutánpótlás és növényvédelem) alkalmaztunk, öntözés nélkül. Tesztelendő családokként minimum 100, maximum 200 egyedet neveltünk így fel teljesérésig.

3.1.2. Anyató kiértékelési szempontok meghatározása, alkalmazása

Az egyes szülőpartnerek, és keresztezési kombinációk potenciális nemesítési értékének meghatározására komplex módszertani fejlesztést alkalmaztunk. Ennek során gyakorlati nemesítői tapasztalatokra alapozva meghatároztuk azokat a tulajdonságokat, amelyeket a nemesítési program kezdeti, első szántóföldi generációs, úgynevezett „Anyató” állományában, amikor minden genotípust még csak egyetlen tő reprezentál, fenotípusos felvételezés alapján el lehet bírálni.

Ezek a következők voltak:

- héjszín
- hússzín
- tövenkénti gumószám
- átlagos gumóméret
- összbnyomás érték (gumóalak, rügymélység, héjminőség, kiegyenlítettség alapján)
- családonként: - az „A” klónnak kiválasztott vonalak aránya
- a legjobb (4-5-ös) összbnyomás osztályzatot kapott vonalak aránya.

A kiértékelendő tulajdonságok felvételezését teljes érésben, betakarításkor végeztük el. Ehhez az anyatóveket kapával, a bokrokat saját helyükre kitányéraztuk, felvételeztük a héjszínt, hússzínt, a tövenkénti gumószámot, az átlagos gumóméretet, minden anyatónek adtunk egy átlagos összbnyomás értéket 1-5-ös skálán, ahol az 5-ös érték a legjobb, az 1-es a legrosszabb. Ezt követően a 4-5-ös értékeket kapó anyatóvek minden gumóját bezacsizóztuk és betároltuk a következő év tavaszáig „A” klónnak való elültetésre. A kapott adatokból családonként meghatároztuk a kívánt héjszínű, optimálisnak tartott tövenkénti gumószámot mutató, illetve attól lefelé vagy felfelé eltérő anyatóvek arányát, az anyatóvek átlagos gumóméretét, az összbnyomás alapján a nemesítési folyamatának következő fokára („A” klón) tovább vinni kívánt anyatóvek arányát, és a legjobb (4-5-ös) összbnyomás osztályzatot kapott anyatóvek

arányát. A vizsgált tulajdonságokhoz a felvételezett adatok alapján a 6. Táblázatnak megfelelően további értékpontokat rendelünk, amelyek összesítésével meghatároztuk és egymáshoz viszonyítottuk az egyes családok számszerűsített, relatív nemesítési értékét.

Az évente elvégzett család összehasonlító vizsgálatok eredményeként a következő évben mindig a legmagasabb relatív nemesítési értékű 10-15 családból végeztünk el nagyobb számú magvetést (500-1000 db. mag/család) és állítottunk elő magoncpopulációt, illetve a következő évben anyató állományt. A tenyészidő alatt két alkalommal (virágzáskor és az azt követő 2-3. héten) elvégeztük az állomány szelekcióját, ami a bármely vírusos, fitoplazmás fertőzés tünetét mutató tövek területről való eltávolítását jelentette.

6. Táblázat Komplex keresztezési kombináció kiértékelő módszer elemei

„A” klónnak tovább vitt vonalak aránya		4-5-ös összbnyomás értéket kapott vonalak aránya	
%	Pont	%	Pont
< 9,9	1	< 4,99	1
10 – 14,9	2	5 – 9,9	2
15 – 19,9	3	10 – 14,9	3
20 – 24,9	4	15 – 20	4
25 <	5	20 <	5

Kívánt gumóhéj színű vonalak aránya		Vonalak átlagos összbnyomás értéke	
%	Pont	Átlag	Pont
< 49,9	1	< 2,19	1
50 – 59,9	2	2,2 – 2,49	2
60 – 74,9	3	2,5 – 2,79	3
75 – 89,9	4	2,8 – 3,09	4
90 <	5	3,1 <	5

Vonalak átlagos gumószám értéke*	
Átlag	Pont
<1,59	0
1,6 – 1,79	1
1,8 – 2,19	2
2,2 – 2,39	1
2,4 <	0

* 1 – 3-ig pontozva (gumószám: <5 db = 1; 6-10 = 2; 11 < = 1)

3.2. Burgonya Y vírus (PVY) rezisztenciagént heteroduplex formában hordozó szülőpartnerek előállítás és jellemzése

3.2.1. Növényanyag

A Burgonyakutatói Központ szülőpartner előállító nemesítési programjában az elmúlt évek alatt számos olyan szülőpartnert, illetve nemesítési vonalat állítottunk elő, melyek a termesztett burgonya különböző, vad rokon fajából származóan (*S. stoloniferum*, *S. chacoense*, *S. andigenum*, *S. hougassii*) extrém rezisztenciát biztosító, monogénes domináns öröklődést mutató géneket (Ry) hordoznak a PVY fertőzésével szemben. Ezeket a vonalakat egymással kereszteztük, illetve az önfertilis *S. andigenum* eredetű gént hordozó vonalakkal öntermékenyítést végeztünk. A kapott utódokat tovább vittük a nemesítési program következő fázisaiba (Anyató, „A” klón, „B” klón). A morfológiai és agronómiai tulajdonságok alapján kiválogattuk azokat a vonalakat, összesen húszat, amelyek kultur-tulajdonságaik és szántóföldi PVY fertőződésmertességük alapján potenciálisan az adott vad fajok PVY rezisztenciagénjei közül két, esetleg három kópiát is hordozhatnak (duplex, triplex formában) és alkalmasak lehetnek újabb szülőpartnereknek. A PVY rezisztenciagének számának, a vonalak pontos genotípusának meghatározására a vonalakat, a PVY-al szemben különösen nagyfokú fogékonyságot mutató külföldi fajtákkal (Colette, Hermes, Mariam, S440, nulliplex forma) kereszteztük üvegházi körülmények között. A kapott tesztelő családokból 50-300 magoncot neveltünk fel üvegházban. A kísérleteket 2000 és 2016 között végeztük.

3.2.2. PVY rezisztencia vizsgálata mechanikai fertőzéssel

A fertőzésre a PVY^{NTN} törzsének Dunaegyházán (Bács-Kiskun megye) begyűjtött és szerológiailag (polyklonális és monoklonális antitest) valamint bioteszttel jellemzett (*S. tuberosum* cv. Vital és Hermes fajtákon) agresszív izolátumát használtuk. A vírust *Nicotiana tabacum* cv. Xanthi-nc növényekben szaporítottuk fel. A tesztelendő magoncokat vektormentes üvegházban, 2-4 leveles állapotban karborundum por/üvegspatula/foszfát puffer (pH 7,0) módszerrel, dörzsmozsárban 1:1 arányban eldörzsölt puffer/levél inokulummal fertőztük. A magoncok fertőzésre adott reakcióját vizuálisan hetente értékeltük. A vírusfertőzést a fertőzést követő 5. héten a Loewe Biochemica GmbH polyklonális antitestjével és foszfatáz enzimmel konjugált antitestjével DAS-ELISA módszerrel vizsgáltuk. Az extinkciós értéket 405 nm hullámhosszon fotométerrel (Spectrostar Nano) mértük.

3.3. A szülőpartnerek PVY rezisztencia genotípusának meghatározása

A rezisztenciateszt eredménye alapján meghatároztuk az adott tesztcsaládban a PVY rezisztens és fogékony egyedek számát és arányát. A kapott hasadási arányok várt elméleti hasadási arányokhoz való megfelelését (7. Táblázat) Pearson féle χ^2 statisztikai próbával ellenőriztük.

7. Táblázat Várható hasadási arányok különböző rezisztencia státuszú genotípusok fogékony (nulliplex) szülővel való keresztezése után

Szülői genotípusok		Utódok hasadási aránya (rezisztens:fogékony)
Simple x Nulliplex	Rrrr x rrrr	1:1
Duplex x Nulliplex	RRrr x rrrr	5:1
Triplex x Nulliplex	RRRr x rrrr	1:0
Quadruplex x Nulliplex	RRRR x rrrr	1:0

3.4. Nemesítési vonalak értékmérő tulajdonságainak meghatározása

3.4.1. Vírusrezisztencia vizsgálatok

A PVY, PVX és PLRV-el szembeni rezisztenciát elsődlegesen szántóföldön értékeltük a természetes fertőzés hatására kialakuló tünetek alapján, Magonc, „A, B és C” klón fázisban. Egyes tesztelendő nemesítési vonalak (szülőpartnerek, fajtajelöltek „C” és „D” klónok, régi és új fajták) PVY-al és PVX -el szembeni rezisztenciáját az előzőekben leírt mechanikai fertőzésen, ill. kertészeti oltáson alapuló módszerekkel is teszteltük.

A mechanikai fertőzés során rezisztensnek bizonyuló genotípusok esetében a rezisztencia minőségének eldöntéséhez (hiperszenzitív rezisztencia HR, vagy extrém rezisztencia ER) a fajtajelöltek esetében kertészeti oltáson alapuló vizsgálatot is végeztünk. Ehhez, a mechanikai fertőzésnél leírt módszer szerint a vírust felszaporítottuk és az előállított inokulummal paradicsom, *Lycopersicum esculentum* cv Rutgers növényeket 4-6 leveles állapotban fertőztünk. A vizsgálandó burgonya genotípusok 5-5 növényét a paradicsom növényekkel párhuzamosan felneveltük. A fertőzést követő 3-5. héten a burgonya növényekről szedett oltóágot a fertőzött paradicsom alanyra, míg a fertőzött paradicsom oltóágot a burgonya alanyra oltottuk ékoltással. A burgonya növényeken jelentkező tüneteket hetente felvételeztük.

Az oltóágak és alanyok fertőzöttségét az oltást követő 4. héten a fentebb leírt DAS-ELISA módszerrel vizsgáltuk. A burgonya alanyok alatt termett gumókat utódnemzedék vizsgálat céljából begyűjtöttük és tároltuk.

3.4.2. Burgonyavész, fitoftóra lombrezisztencia meghatározása

A nemesítési vonalak burgonyavésszel (*P. infestans*) szembeni lomb rezisztenciavizsgálatát három eltérő módszerrel vizsgáltuk.

I. Szántóföldi teszt:

Ehhez a vizsgálathoz a tesztelendő vonalakat (nemesítési vonalak, szülőpárok, fajták) öntözött, szántóföldi körülmények közé ültettük, 3, ill. 4 ismétléses randomizált, 5 töves parcellákba az EUCABLIGHT (EUROBLIGHT, Late blight network for Europe) által ajánlott módszertan szerint. A parcellák közé fitoftóra közepesen fogékony elválasztó (puffer) sorokat ültettünk. A kísérletbe a vizsgált genotípusok mellé a módszertani ajánlásban szereplő, ismert fogékonyságú standard fajtákat ültettünk. Az ő fertőzési eredményeikhez hasonlóan határoztuk meg a vizsgált vonalak rezisztencia, illetve fogékonyság értékét, 1 = fogékony, 9 = rezisztens skálán (Gloria 2, Eersteling 2, Bintje 3, Alpha 4, Robijn 6, Escort 7, White Lady 7, Vénusz Gold 8, Sárpo Mira 9.). A kísérleti területen a fertőzésre kedvező körülmények kialakítása érdekében szükség szerint 20 mm-es adagokban mikroszórófejes öntözést alkalmaztunk. Gombaölő szeres kezelést nem végeztünk. A lombfertőzöttséget az első tünetek kialakulásától 4 naponta felvételeztük. Az egyes évek eredményeinek összehasonlíthatósága miatt a rezisztencia/fogékonyság mértékét a betegség előrehaladási görbe alatti terület (AUDPC, area under disease progress curve), illetve a relatív AUDPC (rAUDPC, Jeger és Viljanen-Rollinson 2001) értékeivel fejeztük ki. A kísérleti területen egy ismétlésben a Black differenciáló sor genotípusait is elültettük a természetes fitoftóra populáció változásainak nyomon követésére. A tesztelt vonalak lomb fitoftórával szembeni rezisztencia/fogékonyság értékét végül 1-9-es skálán jelenítettük meg, ahol az 1-es értéket a legfogékonyabb, a 9-es érték a tünetmentes, legellenállóbb genotípusok kapták.

II. Leválasztott levél teszt:

A vizsgálatokban három fitoftóra izolátumot használtunk, melyeknek a rasszkarakterét korábbi vizsgálatokban a Black differenciálósor segítségével határoztuk meg (Black és mtsai 1953).

A H12/10 izolátumot az MTA Növényvédelmi Kutató Intézet munkatársai bocsátották rendelkezésünkre (Bakonyi és mtsai. 1998 és 2002), az izolátum az 1, 2, 3, 4, 6, 7, 10, 11 virulenciagéneket hordozza és a White Lady burgonyafajta rezisztens vele szemben.

A másik két izolátum saját gyűjtésből származik (White Lady és Vénusz izolátumok, Wolf és Polgár nem publikált), rasszkarakterük: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11. A White Lady, valamint Vénusz fajták fogékonyak az izolátummal szemben.

A vizsgálandó genotípusokat vektormentes üvegházban, cserepekben neveltük fel. A burgonyatövekről a lombfejlődés befejezését követően levélmintát vettünk és valamennyi genotípusból hat kifejlett levélkét csapvizes és desztillált vizes öblítés után inokuláltunk. A fertőzéshez a fitoftóra izolátumokat burgonya gumószeleten felszaporítottuk, a micéliumot desztillált vízbe mostuk, majd rázatást követően négyrétegű gézen átszűrtük. A sporangium szuszpenzió koncentrációját 15.000 sporangium/ml-re állítottuk be. A szuszpenziót a rajzospórák kibocsátásához két órán át 4 °C-on, majd 20 percig szobahőmérsékleten inkubáltuk. A genotípusok hat leszárított levélkéjét nedves kamrába, műanyag rácstra helyeztük és valamennyi levélke fonákjára 50 µl inokulumot cseppentettünk. A levélkéket 20 °C-ra, megvilágító állványra helyeztük. Az inokulum cseppet 24 óra után eltávolítottuk és a levélkéket fonákjukkal lefelé fordítottuk. Az értékelést az inokulálást követő 4., 5. és 6. napon végeztük el. A léziók méretét a legnagyobb és a legkisebb átmérő hosszának átlagával fejeztük ki. Az egyes genotípusokban a betegség előrehaladásának mértékét az ún. AUDPC és rAUDPC (Area Under Disease Progress Curve és Relative Area Under Disease Progress Curve) értékével fejeztük ki.

III. Egész növény teszt:

A nemesítési programban használt szülőpárok rezisztencia örökítési hatékonyságát Anyató korú utódaik egész növényen végzett mesterséges fertőzésével határoztuk meg, üvegházi körülmények között. A növényeket gumóról neveltük fel. Egy genotípust egy növény reprezentált. A 7-8 hetes növényeket burgonya gumószeleteken felszaporított White Lady izolátummal fertőztük meg, melynek rasszkaraktere 1,2,3,4,5,6,7,10,11, az inokulum koncentrációja 15.000 sporangium/ml volt. A növényeket a fertőzés után közel 100 % relatív páratartalom mellett neveltük tovább, majd a kialakuló fertőzési tünetek alapján 10 nap elteltével értékeltük. A fertőzési tüneteket egyáltalán nem mutató egyedeket tekintettük rezisztensnek.

3.5. Közöséges burgonya fonálféreg és burgonyarák rezisztencia meghatározása

A *G. rostochiensis* és *S. endobioticum* Magyarországon karantén kórokozók. Intézetünk karantén laboratóriummal nem rendelkezik. Ezért a fajtajelölt státuszban lévő nemesítési vonalaink e kórokozókkal szembeni rezisztenciavizsgálatát lengyelországi társ intézményünkkel (Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Radzików) végeztettük el megbízás alapján (Przetakiewicz és Plich 2017, Przetakiewicz A., & Milczare D. 2017).

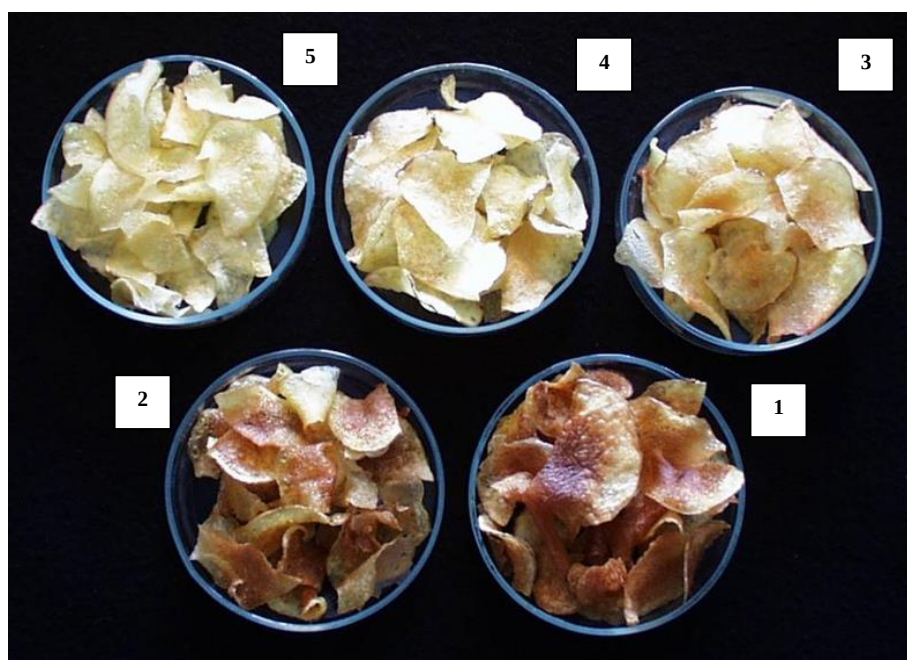
3.6. Étkezési minőség vizsgálata

„A” és „B” klónok esetében az étkezési minőség vizsgálatát egy alkalommal, betakarítást követően, november hónapban végeztük el. A „C” és „D” klónok esetében a vizsgálatokat novemberben és +4 °C-on való 3 hónapos tárolás, majd kitárolás után, 2 hetes 20 °C-on való rekondicionálást követően februárban is elvégeztük. A szárazanyag és keményítőtartalom meghatározását fajsúlymérésen alapuló módszerrel határoztuk meg (Hougland 1966). A nyers, főzési és sütési minőség meghatározását 10 gumós mintákon végeztük, 2 szelet (kocka)/gumóval. A nyers szürkülés vizsgálatánál a gumóhús szürkülésének mértékét ¼-es gumószeletek, vagy 1x1 cm-es gumóhúskockák 24 órányi szobahőmérsékleten való inkubálása után vizuálisan bíráltuk el 1-5 -ös skálán (1 erős szürkülés, 5 teljes szürkülésmentesség). A főzési szürkülés vizsgálatához a gumószeleteket, vagy az 1x1 cm-es gumókockákat kuktában 15 percig főztük, majd a szürkülés mértékét vizuálisan értékeltük 1-5 -ös skálán, A sütési minőség vizsgálatához gumónként két 1,2 mm vastag szeletet sütöttünk meg 170 °C-on kb. 2 percig pálmajban. A sütési elszíneződést szintén vizuálisan értékeltük 1-5 -ös skálán (3-4 Kép).

3. Kép Nyers és főzési minőség bírálatára használt színskála (1-5)*



4. Kép Sütési minőség bírálatára használt színskála (1-5)*



*Saját felvételek

3.7. Szántóföldi teljesítmény kísérletek kiértékelésének módszertana

A kísérletek a Burgonyakutatói Központ tenyészkerületében kerültek beállításra, szokásos tápanyagutánpótlás és agrotechnika mellett, öntözés nélkül. Az egyes nemesítési vonalaknál alkalmazott tőszámot és ismétlésszámot a 8. Táblázat tartalmazza.

8. Táblázat Nemesítési vonalaknál alkalmazott tő- és ismétlésszámok

	Tőszám	Ismétlések száma
Anyatővek	1	1
"A" klónok	15	1
"B" Klónok	30	1
"C" klónok	28	2
"D" klónok	56	4

A „C” és D” klónok (fajtajelöltek) esetében betakarításkor és utána felvételezett tulajdonságok kiértékelésére egyedi értékelő táblázatot dolgoztunk ki, melyet a 9. Táblázat mutat be. A táblázatban felvételezett egyes tulajdonságok relatív értékéhez egyedi szorzó tényezőket határoztunk meg a tulajdonságok fajtaértékben való figyelembevételének súlyozására. A termésmennyiség meghatározásához a „D” klónok esetében a négy ismétlés átlagát vettük figyelembe. A betakarítással egy menetben, közvetlenül a szántóföldön három méretfrakcióra osztályoztuk a termést (<35 mm, 35-65 mm, >65mm) és minden méretfrakciónak meghatároztuk a tömegét. Az átlagos hajtásszámot és gumószámot vonalanként 10 tő egyedi felvételezésével határoztuk meg. A felvételezéseket a hajtásszám esetében az ültetést követően 1 hónappal, a gumószám esetében a betakarítás előtti napokban végeztük el. A kísérletekben kontroll fajtaként az állami fajtaminősítő rendszerben is kontrollként szereplő korai éréscsoportú Cleopatra és a középkorai éréscsoportú Desiree fajtákat ültettük el, Elit minőségű import vetőburgonyával.

9. Táblázat Fajtajelöltek tulajdonságainak, potenciális fajtaértékének meghatározására alkalmazott kiértékelő táblázat.*

Sorsz.	Törzs kód	Szülők	GM	GF	KGy	GSZ	RÜM	T&B	GH	HSZ	ÖBE	ÖSSZ	MRS	F/R	T	TRS	NY	F	S	Sz %	K%	SÉI	SZÜI	Fr	H/H/A
	Szorzó		1,5	1,4	1,3	1	0,9	0,7	0,8	0,9	1,2	PONT		-/+	t/ha										
1				0	0		0	0	0		0	0													
2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
3			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
4			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													

* GM = átlagos gumóméret (1 kicsi, 5 nagy), GF = elvárt gumóforma (hosszú, ovális, kerek), KGy = kiegyenlítettség (1 kiegyenlítetlen, teljesen kiegyenlített, GSZ = 10 fő átlagos gumószáma, RÜM = rügymélység (1 sekély, 5 mély), T&B = torz és babás gumók aránya (1 nincs, 5 sok), GH = gumóhéj minőség 1 durva, 5 nagyon szép), HSZ = 10 fő átlagos gumószáma, ÖBE = általános összebenyomás érték (1-5), MRS = minőségi sorrend, F/R = fonálféreg és burgonyarák rezisztencia (- rezisztens, + fogékony), T = termésmennyiség (t/ha), TRS = terméssorrend, NY = nyers gumóhús szürkülés (1 erősen szürkül, 5 nem szürkül), F = főzés utáni szürkülés (1 erősen szürkül, 5 nem szürkül), S = sütés utáni szín (1 erősen barnul, 5 egyáltalán nem barnul), Sz% = szárazanyag mennyisége, K% = keményítő mennyisége, SÉI = sérülési index, SZÜ = szürkületi index, Fr = fitoftóra rezisztencia (1 nagyon fogékony, 9 tünetmentes/rezisztens), H/H/A = héjszín, hússzín/gumóalak

Sérülési index számítása: 100 db gumó leejtése 1m magasról beton felületre, majd a gumók külsőleg látható sérüléseinek felvételezés és behelyettesítése a következő képletbe, ahol „A” az enyhe sérülést mutató gumók száma, „M” a közepes sérülést mutató gumók száma, „S” a súlyos sérülést mutató gumók száma.

$$SI = \frac{(A+2M+3S) \times 2}{6}$$

Szürkületi index számítása: Az ejtési vizsgálatból származó 100 db gumón, 24 óra múlva, meghámozás után látható gumóhússzürkület mértéke alapján történik a számítás a következő képlettel:

$$SZÜ = \frac{(\text{enyhe db} \times 3 + \text{súlyos db} \times 1) \times 100}{50} =$$

3.8. Rezisztenciagénekhez kapcsolt genetikai markerek bevonása a burgonyanemesítési programba

3.8.1. Ry_{sto} rezisztenciagénhez kapcsolt markerek alkalmazása szelekcióra

A dolgozatban közölt kísérleteket a *S. stoloniferum* eredetű Ry rezisztenciagén kimutatására Cernák és mtsai. (2008a) publikációjában közölt módszertan szerint végeztük. A White Lady x Pekaro család 56 egyedének vizsgálatát 2024-ben, míg a 10. Táblázatban felsorolt külföldi fajták és nemesítési vonalak jellemzését 2016-ban végeztük el.

10. Táblázat Ry_{sto} markerre tesztelt burgonya genotípusok

Vonal	Eredet	Vonal	Eredet
01.1395.01	Németország, U. Darsow	Lavina	Lengyelország
98.7804.01	Németország, U. Darsow	Marabel	Németország
94.7243.03	Németország, U. Darsow	Murato	Hollandia
FH97.029.02	Németország, U. Darsow	Sante	Hollandia
S438	USA, Wisconsin	Aladin	Hollandia
S440	USA, Wisconsin	Albatros	Németország
W1100	USA, Wisconsin	Mindenes	Régi magyar fajta
W231	USA, Wisconsin	Sárvári piroska	Sárpó Kft
Snowden	USA, Wisconsin	Sárvári rubinka	Sárpó Kft
Kastia	Régi magyar fajtajelölt	Sárvári rózsa	Sárpó Kft
Laura	Németország	Sárvári borostyán	Sárpó Kft

3.8.2. Rx1 és Rx2 rezisztenciagénhez kapcsolt markerek alkalmazása szelekcióra

A *S. tuberosum* ssp. *andigenum* és a *S. acaule* vad burgonyafajok PVX rezisztenciagénjeinek kimutatását Ahmadvand és mtsai. (2013, 2014b) cikkeiben publikált módszertan szerint végeztük 2024-ben. Vizsgálatainkba a White Lady (Rx2 gén hordozó) x Carlita (Rx1 gén hordozó) család 30 egyedét vontuk be.

3.9. Integrált Burgonyanemesítési Program kidolgozása

A program kidolgozása a már rutinszerűen alkalmazott és a program folyamatába újonnan integrálni kívánt nemesítési módszerek (saját fejlesztésűek és adaptáltak) egymásra épülésének, a nemesítési folyamat időrendjébe való beillesztésének, harmonizálásának lépéseit jelenti, párhuzamosan a genetikai bázis kiszélesítésével. A programba integrálandó módszertani

elemek a következők voltak: Heteroduplex szülőpartnerek alkalmazása, Szülőpartner és magoncállomány kiértékelési módszer alkalmazása, Molekuláris markerekre alapuló szelekció alkalmazása, Nemesítési vonalak komplex kiértékelési rendszerének alkalmazása (rezisztencia, teljesítmény és minőségvizsgálatok). A módszertani fejlesztésekkel párhuzamosan a program rezisztenciahátterét elsősorban külföldi szakmai kapcsolatok révén, nemesítési vonalak cseréjével és a keresztezési programba való bevonásával jelentősen kiszélesítettük (11. Táblázat).

11. Táblázat A nemesítésbe újonnan bevont vad burgonyafajok eredete

Faj	Mód	Forrás
<i>S. bulbocastanum</i>	Szomatikus hibridizáció	Wisconsin Egyetem, USA
<i>S. sparsiphyllum</i>	Hagyományos hibridizáció	Wisconsin Egyetem, USA
<i>S. tariense</i>	Hagyományos hibridizáció	Wisconsin Egyetem, USA
<i>S. gourlay</i>	Hagyományos hibridizáció	Wisconsin Egyetem, USA
<i>S. spectabilae</i>	Hagyományos hibridizáció	Wisconsin Egyetem, USA
<i>S. stoloniferum</i>	Hagyományos hibridizáció	Wisconsin Egyetem, USA
<i>S. etuberosum</i>	Szomatikus hibridizáció	Julius Kühn Institute, Németország
<i>S. commersonii</i>	Szomatikus hibridizáció	Julius Kühn Institute, Németország
<i>S. tarnii</i>	Szomatikus hibridizáció	Julius Kühn Institute, Németország

3.10. Fajtajelöltek („C”) klónok kórokozó mentesítése, teljesítménykísérletek beállítása egészséges vetőgumóval

Minden „C” klón nemesítési fázist elérő potenciális fajtaejöltből in vitro tenyészetet indítottunk. Ehhez előcsíráztatott gumók 0,5-1 cm-es hajtáscsúcsát felületileg fertőtlenítettük, majd a hajtásmerisztémát 1-2 mm-es méretben, steril körülmények között kimetszettük. A merisztémákat hormonmentes MS táptalajon (Murashige és Skoog, 1962) teljes növényé neveltük. A növényeket felszaporítottuk, majd 30 mg/l virazollal kiegészített MS táptalajon, kémcsövekben egyedileg nevelve kombinált hő és kemoterápiában részesítettük. Egy erre a célra átalakított mikrobiológiai termosztátszekrényben a növényeket 4 óránként változó ciklusokban sötétben 30 °C-on, majd fényben 35 °C-on inkubáltuk 4 héten keresztül. Ezt követően a növényekből levélpréshnedv kinyerése után 6 vírusra nézve vírusdiagnosztikát végeztünk (PVA, PVM, PVS, PVX, PVY, PLRV, Loewe Biochemica GmbH., kitt, Németország). Az esetlegesen még fertőzött növényekkel a kombinált hő és kemoterápiás

kezelést megismételtük. Az igazoltan kórokozó mentes növényeket in vitro felszaporítottuk, az előállított palántákat izolált növénynevelő házakba ültettük, ahol előállítottuk az első és második gumógenerációt. A későbbiekben a második gumógenerációval újból beállítottuk a szántóföldi négyismétléses „D” klón, fajtajelölt kísérletet (II. „D” klón kísérlet).

4. EREDMÉNYEK

4.1. Komplex szülőpartner és keresztezési kombináció kiértékelő módszer kifejlesztése és alkalmazása

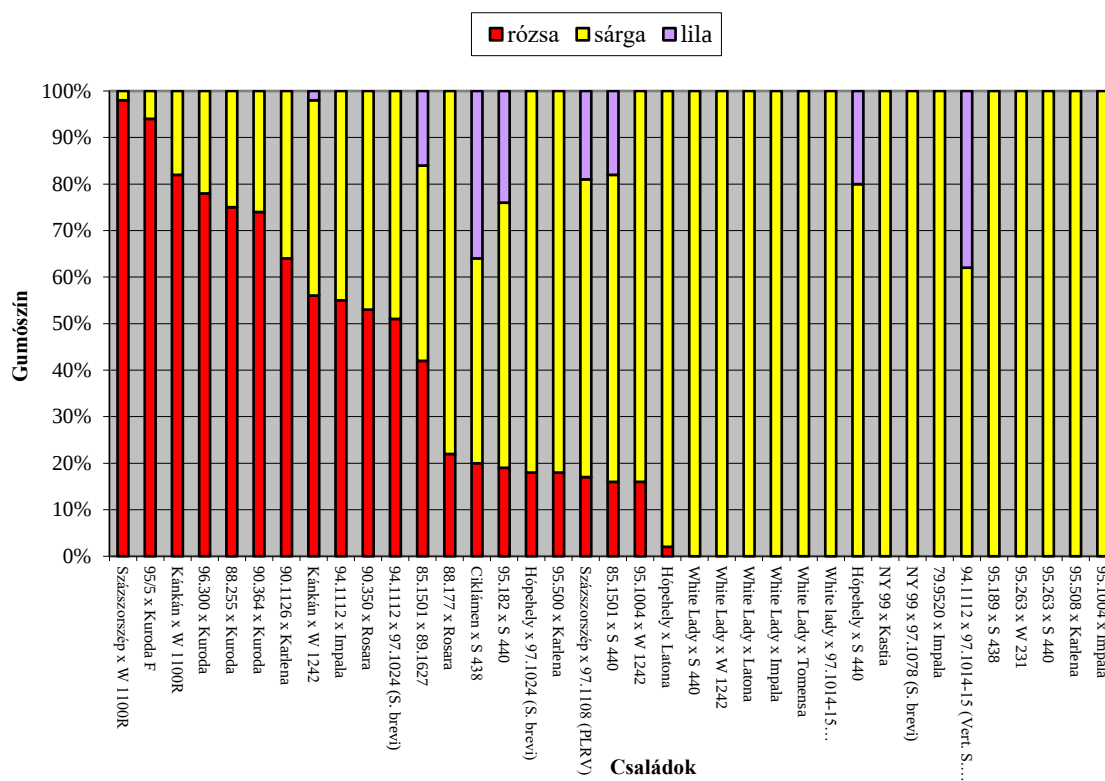
Saját munkánk során egy olyan komplex szülőpartner, illetve keresztezési kombináció kiértékelési módszert fejlesztettünk ki, **egyedi szempontrendszer alapján**, mely lehetővé teszi a vizsgált vonalak, illetve családok nemesítési értékének meghatározását kisszámú utódok kiértékelése alapján. Ehhez konkrétan a 2000-es évtől kezdődően évente 30-58 keresztezési kombinációban állítottunk elő F1 populációkat, rendszerint több ezres magszámmal (5. Kép). A keresztezések mindegyikében az anyavonal valamely saját nemesítési vonalunk (általában hímsterilek), vagy fajtánk (hímsterilek) volt. Az apavonal az esetek többségében valamely külföldi fajta, vagy hímfertilis saját nemesítési vonalunk volt. A keresztezést követő években a családokat az Anyag és Módszer fejezetben részletezett kritériumrendszer szerint elbíráltuk. Példaként a 8-13. Ábrákon mutatjuk be az egyes felvételezett adatok vizualizált eredményeit a 2001-es évből. Az adott évi eredmények alapján a következő évben az első 10-12 legmagasabb relatív nemesítési pontértéket kapott családból végeztünk el nagyobb számú magvetést, 500-2000 maggal, és állítottunk elő belőlük magoncokat. A magoncok legnagyobb gumói kerültek ki a következő évben a szántóföldi tenyészkertbe „A” klón tesztre.

5. Kép Keresztezési kombinációk egyedeinek gumómorfológiája*

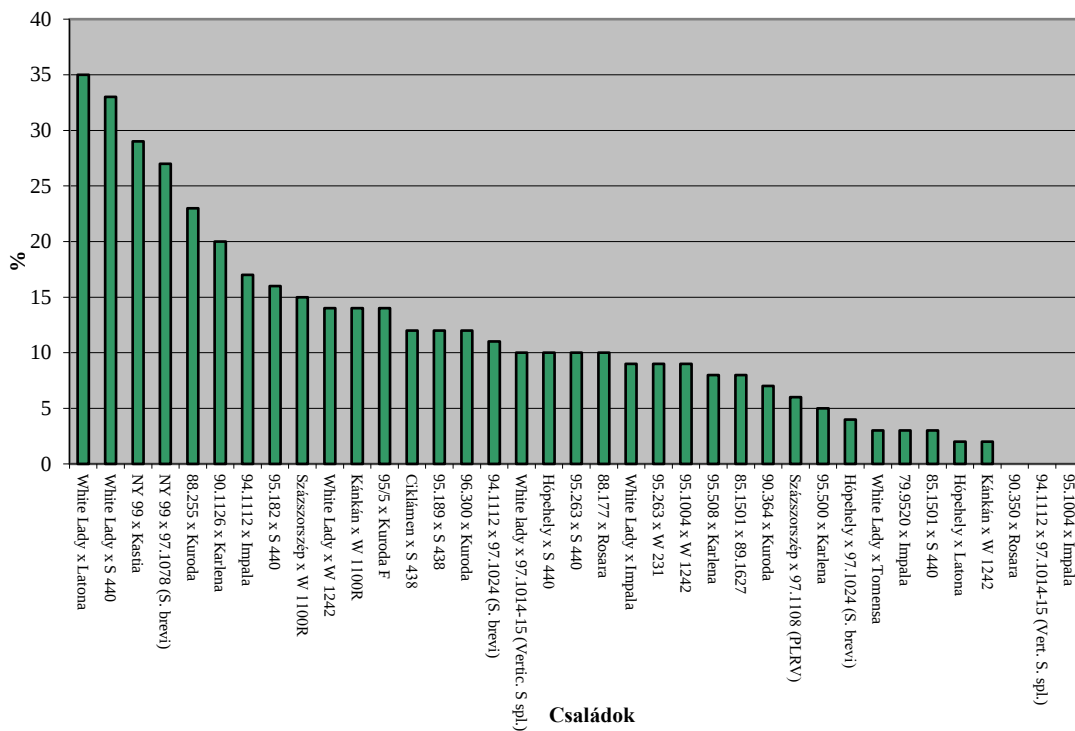


*Saját képek

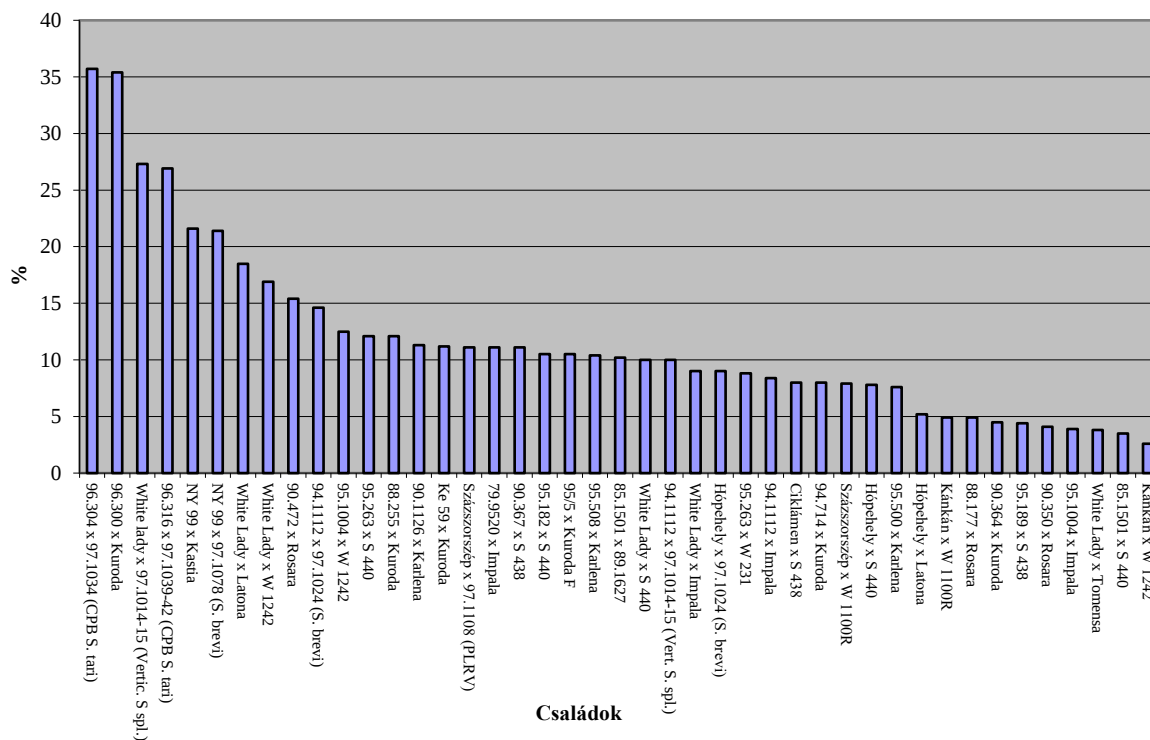
8. Ábra Keresztezési kombinációk egyedeinek gumóhéjszín szerinti megoszlása



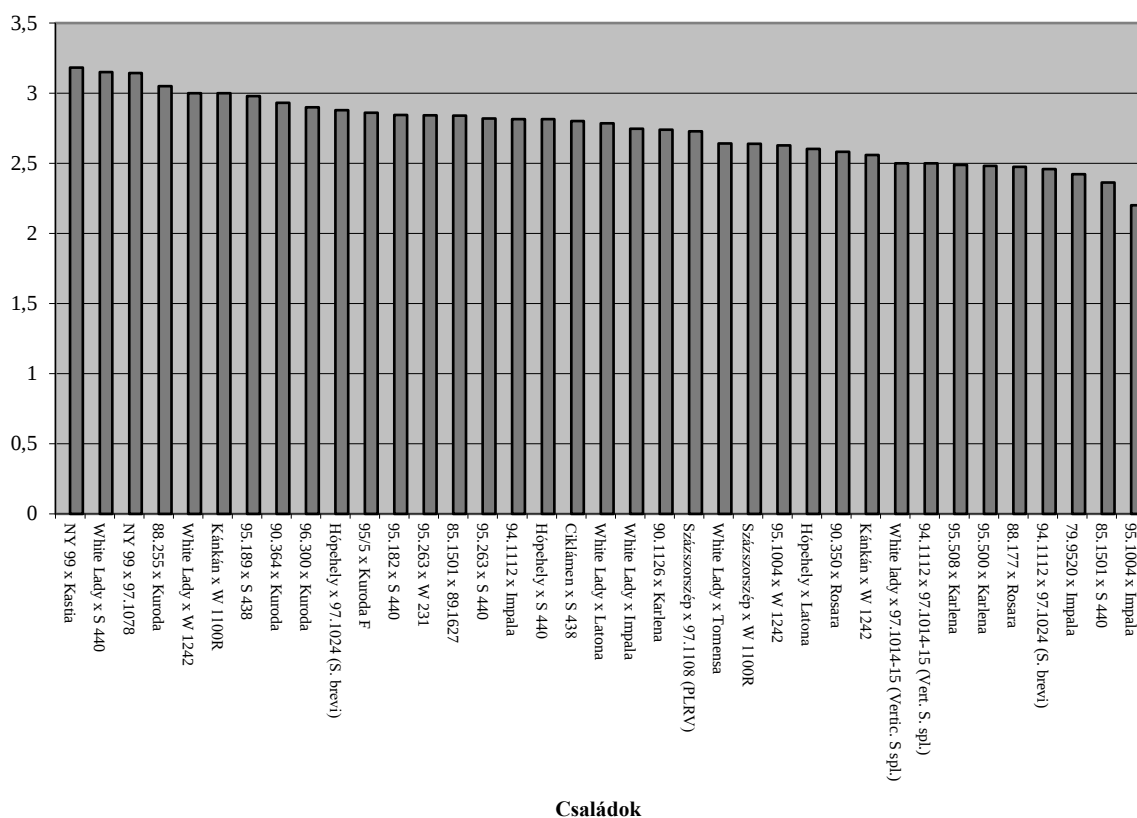
9. Ábra Keresztezési kombinációk egyedeinek megoszlás a legjobb összbenyomás értéket kapott vonalak aránya alapján



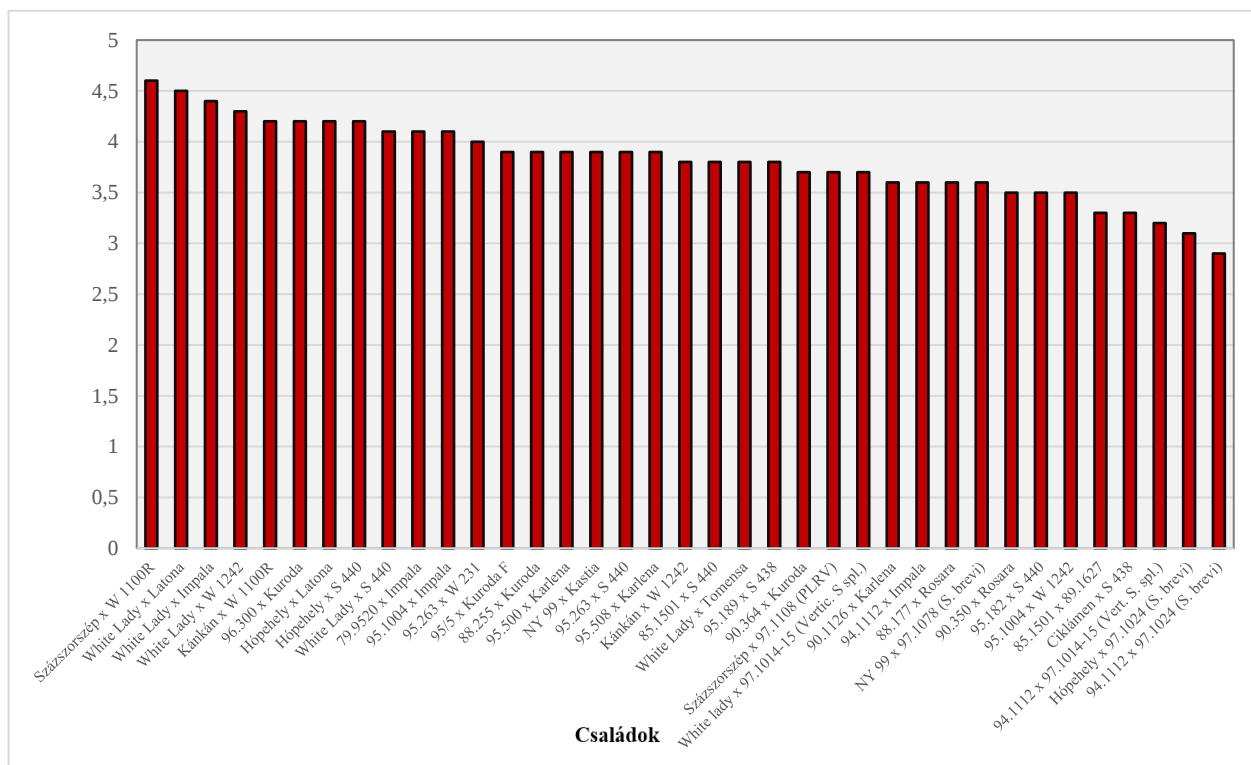
10. Ábra Keresztezési kombinációk „A” klónnak tovább vitt egyedeinek aránya



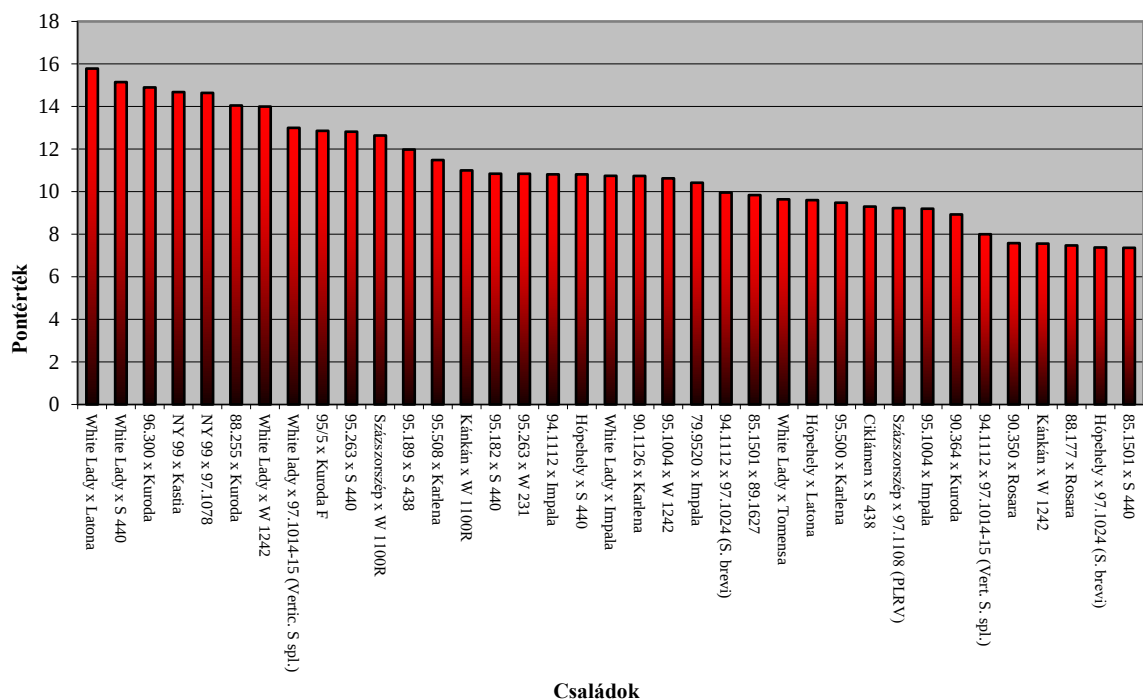
11. Ábra Keresztezési kombinációk egyedeinek átlagos összbenyomás értéke



12. Ábra Keresztezési kombinációk egyedeinek átlagos gumószám értéke



13. Ábra Keresztezési kombinációk kombinált, relatív nemesítési értéke



4.2. Burgonya Y vírus (PVY) rezisztenciagént heteroduplex formában hordozó szülőpartnerek előállítása

Kísérleteinkben olyan szülőpartnereket kereszteztünk egymással, amelyek eltérő fajból származóan hordozták a PVY extrém rezisztencia gént. Az utódokat végigvittük a nemesítési program első lépcsőin (magonc, anyató, „A” klón), ahol a morfológiai és agronómiai bélyegek, a PVY és egyéb rezisztencia tulajdonságok megléte alapján kiválogattuk azokat a vonalakat, amelyeknél elvégeztük a PVY rezisztenciagén kópiaszám meghatározását. Ehhez a potenciálisan duplex és triplex vonalakkal teszt keresztezéseket végeztünk, nulliplex apákkal való bekeresztéssel. A kapott utódokat üvegházi körülmények között, mechanikai fertőzéssel megfertőztük a PVY D10-es izolátumával, majd DAS-ELISA vizsgálattal, 4 héttel a fertőzés után meghatároztuk a fogékony és rezisztens utódok arányát. A kapott hasadási arányok várt elméleti hasadási arányokhoz való megfelelőségét χ^2 statisztikai próbával ellenőriztük. A kapott eredményeket a 12. Táblázatban foglaljuk össze.

Eredményeink alapján 12 olyan vonalat azonosítottunk, amelyekben az Ry gén két kópiában van jelen. Olyan genotípust azonban, amely három rezisztenciagénnel rendelkezett volna nem sikerült találnunk. A 89.243, 90.315 és 90.364 vonalakban a *S. stoloniferum* és a *S. hougasii* eredetű Ry gént, míg a 96.322 és a 99.384 vonalakban a *S. stoloniferum* eredetű és a *S. tuberosum subsp. andigenum* eredetű géneket sikerült kombinálni. A 96.330 vonal esetében a gének a *S. stoloniferum* és a *S. cahcoense* fajból származnak. Így ezeket a vonalakat

heteromultiplex vonalként azonosítottuk az Ry rezisztenciagénre nézve. Két vizsgált esetben (94.1111, 94.1112) mindkét allél az öntermékenyítés hatására a *S. tuberosum subsp. andigenum* fajból származik, tehát homoduplex vonalak. Pedigree adatok alapján öt vonal esetében (96.345, 97.607, 99.384, 98.433, 97.559) a két rezisztenciagén a nemesítés során felhasznált három faj bármely kombinációjából származhat (*S. stoloniferum*, *S. hougasii* és *S. tuberosum subsp. andigenum*).

12. Táblázat A vizsgált szülői vonalak tesztkeresztezéséből származó utódok PVY-al szembeni reakciója

Vizsgált szülői vonal	Genetikai háttér [†]	Tesztelő apai partner	Vizsgált egyedek száma (db.)	Egészséges egyedek (db.)	Fertőzött egyedek (db.)	Fertőzött egyedek (%)	Chi ²
89.243	S. sto. x S. hou	Hermes	130	117	13	10,00	4,16
		Colette	78	66	12	15,40	0,092*
		Miriam	67	53	14	20,90	0,863*
Összesen			275	236	39	14,20	1,223*
90.315	S. sto x S. hou	Colette	129	114	15	11,60	2,358*
		Miriam	96	73	23	24,10	3,675*
Összesen			225	187	38	16,90	0,008*
90.350	S. sto x S. hou	Hermes	62	35	27	43,50	1,032**
90.364	S. sto x S. hou	Colette	89	77	12	13,50	0,649*
94.1111	S. adg x S. adg	Miriam	49	36	13	26,50	3,433*
94.1112	S. adg x S. adg	Miriam	83	71	12	14,50	0,292*
96.322	S. sto x S. adg	Colette	13	11	2	15,40	0,015*
		Hermes	55	46	9	16,40	0,004*
Összesen			68	57	11	16,20	0,012*
96.324	S. sto x S. adg	Colette	112	103	9	8,00	6,01
96.330	S. sto x S. chc	Colette	108	86	22	20,40	1,067*

12. Táblázat Folytatás

96.332	(S. sto x S. hou) x S. adg	Hermes	57	30	27	47,40	0,158**
96.340	(S. sto x S. hou) x S. adg	Colette	83	59	24	28,90	14,76
96.345	(S. sto x S. hou) x S. adg	Hermes	59	47	12	20,30	0,573*
96.366	S. sto x S. hou	Hermes	62	40	22	35,50	15,81
97.607	(S. sto x S. hou) x S. adg	Colette	88	43	45	51,10	0,045**
99.373	(S. sto x S. hou) x S. adg	S440	246	212	34	13,82	5,08*
99.384	S. sto x S. adg	S440	241	192	49	20,33	3.47*
98.433	(S. sto x S. hou) x S. adg	S440	200	157	43	21,5	1,19*
96.353	(S. sto x S. hou) x S. adg	S440	200	129	71	35,5	5.55
97.560	(S. sto x S. hou) x S. hou	S440	200	127	73	36,5	6.60
97.559	S. sto x S. hou x S. hou	S440	200	109	91	45,5	0.76**
97.557	S. sto x S. hou x S. hou	S440	200	136	64	32	17.78

† S. sto = *Solanum stoloniferum*, S. chc = *Solanum chacoense*, S. adg = *Solanum tuberosum*, ssp. *andigenum*, S. hou = *Solanum hougasii*

* nem különbözik szignifikánsan az 5:1, rezisztens : fogékony hasadási aránytól, p 0,05 = 3,84

** nem különbözik szignifikánsan az 1:1, rezisztens : fogékony hasadási aránytól, p 0,05 = 3,84

4.3. Nemesítési vonalak értékmérő tulajdonságainak meghatározása

4.3.1. Burgonya Y és X vírus rezisztencia vizsgálatok

A két vírussal szembeni rezisztenciát elsődlegesen szántóföldön értékeltük természetes fertőzés hatására kialakuló tünetek alapján, Anyató, „A, B és C” klón fázisban. Kizárólag a tünetmentes vonalakat vittük tovább a nemesítési folyamat következő fázisába. A szántóföldön rezisztensnek mutakozó fajtajelölteket, később fajtákat, üvegházban előbb mechanikai fertőzés alapján, majd kertészeti oltáson alapuló módszerrel is jellemeztük. E két vizsgálat alapján kapott eredményeinket a 13. Táblázatban foglaljuk össze.

13. Táblázat Burgonyafajták PVY és PVX rezisztenciavizsgálatának eredménye

Név	Azonosító	PVY			PVX		
		Mechanikai fertőzés	Kertészeti oltás	Rezisztencia	Mechanikai fertőzés	Kertészeti oltás	Rezisztencia
Arany Chipke	00.326	tünetmentes	tünetmentes	9	tünetmentes	tünetmentes	9
Balatoni rózsa	98.321	tünetmentes	tünetmentes	9	tünetmentes	tünetmentes	9
Balatoni sárga	09.688	tünetmentes	tünetmentes	9	tünetes	tünetes	-
Basa	02.173	tünetmentes	tünetmentes	9	tünetes	tünetes	-
Botond	06.325	tünetmentes	tünetmentes	9	tünetes	tünetes	-
Démon	98.635	tünetmentes	tünetmentes	9	tünetes	tünetes	-
Katica	98.455	tünetmentes	tünetmentes	9	tünetes	tünetes	-
Lorett	88.177	tünetmentes	tünetmentes	9	tünetmentes	tünetmentes	9
Luca XL	88.175	tünetmentes	tünetmentes	9	tünetmentes	tünetmentes	9
Vénusz Gold	92.860	tünetmentes	tünetmentes	9	tünetes	tünetes	-
Tomaj fj.	10.437	tünetmentes	tünetmentes	9	tünetmentes	tünetmentes	9

A 6. Kép mechanikai fertőzéssel végzett kísérletben mutatja a PVY fertőzés tünetének kialakulását fogékony egyeden.

6. Kép PVY fertőzés tünete mechanikai fertőzést követően



4.3.2. Fitoftóra rezisztencia vizsgálata

4.3.2.1. Fajták, fajtajelöltek rezisztenciájának vizsgálata szántóföldi provokációs kísérletben

A természetes úton való fertőződés mértékének, illetve a rezisztenciának a meghatározására fertőzősoros technikát alkalmaztunk (7. Kép).

7. Kép Szántóföldi fitoftóra rezisztencia vizsgálata öntözött körülmények között*



*Saját kép

Wolf István felvétele

Kettőezernyolc és kettőezerhuszonnég között két évet kivéve (2019-2020) minden vizsgálati évben állítottunk be kísérletet. Példaként a 2024 évi kísérlet eredményeit mutatjuk be a 14. Táblázatban. A közepes rezisztenciánál magasabb, 6-7-es értéket elérő vonalakat a háttérszín kiemelésével jeleztük. Ebben az évben négy nemesítési vonal kapott magas rezisztenciát jelentő 7-es osztályzatot.

14. Táblázat Szabadföldi provokációs fitoftóra teszt eredményei, a rezisztens vonalak kiemelésével.

Vonal	Szülők	Időpont					AUDPC	rAUDPC	Rezisztencia szint
		07.22.	07.29.	08.05.	08.12.	08.22.			
14.21		0,73	6,33	12,67	43,33	70,00	211,39	0,798	2
B. sárga (09.688)	01.515 x Viktoria	0,50	2,67	5,67	15,00	35,00	46,695	0,176	6
Tomaj fj (10.437)	Rioja x Rosita	0,27	1,37	3,17	8,00	16,67	45,065	0,17	6
19.131		1,00	3,00	7,67	18,33	33,33	77,49	0,292	4
19.113		0,13	1,50	3,33	11,00	16,67	51,965	0,196	5
20.02		0,10	0,83	3,00	16,67	26,67	77,19	0,291	4
20.27		0,20	0,73	2,33	11,67	33,33	76,595	0,289	4
21.25	White Lady x Pannonia	0,10	0,83	1,50	5,00	18,33	39,925	0,151	6
WLxMira2		0,37	3,00	6,00	11,67	28,33	75,205	0,284	5
WLxMira3		0,04	0,23	0,37	4,33	13,33	29,295	0,111	7
WLxMira4		0,01	0,10	0,37	2,67	10,00	19,005	0,072	7
VénuszxMira1		0,10	0,83	2,67	11,00	26,67	56,505	0,213	6
VénuszxMira2		0,40	1,00	3,33	10,33	46,67	80,395	0,303	5
VénuszxMira3		0,10	1,50	3,33	11,67	21,67	50,01	0,189	7
98.247x98.7804.01	WL x Kastia x Darsow	0,03	0,23	0,37	2,00	11,67	22,135	0,167	7
Alpha		0,10	1,67	4,33	15,00	30,00	80,6	0,304	5
21.46		13,33	20,00	43,33	76,67	100,00	265,005	1	1
21.168	White Lady x Mira	0,37	0,83	2,00	7,67	28,33	61,035	0,23	6
21.228	White Lady x 97.1011	0,40	2,00	3,67	11,67	25,00	66,91	0,252	6
21.236		4,33	8,00	13,33	36,67	80,00	219	0,826	2
22.191		0,53	1,83	4,00	26,67	63,33	154,695	0,584	3
22.122		1,00	4,67	8,00	16,67	70,00	130,005	0,49	3
22.220	151 x 01.739	0,40	1,67	2,67	8,33	18,33	48,895	0,184	7
22.272	Vénusz x Mira	0,23	1,17	2,67	8,33	31,67	68,235	0,257	6
Bintje		0,37	1,17	9,67	18,33	38,33	105,395	0,4	3
Eerstling		0,37	3,67	7,00	56,67	81,67	246,86	0,931	2
Escort		0,01	1,50	3,00	7,67	18,33	47,345	0,179	6
Glória		2,67	6,67	16,00	50,00	88,33	257,835	0,973	2
Mira		0,10	1,07	2,67	7,67	13,33	34,005	0,128	8
Robijn		0,03	1,17	2,00	9,33	15,00	44,36	0,167	7
WL		0,03	0,57	1,67	6,67	26,67	58,6	0,221	7
WLxMira1		0,23	1,67	3,67	6,33	20,00	48,23	0,182	6
Vénusz		0,10	0,67	2,33	6,67	31,67	63,945	0,241	7
SzD5%		0,912	2,48	5,87	15,16	11,33			

A vizsgálati évek során számos szülőpartner fitoftóra fertőzéssel szembeni rezisztenciáját határoztuk meg. Közülük egyesek korábbi vizsgálataink során a PVY rezisztenciagénre mono, vagy heteroduplex státuszúak voltak. A szántóföldi provokációs tesztekben összességében fitoftóra rezisztensként (7-8-as érték) azonosított szülő partnereket a 15. Táblázat tartalmazza.

15. Táblázat Szabadföldi tesztek alapján fitoftóra rezisztensként azonosított szülőpartnerek

Szülőpartner*	Szülők
90.364 YD FR	Bakonyi sárga x 84.2367
98.247 FR	White Lady x Kastia
98.112 FR	Kastia x Concurrent
97.1085 FR	F 79 x Kastia
97.1011 FR	W1189 x 40062
96.367 YD FR	86.143 x Kastia
00.182 FR	89.900 x Kastia
01.626 FR	J138 A12 x C-75-5-297
02.08 FR	White Lady x CEX
02.350 FR	Lavina x Kastia
03.108 FR	White Lady x 97.263
03.109 FR	White Lady x 97.263
03.82 FR	White Lady x 97.263
06.254 FR	White Lady x 85.6000/2
07.515 FR	White Lady x DW

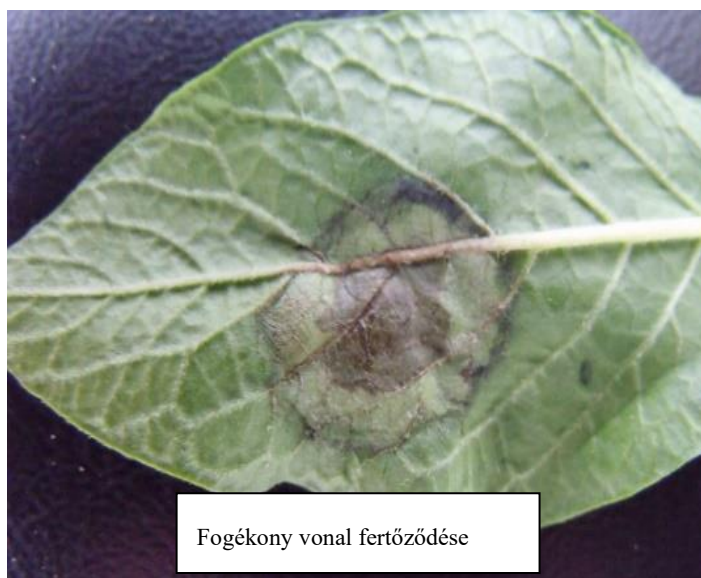
*YD = PVY heteroduplex szülő

FR = Fitoftóra rezisztens (7-es értékű) szülő

4.3.2.2. Leválasztott levél teszt kísérleti eredmények (2002-2016)

A lombrezisztencia típusának és mértékének meghatározására egyes szülőpartnerek esetében a szántóföldi tesztnél kontrolálhatóbb laboratóriumi körülmények között végzett, leválasztott levél technikát alkalmaztunk (8.Kép). A 14 év alatt elvégzett kísérletsorozat összesített adatait a 16. Táblázatban mutatjuk be.

8. Kép Leválasztott levél technika alkalmazása fitoftóra lomb rezisztencia vizsgálatára*



*Saját felvételek

16. Táblázat Burgonya szülőpartnerek fitoftóra izolátumokkal szembeni viselkedése leválasztott levél tesztben*

Szülőpartner	Izolátum	Fenotípus	AUDPC érték	rAUDPC érték
FH 97.021.02	White Lady	horizontális rezisztencia	17,5	0,35
	Vénusz	nem fertőzi, magas horizontális rezisztencia	-	-
J101K23 (<i>S. bulbocastanum</i>)	White Lady	nem fertőzi, extrém rezisztencia	-	-
	Vénusz	nem fertőzi, extrém rezisztencia	-	-
7/1 (<i>S. tarnii</i>)	White Lady	horizontális rezisztencia	8	0,16
	Vénusz	horizontális rezisztencia	18,2	0,22
7/27 (<i>S. tarnii</i>)	White Lady	horizontális rezisztencia	10,25	0,21
	Vénusz	horizontális rezisztencia	9,35	0,11
01.739	White Lady	mérsékelt horizontális rezisztencia	19,9	0,41
	Vénusz	mérsékelt horizontális rezisztencia	40,15	0,49
151 (<i>S. commersonii</i>)	White Lady	mérsékelt horizontális rezisztencia	23,5	0,48
	Vénusz	mérsékelt horizontális rezisztencia	24,8	0,3
Cmm16 (<i>S. commersonii</i>)	White Lady	mérsékelt horizontális rezisztencia	16,91	0,35
	Vénusz	mérsékelt horizontális rezisztencia	39,1	0,47
01.1395.01	White Lady	mérsékelt horizontális rezisztencia	16,3	0,33
	Vénusz	fogékony	60,15	0,73
139 (<i>S. commersonii</i>)	White Lady	fogékony	31,4	0,64
	Vénusz	fogékony	53,35	0,65
152 (<i>S. commersonii</i>)	White Lady	nagyon fogékony	48,75	1
	Vénusz	fogékony	48,15	0,58
97.1011	White Lady	mérsékelt horizontális rezisztencia	23,15	0,47
	Vénusz	fogékony	45,24	0,55
97.1085	White Lady	fogékony	30,25	0,62
	Vénusz	fogékony	62,25	0,75
01.626 (<i>S. bulbocastanum</i>)	White Lady	nem fertőzi, extrém rezisztencia	-	-
	Vénusz	magas horizontális rezisztencia	10,5	0,13
94.72.43.03	White Lady	nem fertőzi, magas horizontális rezisztencia	-	-
	Vénusz	nem fertőzi, magas horizontális rezisztencia	-	-
Sarpo Mira	White Lady	nem fertőzi, extrém rezisztencia	-	-
	Vénusz	nem fertőzi, extrém rezisztencia	-	-
01.217	White Lady	közepes horizontális rezisztencia	19,55	0,4
	Vénusz	mérsékelt horizontális rezisztencia	46,8	0,57

* White Lady izolátum, rasszkarakter: 1,2,3,4,6,7,10,11

* Vénusz izolátum, rasszkarakter: 1,2,3,4,5,6,7,10,11

* A sötétebb kiemelés jelenti a magasabb fokú rezisztenciát.

4.3.2.3. Üvegházi, egésznövény teszt kísérleti eredmények (2008-2022)

Annak érdekében, hogy a fitoftóra fertőzésével szemben minél szélesebb körű, magas szintű rezisztenciával rendelkező utódokat kapjunk számos keresztezési kombinációban állítottunk

elő családokat. Ehhez olyan szülőpartnereket választottunk, amelyek vagy korábbi eredményeink, vagy pedigree adatok alapján különböző eredetű és hatékonyságú fitoftóra rezisztencia géneket („R” és „r” gének) hordoznak, ill. hordozhatnak. A vizsgálati évek alatt összesen 47 család (32 szülőpartner) 1754 egyedét vizsgáltuk le üvegházi teljes növény tesztben. A kapott eredményeket a 17. Táblázatban mutatjuk be. A teljes populációra nézve a rezisztens:fogékony egyedek aránya 19:81 volt. Hat olyan családot azonosítottunk (a táblázatban kiemelve) ahol a rezisztens utódok aránya meghaladta a 40 %-ot. A legtöbb rezisztens utódot a vizsgált 22 egyedből 18-at (82%), 4-ből 3-at (75%), illetve 37-ből 18-at (49%) az FH97.021.02 x 01.217, a 01.635 x J101K23 és 02.08 x 01.1395.01 családok esetében kaptuk. Több olyan keresztezési kombinációt is azonosítottunk, ahol a felhasznált WL izolátummal szemben egyetlen rezisztens utódot sem azonosítottunk.

17. Táblázat Fitoftóra rezisztencianemesítési családok jellemzése üvegházi teljes növény tesztben, két különböző fitoftóra izolátummal szemben*

	Anya		Apa	Rezisztens	Fogékony	R/F %	n
Vénusz izolátum	01.217	x	FH 97.021.02	21	5	18/82	26
	White Lady			54	72	43/57	126
	01.739	x	FH 97.029.02	2	54	4/96	56
	98.247			7	25	22/78	32
	97.1011			1	35	3/97	36
	White Lady			4	13	24/76	17
WL izolátum	01.739	x	FH 97.029.02	0	3	0/100	3
	98.247			0	3	0/101	4
	97.1011			0	1	0/100	1
	White Lady			0	3	0/100	3
Vénusz izolátum	01.635	x	J101K23 (<i>S. bulbo.</i>)	3	1	75/25	4
	07.116			1	9	10/90	10
WL izolátum	07.116		94.822	1	1	50/50	1
WL izolátum	97.1011	x	7/1 (<i>S. tarnii</i> BC2)	0	11	0/100	11
WL izolátum	01.739	x	7/27 (<i>S. tarnii</i> BC2)	22	26	60/40	54
	97.1011			7	22	25/75	29
WL izolátum	01.739	x	151 (<i>S. commersonii</i>)	2	18	20/80	20
	01.1395.01			10	135	7/93	145

* Rezisztenciát legmagasabb hatékonysággal örökítő családok kiemelve

17. Táblázat Fitoftóra rezisztencianemesítési családok jellemzése üvegházi teljes növény tesztben, két különböző fitoftóra izolátummal szemben (folytatás)

WL izolátum	01.626	x	Cmm 16 (<i>S. commersonii</i>)	0	11	0/100	11
WL izolátum	02.08	x	01.1395.01	18	19	49/51	37
	Kastia			3	21	12/88	24
WL izolátum	01.739	x	139 (<i>S. commersonii</i>)	0	15	0/100	15
	97.1011			10	55	15/85	65
WL izolátum	01.626	x	152 (<i>S. commersonii</i>)	3	33	8/92	36
	00.483	x	97.1011	5	31	14/86	36
	17			1	19	5/95	22
	139			10	55	15/85	65
	151			12	46	21/79	58
	Cmm16			6	104	5/95	110
	7/27			4	25	24/76	29
	03.82			0	36	0/100	36
	FH97.029.02			1	35	3/97	36
	02.08			0	20	0/100	20
	90.364			5	6	45/55	11
WL izolátum	2	x	97.1085	4	24	14/86	28
WL izolátum	Cmm16	x	01.626	0	26	0/100	26
	152			3	33	8/92	36
	96.330			6	100	6/94	106
WL izolátum	98.148	x	94.72.43.03	8	18	28/72	26
	White Lady			18	126	13/87	144
	White Lady	x	Sarpo Mira	49	65	43/57	114
	Vénusz			2	20	9/91	23
	FH97.021.02	x	01.217	18	4	82/18	22
Összesen:				332	1413	19/81	1754

* Rezisztenciát legmagasabb hatékonysággal örökítő családok kiemelve

4.3.3. Burgonyarák és fonálféreg rezisztencia vizsgálata

A program utóbbi több, mint 20 éve alatt minden évben az aktuális „C” klónok és egyes szülőpartnerek rezisztenciavizsgálatát (évi 25-50 vonal) megrendeltük egy olyan lengyelországi társ kutatóintézettől, amely rendelkezik karantén laboratóriummal. A kapott eredményeket felhasználtuk a fajtajelöltek végső értékének meghatározásakor, illetve a szülőpartner-kombinációk kiválasztásakor.

Példaként a 2014 évi fonálféreg (*G. rostochiensis*) és burgonyarák (*S. endobioticum*) rezisztencia vizsgálati kísérleti eredményeket mutatjuk be a 9. Képen.

9. Kép Nemesítési vonalak burgonya fonálféreg és burgonyarák rezisztencia vizsgálati eredményei



Radzików, 2014-06-24

Zakład Fitopatologii
Pracownia Organizmów Kwarantannowych
PL 05-870 Błonie, Radzików
e-mail: a.przetakiewicz@ihar.edu.pl
tel. +(48 22) 733 46 25
fax +(48 22) 725 47 14

OFFICIAL RECORD OF ACCEPTING AN INVESTIGATION WORK

Report from realization the work was accepted 24.06.2014.....

Title of the work:

Laboratory assessment of the resistance of cultivars and breeding materials of potato to *Globodera rostochiensis* (Wollenweber) and *Globodera pallida* (Stone).

Ordered for the realization by:

University of Pannonia
8200 Veszprém
Egyetem u.10., Hungary

Performed by:

Plant Breeding and Acclimatization Institute-National Research Institute
Department of Plant Pathology
Laboratory of Quarantine Organisms
05-870 Błonie
Poland

Based on contract: N° 2/PANNONIA/ZF-2/11 from the date: 26.05.2011

Thirty six lines of potato were assessed to pathotype Ro1 of *Globodera rostochiensis* resistance in biological tests according to UE protocol PM3/68.

Results are presented in table:

No	Line	Score
1	95.392	9
2	95.445	9
3	97.377	1
4	00.182	9
5	01.213	9
6	02.222	1
7	03.43	2
8	03.170	2
9	07.179	1
10	07.227	9
11	07.258	9
12	07.259	1
13	08.38	9
14	09.76	2
15	09.294	9
16	09.296	9
17	09.328	9
18	10.07	9
19	10.47	9

No	Line	Score
20	10.60	9
21	10.114	9
22	10.136	9
23	10.162	1
24	10.164	9
25	10.165	9
26	10.175	9
27	10.316	1
28	10.437	9
29	10.456	9
30	10.475	lack
31	11.214	9
32	11.247	9
33	12.207	1
34	Agila	9
35	Gala	9
36	Mindenes	9
37	Vitesse	9

Undertake side

Delivery side

.....
name and surname - official position

.....
name and surname - official position
INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
Zakład Fitopatologii
Pracownia Organizmów Kwarantannowych
Radzików, 05-870 Błonie
tel. (22) 733 46 25, fax (22) 725 47 14



INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
PLANT BREEDING AND ACCLIMATIZATION INSTITUTE
NATIONAL RESEARCH INSTITUTE
tel. centrala: +(4822)7334500, fax: +(4822)7254734, e-mail: postbox@ihar.edu.pl
http://www.ihar.edu.pl, REGON 000079480, NIP 529-000-70-29, KRS 0000074008
Nr konta: PEKAO I/O Błonie, 54 1240 2164 1111 0000 3561 7204

POK/07/07/14
Radzików, 02-07-2014

Department of Plant Pathology
Laboratory of Quarantine Organisms
PL 05-870 Błonie, Radzików
e-mail: j.przetakiewicz@ihar.edu.pl
tel. +(48 22) 733 46 25
fax +(48 22) 731 47 14

OFFICIAL RECORD OF ACCEPTING AN INVESTIGATION WORK

Report from realization the work was accepted 02-07-2014
date

Title of the work:

Laboratory assessment of the resistance of cultivars and breeding materials of potato to *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.

Ordered for the realization by:

University of Pannonia,
8200 Veszprém,
Egyetem u. 10.
Hungary

Performed by:

Plant Breeding and Acclimatization Institute
Department of Plant Pathology
Laboratory of Quarantine Organisms
05-870 Błonie
Poland

Based on contract: N° 1/Pannonia/ZF-1/11 from the date: 26-05-2011

On the base of paper from 21-05-2013, IHAR-PIB obtained 37 lines of potato (5 tubers/line): All of them were assessed to pathotype: 1(D1) of *S. endobioticum* Using Glynn-Lemmerzhala method. The results are presented in table 1.

Table 1. Laboratory assessment of potato lines to pathotype 1(D1) of *Synchytrium endobioticum*.

No	Line	Roten eye pieces	No reaction	Laboratory assessment					Total	Remarks
				Resistant			Susceptible			
				1	2	3	4	5		
1						3	2		5	S1
2						2	3		5	R2
3							5		5	R2
4					4	1			5	R1
5					1	4			5	R1
6								2	3	S2
7					2	3			5	R1
8					3	2			5	R1
9					1	4			5	R1
10						1	2	2	5	S1
11								3	2	S2
12								5		S1
13						3	2		5	S1
14						2	3		5	S1
15								5		S1
16							5		5	R2
17							5		5	R2
18								5		S1
19									5	S2
20								5		S1
21					1		4		5	R2
22								5		S1
23		1					1	2	1	S2
24					2	1	2			R2
25								5		S1
26						1	3		5	S1
27					3	2			5	R1
28								2	3	S2
29					1	4			5	R1
30							5		5	R2
31							1	4	5	S1
32					2	1	2		5	R2
33									5	S2
34								3	2	S2
35					4	1			5	R1
36						3	2		5	R2
37					2	1	1		5	S1
TOTAL		1	0	26	31	49	57	21	185	

Ebben a vizsgálati évben 37 db. nemesítési vonal (fajták, fajtajelöltek, szülőpartnerek) vizsgálatát végeztettük el. A fonálféreg vizsgálat esetén immunis/fogékony, illetve 9/1

formában kaptuk meg a kísérletek eredményét. A burgonyarák esetében az eredmények alapján a vizsgált vonalak két rezisztens (R1 és R2), illetve 2 fogékonysági kategóriába sorolódtak (S1, S2). A nemesítési vonalak/szülőpartnerek közül 22 vonal mutatott teljes rezisztenciát (immunitást) a *G. rostochiensis* fertőzésével szemben. A burgonyarák (*S. endobioticum*) esetében tizenöt rezisztens vonalat sikerült azonosítani. Ebben az évben 5 olyan szülőpartnert azonosítottunk (95.445, 00.182, 01.213, Gála és Mindenes fajták), illetve hat olyan fajtajelöltet (09.296, 09.328, 10.114, 10.164, 10.456, 11.247), melyek mindkét rezisztenciát hordozzák.

4.3.4. „A” és „B” klónok minőségvizsgálata

Az „A” és „B” klón nemesítési stádiumban lévő vonalak étkezési minőségének meghatározását a program működése alatt minden évben az Anyag és Módszerek fejezetben leírtak szerint végeztük el. A kapott eredmények bemutatására példaként a 2014-es év adatait tüntetjük fel a 18-19. Táblázatban. Az étkezési (konyhatechnológiai) minőségvizsgálatot kizárólag azon klónok esetében végeztük el, amelyek a betakarítással egy menetben végzett szántóföldi bírálat alapján potenciálisan megfeleltek arra, hogy a következő nemesítési stádiumba léphessenek (évközbeli kétszeri lombbírálat, betakarításkori összebenyomás, termésmennyiség alapján). Ebben az évben a vizsgált 62 „A” klón mintegy felét, összesen 34 vonalat választottunk ki arra, hogy 2025-ben mint „B” klónok kerüljenek kiültetésre a tenyészkertbe. Ugyanez az érték a „B” klónok esetében 23-ból 8 volt. A vizsgálatok fizikai illusztrálásra, az egyes nemesítési alapanyagok étkezési minőségének vizualizálására, illetve a készthelyi nemesítési program genetikai sokszínűségére a 10-11. Képek mutatnak példát.

18. Táblázat „A” klónok konyhatechnológiai minőségvizsgálati eredményei (2014)*

Vonal	Szülők	Héjszín	Hússzín	Alak	Nyers	Főtt	Sült	Keményítő %	Megjegyzés
12.01	Ke40 x Rosita	HR	K	GO	5	5	4	13,4	
12.04	06.396 x FH.97.029.02	S	SS	G	4	5	5	12,2	
12.08	98.152 x (89.451 x Murato)	R	HS	O	4	5	3	15,1	
12.11	98.152 x (89.451 x Murato)	R	SS	O	4	3	4	14,0	
12.13	98.152 x (89.451 x Murato)	R	SS	O	4	4	4	15,4	
12.17	99.463 x Kolibri	S	SS	GO	3	3	4	13,0	
12.23	01.23 x Kuroda	R	HS	O	2	2	3	14,8	
12.25	Kastia x S440	L	F	GO	4	5	5	19,1	Enyhe vasfolt
12.28	Kastia x S440	HL	F	GO	4	5	5	17,2	Enyhe vasfolt
12.31	Kastia x S440	S	F	G	3	4	4	10,4	
12.32	Kastia x S440	S	F	G	3	3	2	14,6	
12.33	Kastia x S440	S	F	O	2	1	4	18,4	Közepes vasfolt
12.34	Kastia x S440	S	K	G	2	4	4	15,9	
12.35	Kastia x S440	S	F	G	1	1	5	13,5	Erős vasfolt
12.36	Kastia x S440	HL	F	GO	1	3	5	15,0	
12.39	97.281 x W870	S	K	G	3	5	4	17,4	Enyhe vasfolt
12.42	97.281 x W870	S	K	GO	2	3	3	17,8	Közepes vasfolt
12.48	00.379 x 06.276	S	HS	KIFLI	4	5	4	16,6	
12.49	00.379 x 06.276	S	S	LO	4	5	5	14,9	
12.66	94.1112 x Laura	R	S	O	3	5	4	16,4	
12.67	94.1112 x Laura	S	S	O	5	5	5	11,9	
12.73	94.1112 x Laura	R	SS	O	5	5	3	13,9	
12.87	Démon x Laura	R	SS	O	5	5	4	9,6	
12.88	Démon x Laura	R	S	GO	5	5	3	12,3	
12.94	Démon x Laura	R	S	O	3	3	3	11,7	
12.97	Démon x Laura	R	SS	GO	5	5	3	13,3	
12.101	Démon x Laura	R	SS	O	4	4	5	14,2	
12.102	Démon x Laura	R	S	O	4	4	5	16,5	
12.103	Démon x Laura	R	S	O	4	5	5	13,2	
12.104	Démon x Laura	R	SS	O	2	4	5	15,5	Enyhe vasfolt
12.105	Démon x Laura	R	S	O	4	5	4	14,9	
12.111	Démon x Laura	R	S	O	3	3	4	15,6	Erős vasfolt
12.112	Démon x Laura	R	S	O	3	5	3	13,6	
12.147	01.607 x (LR x S440)	L	F	G	5	5	2	11,2	
12.148	01.607 x (LR x S440)	L	F	G	5	5	4	14,2	
12.154	Démon x Bellarosa	R	S	O	5	4	3	17,6	
12.156	Démon x Bellarosa	R	S	O	4	4	5	13,6	
12.160	Démon x Bellarosa	S	HS	O	3	5	4	14,8	
12.318	94.1112 x Rosita	R	K	O	5	5	4	17,3	
12.326	01.217 x Gala	S	S	LO	4	5	4	14,6	
12.340	97.439 x Dura	S	S	O	4	4	5	15,4	Közepes vasfolt
12.341	97.439 x Dura	R	S	O	3	5	4	11,8	Erős vasfolt
12.342	97.439 x Dura	R	K	GO	5	4	5	13,1	
12.344	97.439 x Dura	R	S	O	3	4	5	13,1	Közepes vasfolt
12.354	02.08 x Madlen	S	S	G	5	5	5	14,9	

Vonal	Szülők	Héjszín	Hússzín	Alak	Nyers	Főtt	Sült	Keményítő %	Megjegyzés
12.355	02.08 x Madlen	S	S	GO	4	5	4	14,2	
12.371	03.201 x Kuroda	L	K	O	3	4	5	17,3	
12.373	03.201 x Kuroda	L	S	O	4	3	4	14,6	
12.375	03.201 x Kuroda	L	K	O	4	4	5	17,2	
12.387	02.222 x Bellarosa	R	HS	GO	4	5	3	14,9	
12.388	02.222 x Bellarosa	R	SS	O	5	5	5	15,4	
12.389	02.222 x Bellarosa	R	SS	G	5	5	4	17,5	
12.390	02.222 x Bellarosa	R	S	O	5	5	4	14,6	
12.392	02.222 x Bellarosa	S	S	G	5	4	5	15,9	
12.398	07.259 x 07.664	S	K	G	4	3	5	17,5	
12.399	Lorett x Bellarosa	R	HS	G	4	5	4	16,4	
12.400	Lorett x Bellarosa	S	HS	O	5	5	3	12,7	
12.421	06.227 x Kuroda	R	S	O	4	4	4	14,9	Erős vasfolt
12.446	02.427 x Fitis	S	F	G	5	5	4	17,8	

* Kiemelt vonalak kiválasztva következő évi ültetésre („B” klónnak). 1 legrosszabb, 5 legjobb
S: sárga, SS: sötét sárga, R: rózsza, L: lila, HR: halvány rózsza, HL: Halvány lila,
HS: halványsárga, K: krém, O: ovális, G: gömbölyű, GO: gömbovál, LO: hosszú ovál

19. Táblázat „B” klónok konyhatechnológiai minőségvizsgálati eredményei (2014)*

Vonal	Szülők	Héjszín	Hússzín	Alak	Nyers	Főtt	Sült	Kem%	Megjegyzés
11.88	02.222 x Bellarosa	R	S	O	2	3	3	12,9	
11.91	02.222 x Bellarosa	R	HS	O	3	4	3	14,7	
11.92	02.222 x Bellarosa	S	HS	O	2	5	5	15,5	
11.161	01.518 x Vitesse	S	HS	HO	2	2	3	11,5	
11.190	Moranda x 06.427	L	L	O	4	3	2	12,9	
11.201	96.296 x Dura	R	S	O	4	5	2	10,6	
11.204	90.364 x Dura	R	S	O	5	5	3	14,7	
11.206	06.382 x 06.276	S	F	KIF	4	5	5	17,9	
11.265	WL X (LR x S440)	S	K	G	3	4	3	15,8	
11.271	WL x Romina	S	S	G	4	4	3	14,3	
11.286	06.164 x (LR x S440)	S	F	G	4	5	3	19,2	
11.299	06.164 x (LR x S440)	S	F	G	1	3	3	18,3	
11.311	06.164 x (LR x S440)	S	F	G	3	5	3	19,8	
11.325	02.427 x Albatros	S	SS	GO	2	3	4	21,1	
11.348	00.35 x Romina	S	S	O	1	4	4	19,1	
11.355	00.35 x Romina	S	S	O	4	4	3	15,2	
11.357	00.35 x Romina	S	S	G	3	5	4	17,7	
11.389	02.08 x (LR x S440)	L	K	G	5	5	3	20,1	
11.394	04.265 x (LR x S440)	S	K	G	5	5	3	16,0	
11.396	04.265 x (LR x S440)	R	K	G	5	5	5	17,1	
11.494	02.143 x Albatros	S	S	G	3	5	3	20,9	
11.498	03.82 x Marabel	S	S	GO	4	5	5	20,6	
11.361	06.20 x Fitis	S	S	G	5	5	5	16,2	

* Kiemelt vonalak kiválasztva következő évi ültetésre („C” klónnak).

1 legrosszabb, 5 legjobb, S: sárga, SS: sötét sárga, R: rózsza, L: lila, HR: halvány rózsza,
HL: Halvány lila, HS: halványsárga, K: krém, O: ovális, G: gömbölyű, GO: gömbovál,
LO: hosszú ovál

10. Kép Étkezési minőség vizsgálata konyhatechnológiai laboratóriumban*



*Saját felvételek

11. Kép A nemesítési program genetikai sokszínűségének megnyilvánulása a gumóhússzínben és sütési színben*



*Saját felvételek

4.3.5. Fajtajelöltek, „C” és „D” klónok komplex kiértékelése

A 2002. évtől kezdődően az Anyag és Módszer fejezet „Szántóföldi teljesítmény kísérletek kiértékelésének módszertana” című részben megfogalmazottak szerint végeztük a nemesítési program előrehaladott stádiumaiban lévő klónjai/fajtajelöltjei nemesítési értékének meghatározását (12-14. Kép). Évente változott a vizsgált fajtajelöltek száma, ami 20-40 „C” klón és 15-30 „D” klón között ingadozott. A munka során egységes módszertant és szempontrendszert alkalmaztunk mindkét esetben. A felvételezett adatok alapján minden évben kiválasztottuk azokat a klónokat, amelyek az összetett szempontrendszer alapján a legjobb minősítésekkel rendelkeztek, és leginkább megfeleltek a nemesítési célkitűzéseknek. Ezeket a fajtajelölteket in vitro kórokozómentesítettük és egészséges vetőgumójukkal a „D” klón stádiumi kiértékelést újból elvégeztük. A 20-21. Táblázatban példaként a 2014 évi kísérleti eredményeket mutatjuk be. Ebben az évben a külalaki paraméterek alapján az első 4 legjobb helyezést elérő „C” klón a 12.103 (Démon x Laura), a 11.394 (04.265 x (LR x S440)), a 12.375 (03.201 x Kuroda) és a 11.204 (90.364 x Dura) vonalak voltak. A termésrangsor első négy helyezettje a 02.222 x Bellarosa keresztezésből származó 12.388-as, a 90.364 x Dura keresztezésből származó 11.204-es, a 06.20 x Fitis keresztezésből származó 11.361 és a 94.1112 x Rosita keresztezésből származó 12.318-as vonalak lettek. A termésmennyiség nagyon széles határok között 76,8 és 22,4 t/ha változott.

A „D” klónok esetében a kiértékeléshez rendelkezésre álltak a burgonya fonálféreg és a burgonyarák rezisztencia vizsgálati eredmények is. Terméseredmény szempontjából a 10.437 (Rioja x Rosita, 50,23 t/ha), a 09.332 (White Lady x Sante, 43,96 t/ha) és a 09.622 (96.228 x Amorosa, 43,67 t/ha) klónok érték el a legjobb eredményt. Mindhárom klón parcellái már kórokozómentes, egészséges vetőburgonyával lettek elültetve. A külalaki paraméterek alapján pedig a 08.09 (87.3143 x S440), a 10.456 (88.175 x Kuroda), és a 09.688 (01.515 x Viktoria) voltak a legjobb eredményt elérő klónok. A minden szempontot figyelembe vevő kiértékelés eredményeként - aminek során figyelembe vettük az adott klónok korábbi „A”, „B”, „C” klón stádiumban elért eredményeit is – összességében négy olyan klónt azonosítottunk, amelyek potenciálisan bejelentésre kerülhettek az országos fajtaregisztrációs kísérletbe (02.103, 09.622, 09.688 és 10.437).

12. Kép Burgonya nemesítési tenyészkert teljes vegetációban*



* Saját felvétel

13. Kép Nemesítési tenyészkert betakarítása, „C” és „D” klónok kiértékelése*



* Saját felvétel

14. Kép Nemesítési tenyészkert betakarítása, „C” és „D” klónok termés mérése*



*Saját felvétel

20. Táblázat „C” klónok komplex kiértékelése (2014)*

Törzs szorzó	Szülők	GM	GF	KGY	GSZ	RÜM	T&B	GH	HSZ	ÖBE	ÖSSZ PONT	RANG SOR	F.R	T T/ha	TRS	NY Ö/T	F Ö/T	S Ö/T	GSZ	HSZ	K%	SÉ I	SZÜ I	H/H/A
11.190	Moranda x 06.427	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23.		43,60	13.	0/0	0	0	0	0	0,0	0	0	L/L/O
11.201	96.296 x Dura	7,5	7	5,2	3	4,5	2,8	4	3,6	4,8	42,4	5.		40,30	15.	2/2	3/2	4/3	16,2	4,2	11,0	2,9	8,8	R/S/O
11.204	90.364 x Dura	7,5	5,6	6,5	5	3,6	2,8	4	2,7	4,8	42,5	4.		66,10	2.	4/2	4/3	2/1	12,4	3,6	12,3	2,6	4,5	R/S/O
11.206	06.382 x 06.276	6	5,6	6,5	1	4,5	2,8	4	2,7	4,8	37,9	10.		32,20	20.	4/3	5/4	3/3	28,6	3,5	12,8	1,6	0,2	S/SS/KIF
11.271	WL x Romina	4,5	7	5,2	1	4,5	2,8	3,2	3,6	3,6	35,4	14.		47,80	9.	3/3	3/3	2/3	22,6	4,7	15,3	9,9	5,8	S/S/G
11.361	06.20 x Fitis	6	5,6	5,2	4	2,7	2,8	3,2	4,5	3,6	37,6	11.		62,40	3.	5/5	5*/5	5*/5	14,7	5,9	18,4	5,4	9,7	S/SS/G
11.389	02.08 x (LR x S440)	6	7	5,2	1	4,5	2,8	3,2	2,7	4,8	37,2	13.		45,00	11.	5/3	1/2	3/3	20	3,6	16,8	2,3	3,1	L/F/G
11.394	04.265 x (LR x S440)	7,5	7	6,5	4	4,5	2,8	3,2	2,7	4,8	43	2.		33,10	19.	3/3	4/4	2/3	15,2	3,4	13,7	0,4	2,7	S/K/G
11.498	03.82 x Marabel	3	7	5,2	4	4,5	3,5	3,2	4,5	2,4	37,3	12.		20,10	23.	5/3	5/4	5/5	15,9	5,6	20,0	3,8	0,9	S/SS/GO
12.01	Ke40 x Rosita	6	4,2	5,2	2	3,6	2,8	4	3,6	3,6	35	16.		57,60	5.	0	0	0	19,8	4,2	0,0	0	0	S/S/O
12.49	00.379 x 06.276	6	4,2	5,2	1	3,6	2,1	3,2	3,6	3,6	32,5	20.		39,60	16.	4/3	3/3	4/3	25,7	4,4	17,3	2,3	0,9	S/SS/LO
12.87	Démon x Laura	6	4,2	3,9	5	3,6	2,1	3,2	3,6	3,6	35,2	15.		52,30	7.	4/4	4/4	3/3	12,4	4,1	12,3	3,7	9,2	R/SS/o
12.103	Démon x Laura	7,5	7	5,2	5	4,5	2,8	4	4,5	4,8	45,3	1.		50,60	8.	3/1	4/1	3/1	10,6	5,9	11,4	2,2	1,8	R/SS/o
12.318	94.1112 x Rosita	6	7	5,2	2	4,5	2,8	4	4,5	4,8	40,8	8.		58,60	4.	3/5	4/4	2/3	19,6	5,3	13,8	3,9	7,8	R/K/O
12.354	02.08 x Madlen	4,5	5,6	3,9	3	4,5	3,5	3,2	2,7	3,6	34,5	17.		44,00	12.	4/4	4/4	3/3	17,2	3	14,5	6,5	11,4	S/S/G
12.375	03.201 x Kuroda	6	7	6,5	3	4,5	3,5	4	3,6	4,8	42,9	3.		37,20	18.	3/3	3/4	5/4	16,5	4,1	15,2	3,8	0,7	L/K/O
12.388	02.222 x Bellarosa	7,5	5,6	5,2	5	4,5	2,8	3,2	3,6	4,8	42,2	6.		76,80	1.	5*/5	5*/5	4/3	12	4,3	13,4	0,4	1,4	R/SS/O
12.389	02.222 x Bellarosa	6	5,6	3,9	5	4,5	3,5	3,2	4,5	3,6	39,8	9.		41,90	14.	5/4	4/4	3/3	12,6	5,1	14,9	0,8	1,5	R/SS/G
12.390	02.222 x Bellarosa	6	7	3,9	5	4,5	3,5	3,2	3,6	4,8	41,5	7.		45,70	10.	5/5	5*/5	3/3	12,3	4,5	12,0	1,7	1,2	R/S/O
12.392	02.222 x Bellarosa	4,5	4,2	3,9	4	3,6	3,5	3,2	0,9	3,6	31,4	21.		37,50	17.	4/4	3/4	2/1	14,3	1,8	0,0	2,2	14,1	S/S/O
12.400	Lorett x Bellarosa	4,5	4,2	3,9	4	3,6	2,8	2,4	3,6	3,6	32,6	19.		27,40	22.	5/4	5*/4	2/1	9,7	4	11,2	3,8	17,4	S/HS/O
Cleopatra		6	4,2	3,9	4	2,7	2,1	3,2	4,5	3,6	34,2	18.		30,88	21.	2/2	2/2	3/2	14,7	5,8	12,8	7,9	16,8	R/S/O
Desiree		6	2,8	2,6	3	2,7	1,4	3,2	3,6	3,6	28,9	22.		56,25	6.	2/2	2/2	3/1	16,8	4,9	11,0	2,3	9,7	R/S/O

* Kiemelt vonalak kiválasztva következő évi ültetésre, illetve vírusmentesítésre és vetőgumó előállításra.

21. Táblázat Négyismétléses törzskísérlet, „D” klónok komplex kiértékelése (2014)*

	Törzs szorzó	Szülők	GM	GF	KGy	GSZ	RÜMT&B	GH	HSZ	ÖBE	ÖSSZ PONT	RANG SOR	F,R	T T/ha	TRS	NY	F	S	GSZ	HSZ	K%	SÉ I	SZÜ I	H/H/A	
★	02.173	94.1023x Rosara	4,5	5,6	5,2	2	4,5	2,8	4	3,6	4,8	37	10.	-,-	38,78	6.	2/5	3/4	5/2	19,9	4,6	12,8	0,2	1,3	S/S/O
	04.123	Rioja x Rooster	4,5	5,6	5,2	2	4,5	1,4	4	4,5	3,6	35,3	16.	-,-	36,00	9.	4/4	4/3	4/4	19	5	13,8	2,4	2,7	S/SS/O
	06.325	95.288 x W1100	6	5,6	5,2	4	3,6	3,5	4	4,5	4,8	41,2	4.	+-	28,85	20.	3/2	5/3	3/2	15,4	5	11,1	0,8	11,3	R/S/GO
	08.09	87.3143 x S440	6	7	5,2	5	4,5	3,5	4	4,5	4,8	44,5	1.	-,-	32,86	15.	2/4	2/3	3/3	13,9	5	13,8	3,2	7,1	S/S/O
	08.222	Katica x Rosita	6	4,2	5,2	4	3,6	3,5	3,2	0,9	3,6	34,2	19.	+-	31,30	16.	3/3	2/4	3/3	9,8	2,8	10,9	0,8	2,1	R/K/GO
	09.200	WL x Marabel	3	4,2	5,2	4	4,5	2,8	3,2	3,6	3,6	34,1	20.	-,-	33,27	13.	5/5	4/4	5/4	14,3	4,2	13,9	0,5	0,2	S/SS/O
★	09.540	SK x 89.451	4,5	4,2	3,9	3	4,5	2,1	3,2	4,5	3,6	33,5	22.	-,-	32,88	14.	4/3	3/3	2/3	17	5,5	11,5	2,2	5,3	R/S/O
	09.688	01.515 x Viktoria	6	7	3,9	5	4,5	3,5	3,2	4,5	4,8	42,4	3.	-,-	36,08	8.	4/3	3/3	3/4	13,9	5	13,0	3,2	0,7	R/S/O
	09.192	87.3143 x 97.377	4,5	4,2	3,9	2	4,5	2,8	3,2	2,7	3,6	31,4	26.	-,-	28,84	21.	4/3	3/3	5/3	18	3,9	15,7	0,8	3,9	S/SS/GO
	09.274	88.175 x Aladin	6	5,6	3,9	2	4,5	2,8	3,2	4,5	3,6	36,1	13.	-,-	35,35	10.	2/2	2/2	3/2	18,9	5,9	12,1	6,5	17,8	R/S/O
★	09.328	WL x Sante	4,5	4,2	3,9	5	3,6	2,8	3,2	3,6	3,6	34,4	17.	-,-	28,20	22.	3/4	4/3	2/2	12,9	4,5	11,5	3,7	12,8	S/SS/GO
	09.332	WL x Sante	6	5,6	3,9	1	4,5	2,8	3,2	3,6	4,8	35,4	15.	-,-	43,96	4.	3/4	3/4	3/2	25,6	6,1	16,0	2,9	15,2	S/SS/O
	09.485	94.1112 x Impala	4,5	4,2	3,9	4	3,6	2,1	4	3,6	3,6	33,5	21.	-,-	36,12	7.	1/2	5/4	3/3	15,5	6	12,1	0,4	0,8	S/S/O
	09.520	Rioja x Margarita	7,5	5,6	3,9	3	4,5	2,8	3,2	0,9	4,8	36,2	12.	-,-	20,97	26.	4/3	4/4	3/3	7,6	2,8	12,6	2,3	4,9	R/S/O
★	09.537	SK x 89.451	4,5	4,2	3,9	5	3,6	2,8	3,2	3,6	3,6	34,4	18.	+-	26,95	24.	4/3	5/5	2/2	10,4	4,1	10,4	0,8	1,2	S/S/KIF
	09.610	90.364 x Rosita	6	4,2	3,9	5	4,5	2,1	4	2,7	3,6	36	14.	-,-	33,36	12.	2/2	2/1	3/2	12,9	3,1	12,0	3,5	6,7	R/S/O
	09.622	96.228 x Amorosa	4,5	2,8	3,9	2	3,6	1,4	3,2	3,6	2,4	27,4	29.	-,-	43,67	5.	2/3	3/2	5/3	19,7	4,3	14,6	2,8	1,5	S/SS/O
	10.07	02.427 x Kolibri	7,5	4,2	3,9	5	3,6	2,1	3,2	0,9	2,4	32,8	23.	-,-	29,45	18.	2/4	1/2	5/4	10,5	1,5	16,2	7,8	11,7	S/S/GO
	10.47	99.463 x Kolibri	4,5	7	5,2	5	3,6	3,5	4	2,7	4,8	40,3	6.	-,-	18,71	27.	1/2	2/2	5/4	12,3	3,7	15,6	3,9	6,8	S/S/G
	10.60	87.3143 x Fitis	4,5	7	5,2	2	4,5	3,5	3,2	4,5	4,8	39,2	9.	-,-	15,10	28.	5/3	5/5	5/4	19,3	5,7	19,0	6,4	2,2	S/S/G
	10.136	WL x 01.1395.01	7,5	4,2	5,2	5	3,6	2,8	4	3,6	3,6	39,5	8.	-,-	22,19	25.	2/3	2/3	3/3	12,3	4,3	11,3	4,8	9,8	S/S/O
	10.175	98.158 x Kuroda	4,5	4,2	3,9	1	3,6	2,1	4	2,7	3,6	29,6	28.	-,-	33,47	11.	3/3	3/3	4/2	20,7	3,1	15,9	7,6	14,1	R/SS/GO
	10.316	90.364 x 97.1008	6	5,6	5,2	4	4,5	2,8	4	2,7	4,8	39,6	7.	+-	27,80	23.	3/3	2/2	2/3	14,1	3,6	11,7	9,8	18,3	S/F/G
	10.437	Rioja x Rosita	7,5	5,6	5,2	5	4,5	1,4	4	0,9	2,4	36,5	11.	-,-	50,23	3.	3/4	4/3	2/2	10,9	2,9	11,2	2,3	3,7	R/S/O
★	10.456	88.175 x Kuroda	7,5	5,6	6,5	4	4,5	3,5	4	0,9	6	42,5	2.	-,-	0,00	29.	3/4	3/4	3/3	15,3	2,1	11,2	7,8	12,5	R/S/GO
	10.475	WL x Viktoria	6	7	5,2	4	4,5	2,8	4	2,7	4,8	41	5.	-,-	29,11	19.	3/4	4/3	1/4	15,2	3,8	13,2	3,2	1,5	S/S/GO
	Oberon	Zamarte	7,5	2,8	3,9	3	3,6	1,4	4	3,6	2,4	32,2	25.		53,40	2.	5/5	5/2	1/1	17,2	4,5	10,4	2,1	6,8	R/S/O
	Cleopatra		6	4,2	3,9	4	2,7	2,1	3,2	2,7	3,6	32,4	24.		30,9	17.	2/2	2/2	3/2	14,7	3,9	12,8	7,9	16,8	R/S/O
	Desiree		6	2,8	2,6	3	2,7	2,1	3,2	3,6	3,6	29,6	27.		56,25	1.	2/2	2/2	3/1	16,8	4,9	11	2,3	9,7	R/S/O

* Kiemelt vonalak kiválasztva „D” II. tesztre. ★ Felújított, kórokozómentesített vonalak

4.4. Rezisztenciagénekhez kapcsolt genetikai markerek bevonása a burgonyanemesítési programba

4.4.1. Rysto rezisztenciagénhez kapcsolt markerek alkalmazása szelekcióra

Példaként a *S. stoloniferum* eredetű Ry_{sto} génhez szorosan kapcsolt saját fejlesztésű markerek közül az STM0003-111 és a SCARysto4 markerrel elvégzett szelekció eredményeit mutatjuk be. Az első esetben a kísérletben széles, egymástól jelentősen eltérő genetikai háttérrel rendelkező fajtákat és nemesítési vonalakat vizsgáltunk, 22. Táblázat.

22. Táblázat STM0003-111 Rysto marker kimutatása és a PVY rezisztencia fenotípusos megnyilvánulása mechanikai fertőzés után burgonya genotípusokban

Vonal	Rysto	Fenotípus	Vonal	Rysto	Fenotípus
01.1395.01	-	Fogékony	Lavina	+	Rezisztens
98.7804.01	-	Fogékony	Marabel	-	Fogékony
94.7243.03	-	Fogékony	Murato	-	Fogékony
FH97.029.02	+	Fogékony	Sante	-	Rezisztens
S438	-	Fogékony	Aladin	-	Fogékony
S440	-	Fogékony	Albatros	-	Fogékony
W1100	-	Fogékony	Mindenes	-	Fogékony
W231	-	Fogékony	Sárvári piroska	-	Rezisztens
Snowden	-	Rezisztens	Sárvári rubinka	-	Rezisztens
Kastia	-	Rezisztens	Sárvári rózsza	+	Rezisztens
Laura	-	Fogékony	Sárvári borostyán	-	Rezisztens

A 22 vizsgált genotípus (szülőpartnerek) közül az alkalmazott genetikai marker mindössze három esetében amplifikálódott, ill. mutatta ki a gén jelenlétét. Közülük az FH97.029.02 vonal azonban mechanikai fertőzés hatására megfertőződött a PVY-al. Az id. Sárvári István magánnemesítő programjából származó, ismerten PVY immunis fajták közül csak a Sárvári rózsza esetében sikerült a Ry_{sto} gént kimutatni. A többi vizsgált genotípus esetében a marker hiánya egybevágott a tapasztalt fogékony fenotípussal.

A tesztkeresztezésnek használt White Lady x Pekaro családban a White Lady fajta a PVY immunis szülő, míg a Pekaro fajta a vírusfogékony. Utódjaikban (56 vizsgált egyed) a SCARysto4 marker három esetben nem adott egyértelműen kiértékelhető jelet, 32 vonal

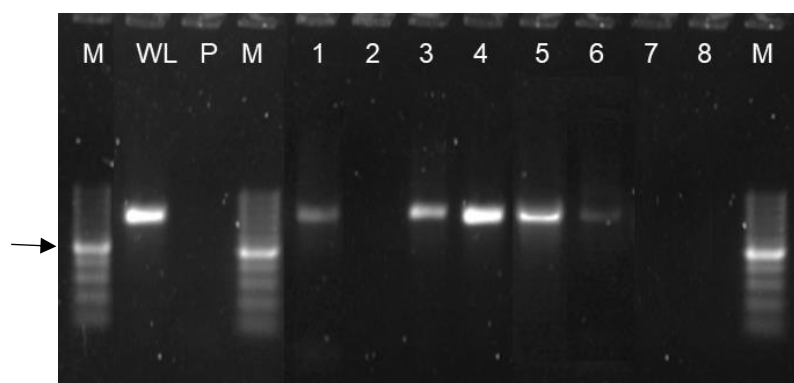
esetében viszont kimutatta a rezisztenciagén jelenlétét (57%), ami p5%-os szinten nem tér el szignifikánsan várt 1:1 hasadási aránytól (23. Táblázat, 15. Kép).

23. Táblázat A SCAR_{ysto4} marker kimutatása PVY rezisztenciagénre szegregáló White Lady x Pekaró család egyedeiben*

Vonal	Ry _{sto}	Vonal	Ry _{sto}	Vonal	Ry _{sto}	Vonal	Ry _{sto}
1	r	16	r	31	R	46	?
2	-	17	R	32	-	47	R
3	R	18	r	33	-	48	-
4	R	19	-	34	R	49	r
5	R	20	-	35	r	50	r
6	r	21	-	36	-	51	r
7	-	22	R	37	-	52	-
8	-	23	R	38	r	53	-
9	r	24	-	39	R	54	?
10	r	25	R	40	-	55	r
11	-	26	-	41	r	56	R
12	R	27	-	42	-		
13	R	28	r	43	R		
14	r	29	-	44	r		
15	r	30	-	45	?		

* r = gyenge pozitív jel

15. Kép PVY rezisztenciagén kimutatása SCAR_{ysto4} markerrel a White Lady x Pekaró keresztezés utódaiban*



M: 100 bp DNS marker, WL: White Lady, P: Pekaró, 1-8: utódok

*Frank Krisztián felvétele

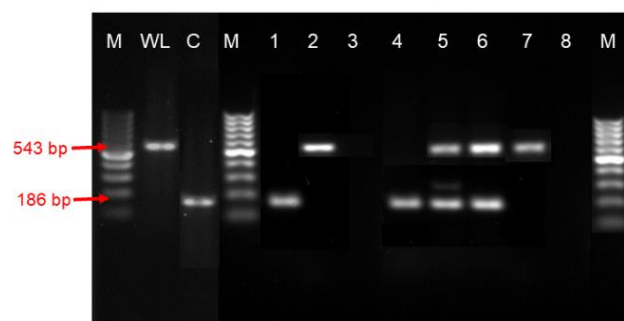
4.4.2. Rx1 és Rx2 rezisztenciagénhez kapcsolt markerek alkalmazása szelekcióra

A PVX-el szembeni rezisztenciagének kimutatására alkalmazott szelekció illusztrálására a White Lady x Carlita család egyedein 2024-ben végzett szelekciós kísérlet eredményeit mutatjuk be. Ebben az esetben a White Lady szülő az Rx2 rezisztenciagén, míg a Carlita fajta az Rx1 rezisztenciagén forrása. A vizsgált család 30 egyedéből 15 esetben sikerült kimutatni az Rx1 gén, 17 esetben pedig az Rx2 gén jelenlétét (24. Táblázat, 16. Kép). Az 5, 6, 17, 20, 28, 33-as vonalak mindkét rezisztenciagént hordozzák.

24. Táblázat Rx1 és Rx2 rezisztenciagének kimutatása White Lady x Carlita tesztkeresztezésben.

WL × Carlita					
Vonal	Marker		Vonal	Marker	
	5Rx1	106Rx2		5Rx1	106Rx2
1	R	-	16	-	R
2	-	R	17	R	R
3	-	-	19	-	R
4	R	-	20	R	R
5	R	R	21	R	-
6	R	R	23	-	R
7	-	R	25	-	R
8	-	-	26	-	R
9	R	-	27	R	-
10	-	R	28	R	R
11	R	-	29	-	R
12	-	-	31	R	-
13	-	-	32	-	R
14	-	R	33	R	R
15	R	-	34	R	-

16. Kép Rx1 és Rx2 gén kimutatása a White Lady x Carlita keresztezés utódaiban*



M: 100 bp DNS marker, WL: White Lady, C: Cara, 1-8 WL x C utódok

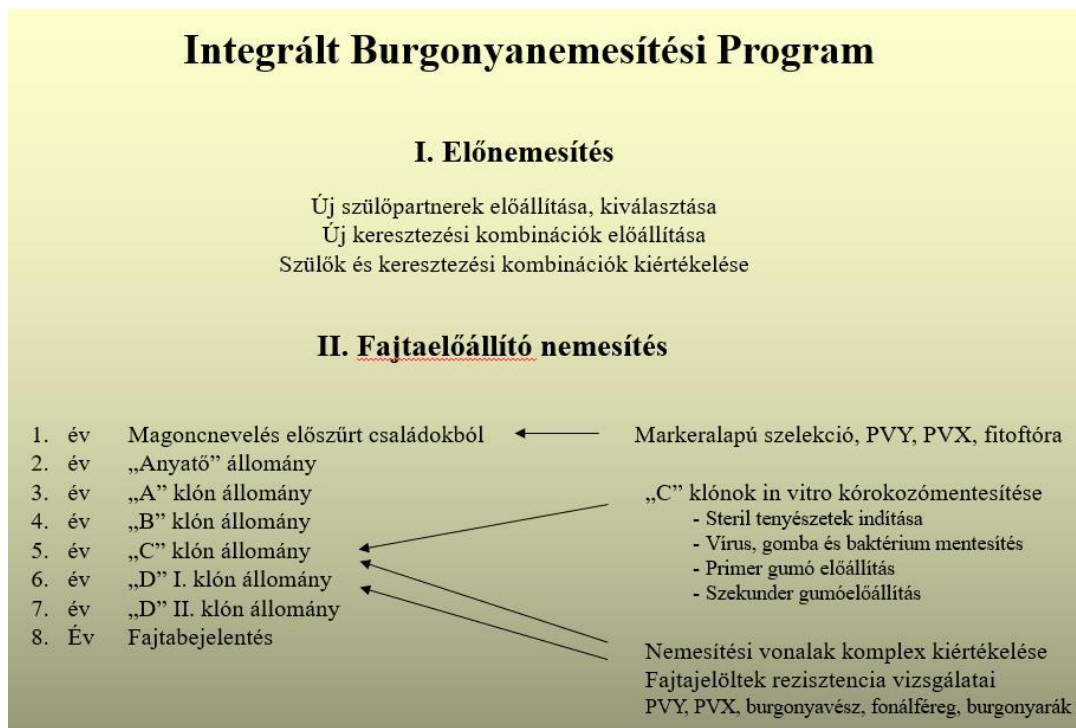
*Frank Krisztián felvétele

4.5. Integrált Burgonyanemesítési Program kidolgozása

A program kialakítása, felépítése egy éven át tartó szerves folyamat eredményeként valósult meg. Magába foglalva a korábban is alkalmazott hagyományos nemesítési technikákat, azok továbbfejlesztéseit, kiegészülve részben az előző fejezetekben bemutatott újabb módszertani fejlesztésekkel.

A program lépéseit, szerkezeti felépítését a 14. Ábra mutatja be.

14. Ábra Integrált Burgonyanemesítési Program felépítése



4.5.1. Az Integrált Burgonyanemesítési Program elemei

4.5.1.1. Előnemesítés, szülőpartnerek előállítása

Az előnemesítés, a szülőpartner előállító, építkező jellegű genetikai programot jelenti. Az irányításom alatt végzett nemesítési programban több száz új szülőpartnert állítottunk elő és vontunk be a keresztezési programba, végeztünk velük tesztkeresztezéseket, értékeltük ki utódaikat (Komplex Szülőpartner és Keresztezési Kombináció Kiértékelő Program). Ebbe a szakaszba vontuk be a programba a külföldi cserekapcsolatok révén kapott vonalakat, szomatikus hibrideket, ill. azok egyszeresen, vagy kétszeresen visszakeresztezett vonalait, és végeztünk velük újabb visszakeresztezéseket saját, eleve több vad faj génjeit hordozó, komplex genetikai hátterű vonalainkkal. Az előnemesítési program részét képezi az egyes rezisztenciagének több allélját hordozó homo- vagy heteroduplex szülőpartnerek előállítása is.

4.5.2. Fajtaelőállító nemesítési program

A program újszerűségét, eredetiségét annak komplex, integrált megvalósítása jelenti. Ez magába foglalja az egyes családok nemesítési értékének meghatározását, előszelektálását kis egyedszámú utóduk alapján. Magába foglalja „Magonc” korban az egyes családok előszűrését olyan DNS alapú genetikai markerek alapján, melyek a számunkra fontos rezisztenciagénekhez kapcsolódnak. A program része az „A”-tól „D” klónokig tartó komplex szántóföldi fenotípusos szelekció, a konyhatechnológia minőségi vizsgálatok végzése és egyes beltartalmi értékek meghatározása. Fontos rész a „C” klónok kórokozómentesítése és a belőlük való teljesen egészséges vetőburgonya előállítása, annak érdekében, hogy velük a fajtajelöltek termőképességének, minőségének megállapítására megbízható kísérleteket lehessen beállítani. A nemesítési programnak ebben a fázisában végeztetjük el a lengyelországi kollégákkal a karantén státuszú *G. rostochiensis* és *S. endobioticum* kórokozókkal szembeni rezisztencia vizsgálatát.

5. EREDMÉNYEK MEGVITATÁSA, KÖVETKEZTETÉSEK

5.1. Komplex szülőpartner és keresztezési kombináció kiértékelő módszer kifejlesztése és alkalmazása

A termesztett burgonya négyszeres kromoszóma készlettel rendelkező, olyan erősen heterozigóta autotetraploid növény ($n=12$, $4x=48$), amely a beltenyésztéses nemesítésre csak korlátozottan alkalmas (Zhang és mtsai. 2019). A homozigóta vonalak rendszerint sterilek és kis teljesítő képességűek. Keresztezésükkel a hibrid vigor nem állítható vissza. Ennek megfelelően a burgonyanemesítési programok többsége tetraploid szinten dolgozik. A legfontosabb tulajdonságokat általában egynél több gén határozza meg (poligén tulajdonságok) ezért egy adott szülői kombináció utódainak tulajdonságait előre megbecsülni, a kívánt tulajdonságok öröklődését befolyásolni, irányítani meglehetősen nehéz, szinte lehetetlen. A nemesítői gyakorlatban ezért elterjedt, az általános és specifikus kombinálódó képesség vizsgálata az egyes szülői vonalak nemesítési értékének meghatározására (Plaisted és mtsai. 1962, Terres és mtsai. 2017). Bradshaw és Mackay (1994) arról számoltak be, hogy az általános és a specifikus kombinálódó képesség különböző mértékben befolyásolják a burgonya összes gazdaságilag fontos tulajdonságát. Neele és mtsai. (1991) szerint a specifikus kombinálódó képesség szerepe nagyobb, mint az általános kombinálódó képességé, különösen rokon szülőkkel való keresztezésekben. A nemesítők évente emiatt számos keresztezési kombinációt állítanak elő és családonként nagy egyedszámmal dolgoznak. Egy átlagos

burgonyanemesítési programban éves szinten akár 50-100.000 egyedet is előállítanak, miközben általánosan elfogadott, hogy kb. 100.000 egyedenként van esély egy új fajta előállítására (Ross 1986, Tiemens és mtsai. 2017). Ezért mielőtt a nemesítő valamely családdal nagyobb egyedszámmal dolgozna célszerű a családokban rejlő genetikai potenciált előre megbecsülni, feltérképezni.

A keszthelyi nemesítési programban ezt a megközelítést, vagyis a szülőpartnerek és családok nemesítési értékének bemutatott módon való meghatározását egészen a kétezres évek elejéig nem alkalmaztuk. Attól kezdve azonban 15 éven át. A kidolgozott módszer alkalmas egyes keresztezési kombinációk relatív nemesítési értékének meghatározására, illetve közvetetten az egyes szülők nemesítési értékének, kombinálódó képességének becslésére. A vizsgálatok során több, mint 200 keresztezési kombinációt állítottunk elő és közülük több, mint 150 család egyedeit jellemeztük. A kapott eredményeket a kitűzött cél pl. étkezési, vagy feldolgozóipari célú fajta előállítása szempontjából értékeltük. Azok a családok, amelyek utódai között pl. nagyobb %-ban fordultak elő lila héjú és/vagy színes húsú egyedek leginkább csak újabb szülőpartnerek kiválasztására alkalmasak. Chips feldolgozásra való fajta esetén viszont a héjszínnek kisebb a jelentősége, míg a stabil gömbölyű gumóforma és a kiegyenlített közepes gumóméret elvárás. Ezért a családok sorrendjét az egyedi tulajdonságok és a kombinált nemesítési érték alapján is vizsgálni kell. A vizsgált családok közül rendszerint a legjobb értéket mutató 10 családból a nemesítési program következő évében nagyobb egyedszámmal (500-2000 maggal) végeztünk magvetést és palántanevelést. A módszer használatával a nemesítési program következő lépéseiben számos ígéretes fajtajelöltet azonosítottunk, közülük pedig olyan államilag elismert fajták születtek, mint a Botond, Arany Chipke, Basa és a Balatoni sárga.

5.2. Burgonya Y vírus (PVY) rezisztenciagént heteroduplex formában hordozó szülőpartnerek előállítása

A burgonyát károsító vírusok közül világméretű elterjedése, számos törzse, és az általa okozott termés- és minőségveszteség nagysága miatt a PVY a legjelentősebb (Abd El-Aziz 2020). Kártétele ellen hatékonyan védekezni agrotechnikai módszerekkel nem, kizárólag ellenálló fajták termesztésével lehet. Munkánk során több olyan szülőpartnert állítottunk elő, amelyek a termesztett burgonya különböző, vad rokon fajaiból származóan (*S. stoloniferum*, *S. chacoense*, *S. andigenum*, *S. hougassii*) extrém rezisztenciát biztosító géneket hordoznak. Ezek a gének mind monogén domináns öröklődésmentet követnek. Ha az ilyen géneket egy kópiában hordozó nemesítési vonalakat fogékony szülővel keresztezzük, akkor az utódokban a rezisztens és fogékony egyedek aránya 1:1 lesz. Tehát az utódok fele, függetlenül attól, hogy milyen egyéb

jó, pl. minőségi tulajdonságokkal rendelkeznek, kiesik abból a nemesítési programból, ahol, mint a mi esetünkben is alapelvárás, hogy a jövőbeli fajta PVY immunis legyen.

A PVY-al szembeni rezisztencianemesítés további nehézsége a vírus nagy változékonysága. Az utóbbi évtizedekben a normál O törzs mellett Európában legalább 3 új, korábbi rezisztenciákat letörni képes törzse jelent meg, N, NTN és NTN Wilga (Blanco-Urgoiti és mtsai 1998, Karasev és mtsai. 2011). Ráadásul az NTN törzset, mely egyes fajtáknál súlyos gumónekrózist képes okozni épp Magyarországon írták le először (Beczner és mtsai. 1984).

A nemesítési szelekciós munka hatékonyságát javíthatjuk, a program áteresztő képességét növelni tudjuk, a fajták rezisztenciájának stabilitását az újabb törzsek megjelenésének esetére biztosabbá tehetjük, ha olyan szülőpartnereket használunk, amelyek a PVY-al szembeni rezisztenciagént egynél több kópiában, illetve lehetőség szerint különböző fajokból származóan hordozzák (heteroduplex állapot). Duplex x nulliplex keresztezés esetén az utókban 5:1 lesz a rezisztens és fogékony egyedek aránya, míg triplex x nulliplex keresztezés esetén minden utód rezisztens lesz. Ezekben az esetekben nagyobb figyelmet lehet fordítani a minőségi és más rezisztencia tulajdonságok szelekciójára. Ezen felül hatékony szelekciós módszer megléte esetén jelentősen növelni lehet a vizsgált utódok számát, a program áteresztő képességét. Korábban a perui Nemzetközi Burgonyakutató Központban (CIP) Mendoza és mtsai. (1996) állítottak elő *S. tuberosum ssp. andigenum* vonalak keresztezésével homotriplex vonalakat és számoltak be a rezisztencia megnövelt stabilitásáról. Molekuláris markerek alkalmazásával Kneib és munkatársai közöltek publikációt 2017-ben *S. andigenum* és *S. stoloniferum* alapú duplex nemesítési vonalak azonosításáról (Kneib és mtsai. 2017). A készthelyi nemesítési program e téren elért eredményeiből két publikáció (Polgár és mtsai 2002, Gorji és mtsai. 2017), valamint egy PhD dolgozat készült (Gorji 2011). Ez utóbbiban a szerző beszámol az első heterotriplex nemesítési vonal azonosításáról, ahol mindhárom Ry gén más fajból származik (*S. stoloniferum*, *S. andigenum* és *S. hougasii*).

Az idő és ráfordítás igényes hagyományos nemesítési módszereket pl. vírusrezisztencia kialakítására biotechnológiai módszerekkel részben ki lehet váltani. Ilyen megközelítés például a PVY rezisztencia kialakítására a vírus köpenyfehérjéjét kódoló gén egy szakaszának beépítése a burgonya genomjába (GMO). Régi vírusfogékony magyar fajták (Somogyi kifli, Gülbaba, Mindenes) PVY-al szemben rezisztens vonalaikat e módszerrel sikerrel állították elő Józsa és munkatársai a Burgonyakutatói Központtal együttműködésben (Józsa és mtsai. 2002). A közeli jövőben várható olyan, legújabb molekulárisgenetikai módszerek széleskörű elterjedése a burgonya vírusrezisztencia nemesítésében, melyek már nem tekinthetők GMO- nak. Ilyen pl. a CRISPR-cas9 rendszerre épülő génszerkesztés, melynek alkalmazási lehetőségeiről Tuncel és Qi (2022) valamint Liu és mtsai. (2023) közöltek átfogó ismertetést a közelmúltban.

5.3. Nemesítési vonalak értékmérő tulajdonságainak (rezisztencia, minőség, termőképesség) meghatározására kifejlesztett módszertan alkalmazása

Egy burgonyafajta értékét, termesztési gyakorlatban való elterjedését, sikerességét számos tulajdonságának együttese határozza meg. Az egyes tulajdonságok jelentősége más és más a termelő, a feldolgozóipar és a fogyasztók szempontjából. A minden szempontból ideális fajta kinemesítése ezért szinte lehetetlen. Olyan, a burgonya élettani és virológiai leromlására hajlamosító ökológiai körülmények között, mint amilyenek a Közép-európai régióra jellemzők, különös jelentősége van a fajták biotikus és abiotikus stressztűrésének. A Kárpát medencében pl. már a burgonya ültetésének időpontjában olyan magas a vektornyomás (vírusterjesztő levéltetvek egyedszáma a termőterületen), hogy a hollandiai vetőgumótermesztési gyakorlatnak megfelelően, már a kikelés pillanatában el kellene rendelni a növények szártalanítását. Ez a levéltetvek felszaporodásának kedvező környezet eredményezte azt - együtt a két világháború alatt behurcolt újabb virustörzsek megjelenésével - hogy az új virustörzsekkel szemben fogékony régi magyar és külföldi fajták fajtafenntartása, vetőgumószaporítása az 1970-es évekre ellehetetlenült. Ettől kezdve pedig az ország közel 3 évtizeden át jelentős vetőgumó importra szorult. A kialakuló helyzet tette indokolttá a keszthelyi nemesítési program elindítását, illetve, hogy annak prioritásává a vírus rezisztens fajták kinemesítése vált. A fajtaelőállító keresztezési program szülői kombinációiban a kívánt rezisztenciagének többségét saját, hímsteril anyavonalaink hordozták, míg apának rendszerint valamely minőségjavító tulajdonságú ámde fogékony külföldi fajtát használtuk. Anyavonalaink többsége az Ry, Rx rezisztenciagéneket csupán egy kópiában hordozza, így utódaikban a rezisztens:fogékony egyedek hasadási arányi 1:1. A tenyészkertben meglévő természetes vírusnyomás biztosítja, hogy a vírusfogékony egyedek legkésőbb két szántóföldi év alatt („Anyató” és „A” klón) megfertőződjenek PVY-al. Az ilyen keresztezések egyedeinek ~50 %-át emiatt már a program kezdeti lépéseiben ki lehetett szelektálni. A „D” klón fázisban végzett provokációs kísérletek eredménye igazolta, hogy a 4 éven át végzett szántóföldi szelekcióval 100 %-os biztonsággal azonosítani lehetett a PVY rezisztens és a PVY fogékony vonalakat pusztán a vizuális tünetek megjelenése, illetve azok hiánya alapján. A PVX ellentétben a burgonya Y vírussal nem levéltetvek által, hanem elsősorban mechanikai úton terjed. A szántóföldi tünetek alapján való szelekció ezért nem hatékony. A provokációs tesztek ellenben bizonyították, hogy a kinemesített fajták 36%-ába így is sikerült beépíteni ezt a rezisztenciát is.

A nemesítési programmal párhuzamosan, az 1980-as évektől visszamenőleg hiányzó pedigree adatok pontosítására is folytak intézetünkben kutatások. A White Lady fajtát használva tesztnövényként Cernák és mtsai. (2008a) közleményükben igazolták, hogy a *S. stoloniferumból* származó monogén, domináns öröklődésű Ry_{sto} gén a PVY rezisztenciáért

felelős gén ebben a fajtában. A *S. stoloniferum* eredetű rezisztenciáén kívül a nemesítési programban a *S. chacoense*, *S. tub. ssp. andigenum*, *S. hougassii* és *S. tarnii* fajok Ry génjével is dolgozunk. E fajok utódjai közül az intenzív szelekciós munka ellenére azonban mindeddig csak egyetlen vonalat sikerült eljuttatni a fajtaregisztáció szintjére. Ő a Botond fajta. E fajok gyengébb minőséget, alacsonyabb termőképességet örökítő génjeinek kikeresztzése a nemesítési anyagból még többszöri visszakeresztést és további szigorú szelekciót igényel. A keszthelyi fajták PVX vírus rezisztenciájának eredete is sokáig bizonytalan volt. Publikált szakirodalmi módszertan adaptálásával Ahmadvand és munkatársainak (2013) sikerült bebizonyítani, hogy a Nyugat-európai nemesítési programokban elterjed *S. tuberosum ssp. andigenum* eredetű Rx1 génnel szemben a keszthelyi fajták rezisztenciáját az Rx2 gén kódolja, mely a *S. acaule* fajból származik.

Míg a vírusfertőzések megakadályozásának elsődlegesen a fajtafenntartásban és vetőgumószaporításban van fontos szerepe, addig a fitoftóra rezisztencia a burgonyatermesztés teljes vertikumában kiemelt jelentőségű. A burgonyavész fertőzésének megelőzésére több agrotechnikai, elsősorban vegyszeres, kémiai megoldás létezik. A vírusfertőzés megakadályozásának azonban egyedül hatékony módja a rezisztens fajták termesztése. A környezetvédelmi és élelmiszerbiztonsági elvárások teljesítéséhez szükséges, hogy a fajták legalább bizonyos fokú burgonyavész ellenállósággal rendelkezzenek. Annak ellenére, hogy az utóbbi évtizedekben több, mint 20 „R” gént azonosítottak (Li és mtsai. 2023), leszámítva a GMO és a legújabb molekulárisgenetikai technikákat, a fitoftóra rezisztencianemesítés terén átütő sikert mindmáig nem sikerült elérnie a világ burgonyanemesítőinek (Fry 2008, Stefańczyk és mtsai. 2017). A kórokozó gyors evolúciója (aszekszuális és szekszuális szaporodás), variabilitása, virulencia génjeinek sokasága, gyorsan kialakuló fungicid rezisztenciája, áttelelő oospórái mindmáig a burgonyatermesztés és nemesítés neuralgikus pontjává teszik az ellene való védekezést. A burgonya rokonsági körében számos olyan értékes rezisztenciaforrás van, amelyek felhasználhatók a nemesítésben (Pavek és mtsai. 2001, Peralta és mtsai. 2021). A nemesítési stratégiák két eltérő módot követnek. Az egyik irányzat a teljes körű védelmet biztosító, „R” génes, de rassz specifikus (kvalitatív) rezisztenciát helyezi előtérbe. Az egyes „R” gének beépítése a fajtákba önmagában azonban nem bizonyult tartósnak, ezért több „R” gén kombinálásával (stacking) próbálják a nemesítők növelni a rezisztencia tartósságát. A hagyományos nemesítéssel végzett génkombinálás azonban igen időigényes folyamat, amelyet hátráltat a kívánt tulajdonságokkal kapcsolt nem kívánatos tulajdonságok együttes öröklődése. A biotechnológiai módszereken alapuló génátvitel (GMO) lehetővé teszi több „R” gén együttes beépítését is így kiküszöbölve a kapcsolt öröklődés problémáját (Zhu és mtsai. 2011). A másik megközelítés a „r” génes, kvantitatív jellegű, széles körű, de nem teljes védelmet biztosító

gének hasznosítását helyezi előtérbe. E nemesítési irányzatról a legrészletesebb összefoglalót Ulrich Darsow német burgonyanemesítő jelentette meg (Darsow 2014). A keszthelyi nemesítési program esetében e két alapvető irányzat ötvözéséről beszélhetünk. A *S. demissum* általánosan ismert „R” génjei mellett számos más vad faj génállománya is felhasználásra került a programban. Kísérleteinkkel igazolni tudtuk, hogy a nemesítési programban vannak olyan rezisztenciagének („R” és „r”-ek is), ill. génkombinációk melyekkel az 1-9-es skálán 7-9-es erősségű rezisztencia elérhető az olyan összetett rasszkarakterű izolátumokkal szemben, mint a White Lady és a Vénusz izolátum. A szülőpartnerek szántóföldi provokációs tesztjében pl. a 2024-es kísérletben 15 olyan vonalat azonosítottunk, ahol a 9-es szintű PVY rezisztencia (immunitás) mellett a fitoftóra rezisztencia szintje is elérte a 6-7-es értéket. Ebben a tesztben igazoltuk a legújabb nemesítésű fajta, a Balatoni sárga és a legutóbbi fajtajelölt (Tomaj néven) legalább közepes, 6-os, fitoftóra ellenállóságát. A legtöbb rezisztens vonal genetikai hátterében ott szerepelt a White Lady és a Sarpo Mira fajta. Utóbbiról ismert, hogy genetikai háttere a keszthelyi nemesítési program azon kezdeti évtizedeihez kötődik, amikor Dr. Sárvári István, a fajta nemesítője vezette a programot. A Sarpo Mira mindmáig a világ hagyományos nemesítéssel előállított legfitoftórarezisztensebb fajtája. A fajtában rezisztenciát biztosító gének azonosítására a közelmúltban jelentős kutatási programok indultak. Ezek eredményeként tisztázódott, hogy a magas szintű rezisztenciáért legalább 5 kvalitatív rezisztenciát biztosító „R” gén (R3a, R3b, R4, Smira1, Smira2/R8) együttes jelenléte a felelős (Rietman és mtsai. 2012, Tomzynska és mtsai. 2014). Közülük az R8-as szerepe a legjelentősebb. A rezisztenciagének kifejeződését, a rezisztencia tényleges mértékét azonban nem csak maguk a rezisztenciagének, hanem az adott genotípusok teljes genetikai háttere is befolyásolja (Blatnic és mtsai. 2022).

A 90.364 és 96.367-es szülők a fitoftóra rezisztencia mellett a *S. stoloniferum* és a *S. hougassi* fajokból származóan, heteroduplex formában két Ry gént is hordoznak. Így e szülők kiváló rezisztencia forrásként szolgálhatnak fogékony, de jó kultúr tulajdonságokkal rendelkező keresztezési kombinációkban. Egyes szülőpartnerek saját fitoftóra rezisztenciáját leválasztott levélteszttel, rezisztencia örökítő tulajdonságát pedig különböző keresztezési kombinációkban vizsgáltuk üvegházi, egészszövény fertőzőses kísérletben. A vizsgált 16 szülőpartner között szerepelt két kizárólag „r” génés, horizontális rezisztenciával rendelkező vonal is (FH.97.021.02 és 01.1395.01, személyes közlés), melyeket U. Darsow német nemesítő állított elő. Továbbá szerepeltek olyan szomatikus hibridek utódai is, melyek *S. bulbocastanum* (J101K23), *S. tarnii* (7/27), *S. etuberosum* (17) és *S. comerosnii* (139, 151, Cmm16) faj génjeit is hordozzák (17. Kép). Ezeket a vonalakat a Wisconsin Egyetemről JP. Helgeson professor és R. Thieme a német Julius Kühne Intézet kutatója bocsájtotta rendelkezésünkre. A kísérleti eredmények egyértelműen igazolták, hogy a vizsgált szülőpartnerek genetikai

állománya a fitoftóra rezisztencia vonatkozásában meglehetősen összetett lehet. A vonalak genetikai hátterében több „R” és „r” gén egyidejű működése felelős a rezisztenciaszintekben, ill. az utódok közti eltérő hasadási arányokban tapasztalt különbségekért. Két, a *S. commersonii* faj génjeit hordozó vonal (139 és 152) teljesen fogékonynak bizonyult mindkét izolátum fertőzésével szemben. Őket nem célszerű a jövőben szülőpartnerként felhasználni. A legtöbb vonal esetében azonban bizonyos fokú horizontális rezisztenciát megfigyeltünk. Ez egyértelműen igazolja, hogy genetikai hátterükben, ha vannak is „R” gének, akkor azok olyanok, melyek nem nyújtanak teljes védelmet a két izolátum fertőzésével szemben, illetve a tapasztalt eltérő szintű rezisztenciáért az eltérő számú, illetve eltérő erősségű „r” gének lehetnek a felelősek. Ezeknek a vonalaknak a felhasználása indokolt a további rezisztencianemesítési munkában, különösen olyan párosításokban, ahol a másik szülőpartner is hordoz „r”, vagy „R” típusú rezisztencia géneket.

A legmagasabb szintű extrém rezisztenciát, immunitást a két izolátum fertőzésével szemben csupán a *S. bulbocastanum* faj génjeit hordozó vonalak (J101K23 és 01.626) és a Sarpo Mira fajta esetében tapasztaltuk. A *S. bulbocastanum* eredetű géneket RB (Rpi-blb1), ill. Rpi-blb2 néven Song és mtsai. (2003), Vossen és mtsai. (2005) és Zhu és mtsai. (2012) munkája eredményeként azonosították és izolálták. E gének széleskörű rezisztenciát biztosító képességéről más kutatók is beszámoltak (Rakosy-Tican és mtsai. 2020). Nemesítési célú felhasználásuk a keszthelyi programban folyamatos.

Az egészsz növényes tesztnél könnyebben kivitelezhető, kevésbé időigényes módszer a fitoftórával szembeni reakció vizsgálatára a leválasztott levél teszt. E módszert praktikussága miatt a nemesítők széles körben alkalmazzák (Vleeshouwers és mtsai. 1999, Karki és Halterman 2021) Kísérleteink célja az előzőekhez hasonlóan az volt, hogy egyrészt minősítsük az egyes szülők és szülői kombinációk rezisztencia örökítő képességét, másrészt pedig új, a fitoftóra rezisztenciát hatékonyabban örökítő szülőpartnereket azonosíthassunk. A vizsgálatok során összesen 332 rezisztens egyedet azonosítottunk, melyeket bevontunk részben a szülőpartnerelőállító, visszakeresztelési programba, részben a fajtaelőállító szelekciós munkába. Arányaiban a legtöbb rezisztens utódot akkor kaptunk, amikor magas, kizárólag horizontális rezisztenciával rendelkező vonalat kereszteztünk „R” génes, hiperszenzitív rezisztenciát biztosító szülővel (FH 97.021.02 X 01.217), vagy amikor a *S. bulbocastanum*, illetve a *S. tarnii* eredetű rezisztenciát hordozó vonalat keszthelyi szülővel (01.635 x J101K23, 01.739 x 7/27). A többi esetben tapasztalt közel 1:1-es hasadási arány arra engedett következtetni, hogy ezekben a szülői kombinációkban csak az egyik szülő monogénes „R” típusú rezisztenciagénje felelős a tapasztalt fenotípusért.

A fitoftóra rezisztenciára való nemesítéssel kapcsolatban összességében elmondható, hogy a jellemzett nemesítési vonalak és családok rezisztens egyedei közül a többi rezisztenciális és minőségi tulajdonságok alapján (burgonyarák és fonálféreg rezisztencia, gumó morfológia jellemzők, szántóföldi vírusrezisztenciái, konyhatechnológiai eredmények) számos, kedvező génkonstrukciójú szülőpartnert tudtunk kiválasztani, melyeket folyamatosan felhasználunk a fajtaelőállító keresztezési programban.

A 17. képen a keszthelyi nemesítési program fontos rezisztenciagénjeit biztosító *Solanum* fajokat láthatjuk.

17. Kép A keszthelyi nemesítési programban felhasznált fontos rezisztenciagéneket hordozó néhány *Solanum* faj lomb morfológiája*



*Saját felvételek

A burgonyavész rezisztencia a magas termőképesség, termésstabilitás, kiváló beltartalmi értékek és étkezési minőség, valamint az egyéb károsítókkal és abiotikus stresszekkel szembeni ellenállóképességgel együtt kell, hogy megjelenjen az újabb fajtákban. Ez a kompromisszum-kényszer az oka annak, hogy a kiválasztott fajtajelöltek, illetve az államilag minősített keszthelyi nemesítésű burgonyafajták eltérő burgonyavésszel szembeni rezisztenciával rendelkeznek. Az elvégzett rezisztencia-vizsgálatok ezért nem csupán a szelekciós munka szempontjából, hanem a hatékony, előrejelzést alkalmazó, fajtaspecifikus növényvédelmi technológiai ajánlások elkészítése szempontjából is fontosak. A Burgonyakutatási Központ

ezért valamennyi elismert fajtáját és fajtajelöltjét fogékonysági kategóriákba sorolja és ezek alapján ad védekezési javaslatot a termelőknek (Wolf és Polgár 2023).

A burgonyarák és a burgonya cisztaképző fonálférgek elleni rezisztencianemesítés szintén fontos részét képezi a legtöbb (Obidiegwu és mtsai. 2014, Harrison és mtsai. 2020), így a keszthelyi nemesítési programnak is. A hűvösebb, csapadékosabb klímájú országokban, pl. Németország, Lengyelország az új fajták regisztrációjánál előfeltétel a jelentős gazdasági károkat okozni képes burgonyarák elleni rezisztencia megléte. Magyarországon e kártevők karantén státuszúak. Külföldi vetőgumóval való behurcolás következtében *G. rostochiensis* fertőzés miatt már kellett karantén intézkedéseket bevezetni az ország egyes területein (Elekes-Kaminszky és mtsai. 2004 és 2008). Ilyen esetben a terület 14 évig karantén alá esik és rajta ez idő alatt kizárólag rezisztens fajták termeszthetők. Nemesítési vonalainkon, fajtajelölteinken elvégzett kísérleteink igazolták, hogy e rezisztenciagének nagy gyakorisággal fordulnak elő a keszthelyi nemesítési anyagokban. Számos szülőpartnert és előrehaladott nemesítési stádiumban lévő „C” és „D” klónt azonosítottunk, amelyek legalább egyik, de több esetben mindkét kórokozóval szembeni rezisztenciagéneket hordozzák. Újonnan előállított fajtáink mindegyik legalább az egyik karantén kórokozóval szemben rezisztens. Négy fajtában (Balatoni rózsza, Démon, Katica, Vénusz Gold) pedig mindkét rezisztencia megtalálható.

Nemesítési programunkban a kórokozókkal, kártevőkkel, biotikus stresszekkel szembeni rezisztenciára való szelekcióval párhuzamosan végezzük a nemesítési anyagok abiotikus stresszekkel szembeni értékelését is. Ebben a folyamatban a betakarításkori kiértékelés, illetve a tárolás utáni feldolgozás során kisselektálásra kerülnek a stresszérzékenység gumótüneteit mutató genotípusok (gumótorzulás, repedés, füzéresedés, kihajtás, cérnacsírásosság, stb.).

A nemesítési program előrehaladott fázisában szereplő vonalak („C” és „D”) klónok kiértékelésére kidolgozott komplex módszer egyedi és igyekszik a saját nemesítési céljainknak leginkább megfelelő fajtajelöltek azonosítását a lehető leginkább objektívvé és hatékonyá tenni. A kidolgozott tulajdonság-felvételezési és kiértékelési módszert 24 éve alkalmazzuk. A szántóföldön, betakarításkor felvételezhető adatokat a kiértékelő táblázatban kiegészítik a tenyészidőben felvételezettek, valamint a laboratóriumi minőségi és rezisztenciális tulajdonságok. Minimális információ kiegészítéssel (pl. tenyészidő, fitoftóra rezisztencia) a kiértékelő táblázat alkalmas arra, hogy egységes módszertan szerint összehasonlítvá tegye az adott évben vizsgált vonalakat, s közülük legalább két év „D” klón eredménye alapján ki lehessen választani a fajtabejelentésre legalkalmasabb fajtajelölteket. A módszer

alkalmazásával eddig 7 fajta és egy új fajtajelölt született: Balatoni rózsza, Katica, Démon, Arany Chipke, Botond, Basa, Balatoni sárga (vonalszáma: 09.688) és Tomaj fajtajelölt (vonalszáma 10.437). Egy H2020-as EUs pályázat keretében 5 éven át vettünk részt (2018-2023) 64 európai nemesítők által organikus termesztésre ajánlott fajta összehasonlító vizsgálatában. Köztük 5 saját fajta szerepelt. A magyarországi kísérleti eredmények alapján, kórtani leromlásra hajlamosító körülmények között a gazdaságos organikus („bio”) burgonyatermesztéshez szükségszerű, hogy a fajták a legfontosabb burgonyát károsító biotikus és abiotikus stresszekkel szemben széles körű rezisztenciával rendelkezzenek. Az értékesíthető termés arányában első helyen végzett a Basa fajtánk (nem publikált eredmény), míg a több szempontot figyelembe vevő össz fajtaérték vonatkozásában a Botond fajtánk a második helyezést érte el (Pribék és mtsai. 2021).

5.4. Rezisztenciagénekhez kapcsolt genetikai markerek bevonása a burgonyanemesítési programba

A Burgonyakutatói Központban folyó nemesítési program alapvetése, hogy kizárólag PVY rezisztens (immunis) fajtajelöltek kerülhetnek bejelentésre állami regisztrációs kísérletbe. Következésképp minden fajtaelőállító keresztezésben legalább az egyik szülőnek PVY immunisnak kell lennie, illetve a szelekciós szempontok között ez a tulajdonság áll a legelső helyen. A programban felhasznált rezisztenciagének többsége: Ry_{sto}, Rx1, Rx2, H1 fonálféreg rezisztenciagén (Ellenby 1952), Sen1 burgonyarák rezisztenciagén (Hehl és mtsai. 1999) mind domináns, monogénis öröklődésű. Amennyiben olyan fajtákat szeretnénk kinemesíteni, amelyek ezekkel a kórokozókkal szemben egyidejűleg rezisztensek, akkor a poligénis öröklődésű tulajdonságokat meghatározó, több gén együtt tartásához hasonló feladattal szembesülünk. Ebben az összefüggésben fokozottan szükség van megbízható, hatékony, nagy áteresztőképességű szelekciós módszerek alkalmazására. A DNS alapú markerekre alapozott szelekció ilyen. Ideális, ha a markerek közvetlenül az adott gén szekvenciájából, vagy a génekhez „közel” eső, ezért nagy valószínűséggel együtt rekombinálódó szekvenciákból vannak kifejlesztve (Ramakrishnan és mtsai. 2015, Elison és mtsai. 2020, Sapakhova és mtsai. 2024). Az elmúlt 15 év során a Burgonyakutatói Központ együttműködve a Pannon Egyetem, majd Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem keszthelyi növény genetikai/biotechnológiai csoportjával sikeresen fejlesztett ki saját szelekciós rendszert az Ry_{sto} gén, illetve adaptált, szakirodalomban közölt eljárások módszertani fejlesztésével az Rx1, Rx2 és egyes fitoftóra rezisztencia gének (R1, R2, R3a, R3b) kimutatására és szelekciójára (Cernák és mtsai. 2008b, 2008c, Ahmadvand és mtsai. 2014b, Gorji és mtsai. 2011, Hajianfar és mtsai. 2016). A jelen esetben bemutatott, STM0003-111 markerrel végzett kísérlet eredménye alapján 22 vizsgált

szülőpartnerből egy kivételével mindet sikeresen jellemeztük az Rysto rezisztenciagénre nézve. Az egyetlen, egyértelműen félrediaosztizált vonal a német eredetű FH97.029.02-es volt, ahol a marker jelenléte ellenére a vonal vírus fogékonyak bizonyult az üvegházi mesterséges fertőzési tesztben. A marker sikeresen igazolta a pedigree alapján ismert lengyel Lavina fajta rezisztenciáját. A Sárvári fajták esetében pedig rávilágított arra, hogy ahogy a keszthelyi nemesítési programban, úgy ebben a magán nemesítési programban is több, nem csak a *S. stoloniferum* fajból származó Ry gén (pl. *S. tub. ssp. andigenum*, vagy *S. hougasii* eredetű) került, vagy kerülhetett felhasználásra, melyeket az Ry_{sto} marker nem képes kimutatni.

Az Ry_{sto} gén szelekcióra való alkalmasságát a dolgozatban a White Lady x Pekaro keresztezés egyedeinek jellemzésével mutattuk be. A kapott hasadási arány a viszonylag kis egyedszám ellenére megfelelt a várt 1:1 hasadási aránynak, tehát a marker megbízhatóan mutatja ki a vizsgált rezisztenciagént. Egy korábbi publikált kísérletünkben (Cernák és mtsai. 2008b) már megállapítottuk, hogy a rezisztenciagén egy kópiában van jelen a White Lady fajtában és a gén monogén, domináns öröklődésmentet követ. Akkor négy keszthelyi keresztezési kombináció (White Lady x S438, White Lady x S440, White Lady x Impala és Rioja x S440) összesen 547 egyedet jellemeztük az Ry_{sto} rezisztenciagénre nézve. Ezeket az eredményeket provokációs vírusfertőzést követően szerológiai módszerrel (DAS-ELISA) is visszaellenőriztük, melynek alapján a szelekció megbízhatósága eléri a 99%-ot.

A PVX fertőzésével szembeni rezisztencianemesítés során a keszthelyi White Lady (Rx1 gén hordozó) és a Cara írországi (Rx2 gén hordozó) fajtát kereszteztük egymással. A bemutatott kísérletben a két génhez kapcsolt markerrel meghatároztuk a PVX rezisztens egyedeket, és 6 olyan genotípust azonosítottunk, amelyek heteroduplex módon mindkét fajból származó PVX rezisztenciagént hordozzák (még nem publikált eredmények). Ilyen vonalakat szülőként alkalmazva egy nulliplex genotípussal való keresztezésben, hasonlóan a PVY duplex szülőkhöz, az utódok 75%-a PVX rezisztens lesz, ami jelentősen javíthatja a PVX rezisztencia és más fontos tulajdonságokra való együttes szelekció hatékonyságát, illetve a rezisztencia tartósságát.

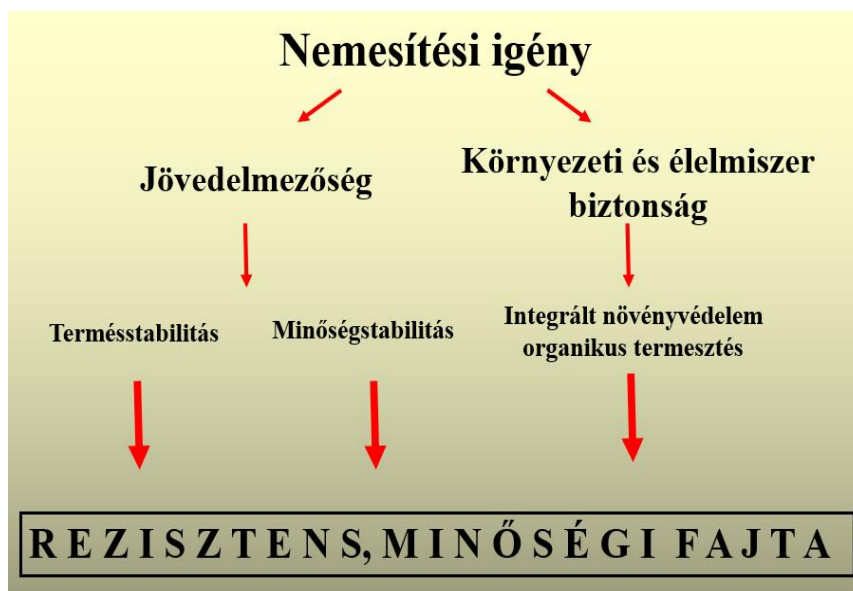
Nemesítési programunkban a rendelkezésre álló források függvényében mindhárom vírusrezisztenciagénhez kifejlesztett szelekciós rendszert felhasználjuk.

5.5. Integrált Burgonyanemesítési Program kidolgozása

Versenyképes, jövedelmező burgonyatermesztés, amely figyelembe veszi a környezet- és fogyasztóvédelem, élelmiszerbiztonság növekvő elvárásait, kizárólag intenzív, magas termőképességű, kiváló étkezési és feldolgozóipari minőségű fajták termesztésével képzelhető

el. Ehhez a fajtáknak összetett biotikus és abiotikus stressz rezisztenciával kell rendelkezniük (15. Ábra).

15. Ábra Versenyképes burgonyafajták előállításának igény szempontjai



Ezen alapvetéseket figyelembe véve fogalmaztuk meg nemesítési programunk céljait és alakítottuk ki saját módszertanunkat.

Minden egyes nemesítési program a számos módszertani hasonlóság mellett rendszerint egyedi megoldásokat is alkalmaz a céljai, rendelkezésre álló genetikai háttere, infrastrukturális, humánerőforrás és finanszírozási lehetőségei függvényében. Esetünkben célunk a Keszthelyen már 40 éve működő, vad fajok rezisztenciagénjeinek bevonására épülő hagyományos nemesítési program megreformálása, hatékonyságának növelése volt. Ehhez a programba több újítást vezettünk be:

1. Családok és szülőpartnerek nemesítési értékének megbecslése kisszámú utódok jellemzése alapján.
2. PVY extrém rezisztenciagént több kópiában hordozó szülői genotípusok azonosítása és bevonása a nemesítésbe.
3. DNS alapú markerekre alapozott szelekció bevezetése egyes rezisztenciagének nyomon követésére.
4. Új rezisztenciaforrások bevonás a nemesítési programba.
5. Fajtajelöltek, „C” és „D” klónok komplex kiértékelő módszertanának alkalmazása.

5.6. A programban kinemesített burgonyafajták tulajdonságai

A dolgozatban bemutatott nemesítési program működése alatt összesen 10 új fajta és egy jelenleg regisztrációs kísérletben szereplő fajtajelölt született. A program kezdeti időszakában nemesítői közreműködéssel kinemesített három fajta közül (Lorett, Luca XL és Vénusz Gold) a Lorett előállításában a jelenlegi módszertan alkalmazására még nem került sor, a Luca XL és a Vénusz Gold esetében is csak részlegesen, a nemesítési program legutolsó fázisaiban (regisztráció éve a fajták sorrendjében: 2002, 2005 és 2006).

A kinemesített fajták főbb tulajdonságait a 25-26. Táblázatban és a 18. Képen mutatjuk be.

A 27. Táblázatban a fajták nemesítői szerepelnek, feltüntetve a regisztráció évét, az egyes személyek nemesítői részarányát, valamint a fajták szabadalmi státuszát.

25. Táblázat Az elmúlt két évtizedben nemesített keszthelyi burgonyafajták főbb tulajdonságai*

Név	Érésidő	Héj szín	Hús szín	Alak	Nyers szürkülés	Főzési szürkülés	Sütési szín	Főzési típus	Gumó nyugalmi idő	Termőképesség t/ha [#]
Arany Chipke	K	S	S	G	4	5	5	C	közepes	45-55
Balatoni rózsza	KO	R	HS	O	5	5	5	B	hosszú	60-80
Balatoni sárga	K	S	S	O	5	5	4	B/C	rövid	50-60
Basa	K	S	S	HO	5	5	4	A	közepes	50-60
Botond	SKO	R	HS	GO	4	4	3	B	közepes	60-80
Démon	K	R	HS	O	4	4	4	C	hosszú	50-60
Katica	K	R	HS	O	5	5	4	B	rövid	50-70
Lorett	K	HR	HS	HO	4	4	3	B	hosszú	70-90
Luca XL	KÉ	HR	HS	HO	3	4	3	B	hosszú	60-80
Vénusz Gold	KÉ	S	F	O	4	4	4	C	nagyon hosszú	40-50
Tomaj fj.	K	R	HS	GO	4	4	4	B	közepes	60-80

* S = sárga, HS = halványsárga, R = rózsza, F = fehér, G = gömbölyű, O = ovál, HO = hosszú ovál

[#] gyakorlati tapasztalatok alapján

26. Táblázat Az elmúlt két évtizedben nemesített keszthelyi burgonyafajták főbb tulajdonságai*

Név	PVY	PVA	PVX	PLRV	PVS ⁺	Fonálféreg G.ro. 1,4	Burgonya rák, D1	Fitoftóra lombon*	Varasodás [#]	Ezüst- foltosság [#]	Komplex abiotikus stressztűrés [#]
Arany Chipke	9	9	9	7	-	9	3	5	6	6	7
Balatoni rózsa	9	9	9	7	-	9	9	5	6	6	8
Balatoni sárga	9	9	-	7	-	9	5	5	7	5	7
Basa	9	9	-	7	-	-	9	6	7	7	6
Botond	9	8	-	7	-	1	9	6	7	7	5
Démon	9	9	-	7	-	9	9	4	7	5	8
Katica	9	9	-	7	-	9	9	4	6	6	6
Lorett	9	9	9	7	-	9	2	4	5	7	6
Luca XL	9	9	9	7	+	-	9	4	5	7	5
Vénusz Gold	9	9	-	7	-	9	9	7	6	6	5
Tomaj fj.	9	9	9	7	-	9	2	6	7	7	7

* 1 nagyon fogékony; 2-4-ig fogékony; 5-6 közepesen ellenálló; 7-8 magasan ellenálló; 9 immunis, megfertőzhetetlen
+ hiperszenzitív rezisztencia, - fogékony, # gyakorlati tapasztalatok alapján, a minőségi hibák összességét tekintve

18. Kép A programban kinemesített jelentősebb fajták gumóképei*



*Saját felvételek

27. Táblázat Az elmúlt két évtizedben nemesített keszthelyi burgonyafajták nemesítői, elismerésük éve, szabadalmi státuszuk

Fajta	Fajtaelismerés éve	Nemesítők	Nemesítói részarány (%)	Szabadalom formája, száma
Balatoni sárga	2025	Polgár Zsolt	50	
		Vaszily Zsolt	30	
		Wolf István	20	
Basa	2017	Polgár Zsolt	40	
		Vaszily Zsolt	30	
		Wolf István	10	
		Bilinszki Alíz	10	
		Cernák István	5	
		Taller János	5	
Botond	2015	Polgár Zsolt	50	CPVO 42428
		Vaszily Zsolt	25	
		Wolf István	15	
		Bilinszki Alíz	10	
Arany Chipke	2013	Polgár Zsolt	55	
		Vaszily Zsolt	20	
		Wolf István	15	
		Bilinszki Alíz	10	
Démon	2009	Polgár Zsolt	50	CPVO 27801
		Wolf István	25	
		Pintér János	10	
		Lönhárd Miklós	10	
		Vaszily Zsolt	5	
Balatoni rózsza	2007	Polgár Zsolt	50	CPVO 26012
		Wolf István	25	
		Pintér János	15	
		Lönhárd Miklós	10	
Katica	2007	Polgár Zsolt	50	CPVO 33465
		Wolf István	25	
		Pintér János	15	
		Lönhárd Miklós	10	
Vénusz Gold	2006	Horváth Sándor	35	
		Lönhárd Miklós	20	
		Polgár Zsolt	20	
		Wolf István	15	
		Pintér János	10	
Luca XL	2005	Horváth Sándor	45	
		Lönhárd Miklós	25	
		Wolf István	15	
		Pintér János	10	
		Polgár Zsolt	5	
Lorett	2002	Horváth Sándor	35	MSZH 000050
		Lönhárd Miklós	30	
		Wolf István	15	
		Pintér János	15	
		Polgár Zsolt	5	
Tomaj fajtajelölt	2027 (várhatóan)	Polgár Zsolt	60	
		Wolf István	30	
		Somogyi Adrienna	10	

A kinemesített burgonyafajták nemzetközi viszonylatban is egyedülállók. Olyan komplex biotikus és abiotikus stresszrezisztenciával rendelkeznek, amely ismereteink szerint egyetlen más fajtáról sem mondható el. A rezisztenciák mellett sem termőképességben, sem minőségi

tulajdonságokban nem maradnak el a fogékony konkurens fajtáktól. „Ízvilágban”, amely ugyan szubjektív kategória, a fogyasztói visszajelzések alapján több fajta is kimagaslik a forgalomban lévő fajták közül. Étkezési minőségük, gasztronómiai értékük alapján négy fajta (Balatoni rózsza, Botond, Katica és Démon) a Prémium Hungarikum Egyesület minősítése alapján elnyerte a PRÉMIUM HUNGARICUM védjegy használati jogát (19. Kép).

19. Kép Prémium Hungarikum védjegy



Termés stabilitásukat mind éven belül, mind több éven át való termesztés (visszaültetés) során megtartják jelentősebb termésveszteség és minőségi leromlás nélkül. E tulajdonságaikat a 28-29. Táblázatban a fajtaregisztáció során, a minősítést végző hatóságok (MGSZH, NÉBIH) által szolgáltatott információkból kigyűjtött adatok is megerősítik. Kiváló tulajdonságaikat a nemesítésük során felhasznált számos vad és termesztett burgonya faj genetikai állománya ötvözésének és a hatékony szelekciós munkának köszönhetik.

28. Táblázat Burgonyafajták terméseredménye a fajtaregisztációs kísérlet "e", utántermesztett egy éves fokozatában, a kontrol fajtához* viszonyítva, öt kísérleti hely átlagában

Fajta	Termés (t/ha)	%
Balatoni rózsza	33,2	110,9
Cleopatra*	29,4	100
Botond	22,5	126,7
Cleopatra*	18,0	100
Arany Chipke	26,2	133,7
Lady rosetta*	19,6	100
Basa	31	140,9
Somogyi kifli*	22	100

29. Táblázat Burgonyafajták alaktani minőségi problémáinak előfordulása a fajtaregisztációs kísérlet "e", utántermesztett egy éves fokozatában, a kontrol fajtákhoz* viszonyítva, öt kísérleti hely átlagában

Fajta	Alaktalan gumó (%)		Repedt gumó (%)	
	2005	2006	2005	2006
Év				
Balatoni rózsa	8,3	15	0,3	10,7
Cleopatra*	31,3	33,3	4,3	17,7
Katica	11	24	2	4,7
Désiree*	27	31,7	1,5	6
Év	2007	2008	2007	2008
Démon	6	11	1,3	2,2
Désirée*	37	41,3	1,3	4

A fajták vírusrezisztenciája (elsősorban a PVY-al szemben) biztosítja, hogy egészséges vetőgumójukat elő lehessen állítani leromlásra erősen hajlamosító körülmények között is, illetve, hogy velük meg lehetett törni a magyar burgonyatermesztés külföldi fajtáktól való teljes függőségét, vissza lehetett szorítani a vetőgumóimport mennyiségét. Étkezési burgonyatermesztésben a fajták részaránya 2024-ben becslés és szakmai számítások alapján elérte a 18-20 %-ot, vetőburgonyatermesztésben a hivatalos NÉBIH adatok alapján az 50 %-ot. A programban kinemesített fajták közül a Balatoni rózsa, Botond és Démon fajtákat fajtaképviseleti licenz szerződések alapján Magyarországon kívül jelenleg a következő országokban termesztik: Németország, Dánia, Horvátország, Szerbia, Románia, Pakisztán és Üzbegisztán.

- A Balatoni rózsa, majd utóbb a Botond fajták lettek a Burgonyakutatói Központ, s tudomásunk szerint a világ első olyan fajtái, amelyekben sikerült a vad rokon fajokból származó összetett rezisztenciákat és a hozzájuk szorosan kapcsolt hosszú tenyészidőt szétválasztani. A magas termőképességet, kiváló étkezési minőséget korai tenyészidővel párosítani. A hazai organikus („bio”) burgonyatermesztésben a Balatoni rózsa a vezető fajta.
- A Katica és a Démon fajtákban a rezisztenciák megőrzése mellett sikerült a rózsa héjszint, sárga hússzint, nem lisztes, nem szétfővő „B”, „B/C” főzési típussal, kicsomagolásra alkalmas héjminőséggel, kiváló forma és méret tartóssággal, magas terméspotenciállal párosítani.

- Az Arany Chipke nem csak a Burgonyakutatói Központ, de egyben a világ legelső PVY rezisztens feldolgozóipari minőségű fajtája. Ebben a fajtában sikerült első ízben a vad fajok rezisztenciáit arra a szintre emelni, hogy a termés a legmagasabb minőséget kívánó chips gyártásra is alkalmas legyen.
- A Basa (Balatoni saláta rövidítése) fajta az 1960-as évekből származó, közkedvelt, de minden fontosabb betegséggel szemben fogékony Somogyi sárga kifli fajta leváltására lett kinemesítve. Szintén „A” főzési típusú, étkezési minősége, íze közel azonos a Somogyi kifliével, de már PVY rezisztens, így gazdaságosan termesztethető.
- A Vénusz Gold a Központ legösszetettebb, legmagasabb szintű rezisztenciával rendelkező fajtája, amely minősítéskor, mint kimondottan biotermesztésre javasolt fajta kapott állami minősítést. E fajta hosszú tenyészideje, és túl hosszú nyugalmi ideje, sárga héja és fehér hússzíne, „C” főzési típusa miatt nem tudott a köztermesztésben elterjedni. Listántartása emiatt nem lett meghosszabbítva.
- A Balatoni sárga a Központ legfiatalabb, s egyben első sárga héjú, sárga húsú, abszolút vegyes hasznosítású fajtája. Átlagos gumómérete, gumóformája és alakstabilitása kimondottan alkalmassá teszi a mosott, kis kiszerezésű forgalmazásra.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A magyarországi burgonyaágazat az elmúlt évtizedekben, de különösen az Európai Unióhoz való csatlakozásunk óta folyamatos hanyatlásban van. Drasztikusan lecsökkent a termőterület, gyakorlatilag megszűnt a burgonya feldolgozóipara. Az ágazat versenyképességének csökkenése alapvetően a termelés biológiai alapjainak hiányára (egészséges vetőburgonya) és a külföldi, vírusfogékony fajtákra alapuló termesztésre vezethető vissza.

A keszthelyi Burgonyakutatói Központban az elmúlt több, mint két évtizedben a nemesítési programban irányításommal, mint operatív vezető és nemesítő következetesen folytattuk azt a nemesítési, kutatási munkát, melynek legfőbb célkitűzése, olyan fajták kinemesítése volt, melyek termesztésével versenyképes alternatívát adhatunk a termesztőknek a külföldi fajták egyeduralmával szemben. Céljaink érdekében ezen időszak alatt számos, a szelekciós munka hatékonyságát növelő új kutatási eredmény született és került alkalmazásra. Ilyen eredmény a komplex szülőpartner és fajtajelölt kiértékelési módszerek kidolgozása; a rezisztenciagének több kópiában hordozó heteroduplex szülőpartnerek előállítása; a rezisztenciagenetikai bázis bővítése; a saját fajták hiányzó pedigree adatait pótló, a burgonya X és Y vírusokkal szembeni rezisztencia génjeinek eredetét igazoló vizsgálatok; az egyes rezisztenciagénekhez kapcsolt DNS alapú molekuláris markerek fejlesztése és szelekciós markerként való alkalmazása. A felsorolt módszertani fejlesztések szerves integrálása, egy olyan új, komplex nemesítési program kidolgozását eredményezte, mellyel jelentősen növelni lehetett a program áteresztőképességét, a szelekciós munka hatékonyságát. A nemesítési program alkalmazásának eredményeként hét új burgonyafajta kapott állami elismerést (gyakorlatilag minden bejelentésre kerülő fajtajelölt). A fajták összetett biotikus és abiotikus stressz tűrő képességük, kiváló minőségük, magas termőképességük és termésstabilitásuk miatt nemzetközileg is egyedinek számítanak. Ismereteink szerint az Arany Chipke fajta az első PVY rezisztens feldolgozóipari célfajta, míg a Basa fajta szintén az első PVY rezisztens saláta burgonyafajta. A fajták termesztése mind Magyarországon, mind számos külföldi országban sikerrel folyik.

7. IRODALOMJEGYZÉK

Abd El-Aziz MH. (2020): The Importance of Potato virus Y Potyvirus. J Plant Sci Phytopathol. 2020; 4: 009-015., DOI: 10.29328/journal.jpssp.1001044

Adolf, B., J. Andrade-Piedra, F.B. Molina, J. Przetakiewicz, H. Hausladen, P. Kromann, A. Lees, H. Lindqvist-Kreuze, W. Perez & G.A. Secor (2020): Fungal, Oomycete, and Plasmodiophorid Diseases of Potato. In: Campos, H., Ortiz, O. (eds) The Potato Crop. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_9

Agha HI., JB. Endelman, J. Chitwood-Brown, M. Clough, J . Coombs, WS. De Jong, DS. Douches, CR. Higgins, DG. Holm, R. Novy, MFR Resende, V. Sathuvalli, AL. Thompson, GC. Yench, L. Zotarelli, LM. Shannon (2024): Genotype-by-environment interactions and local adaptation shape selection in the US National Chip Processing Trial, Theor Appl Genet 10;137(5):99. [doi: 10.1007/s00122-024-04610-3](https://doi.org/10.1007/s00122-024-04610-3)

Ahmadvand R., I. Wolf, A. M. Gorji, Z. Polgár, J. Taller (2013): Development of Molecular Tools for Distinguishing Between the Highly Similar Rx1 and Rx2 PVX Extreme Resistance Genes in Tetraploid Potato. Potato Research 56:277–291, [DOI 10.1007/s11540-013-9244-y](https://doi.org/10.1007/s11540-013-9244-y)

Ahmadvand R, P. Pocza, R. Hajianfar, B. A. M. Gorji, Z. Polgár, J. Taller (2014a): Next generation sequencing based development of intron-targeting markers in tetraploid potato and their transferability to other *Solanum* species. Gene, 540 (1): 117-121, [DOI:10.1016/j.gene.2014.02.045](https://doi.org/10.1016/j.gene.2014.02.045)

Ahmadvand R, Taller J, Wolf I, Vaszily Zs, Cernák I, Polgár Zs. (2014b): Burgonya X vírussal szembeni extrém rezisztenciagének molekuláris vizsgálata a készthelyi nemesítési anyagokban. Növénynemesítés a megújuló mezőgazdaságban. XX. Növénynemesítési Tudományos Nap (2014, március 18). o. 374-378, ISBN 978-963-8351-42-5

Ahmed I, JC Biswas, S. Ishtiaque, T. Zahan, AHS. Jahan, A. Islam, LA. Al-Shuraym, S. Sayed, A. Gaber, A. Hossain (2024): Yield stability among potato varieties suitable for different agroecological regions of Bangladesh, Heliyon 10:1-14., [DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e31633](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31633)

Austin, S., and J. P. Helgeson, 1987: Interspecific somatic fusions between *Solanum brevidens* and *S. tuberosum*. In: D. Wettstein, and N.-H. Chua (eds), Plant Molecular Biology, 209—222. Plenum Publishing Corp., New York.

Awasthi, L.P., HN. Verma (2017): Current status of viral diseases of potato and their ecofriendly management-A critical review. Virology Research Reviews, 1(4), 1–16.

Bakonyi J., Laday M., Dula T., and Ersek T. (1998): Characterisation of *Phytophthora infestans* isolates from Hungary. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica 33: 49–54

Bakonyi J., Laday M., Dula T., and Ersek T. (2002): Characterisation of isolates of *Phytophthora infestans* from Hungary. European Journal of Plant Pathology 108: 139–146, 2002.

Bashir, I., R. Nicolao, G. Heiden (2021): Wild potatoes: A genetic reservoir for potato breeding. In Rai M. K., Kalia R. K., Singh R., Sharma R., & Dhawan A. K. (Eds.), Wild germplasm for genetic improvement in crop plants (pp. 215–240). Academic Press

Bayarugaba, AA., Mukasa, SB., Settumba B., Barekye, A. and Rubaihayo, PR (2020): Interactive effects of Potato virus Y and Potato leafroll virus infection on potato yields in Uganda, Open Agriculture, vol. 5, no. 1, 2020, pp. 726-739. <https://doi.org/10.1515/opag-2020-0073>

Beczner, L., J. Horvath, I. Romhanyi, and H. Forster. (1984): Studies on the etiology of tuber necrotic ringspot disease in potato. American Journal of Potato Research. 27: 339-352.

Bethke P.C., Halterman D.A., Francis D.M., Jiang J., Douches D.S., Charkowski A.O., Parsons J. (2022): Diploid Potatoes as a Catalyst for Change in the Potato Industry, Am. J. Potato Res. <https://doi.org/10.1007/s12230-022-09888-x>

Bird G.W., és Vernet L.G. (2025): Potato nematodes, A Farm Guide to Nematode Diagnostics and Management, Appendix B.
https://www.canr.msu.edu/ent/uploads/files/George_Bird_bio_PDFs/Potato_nematodes.pdf, 2025. 02. 03.

Bitew MW, AT Bogale, EM. Tegegne, ME. Fentie, BG. Mebratie, GA. Emrie, TA. Wasie, SA. Koleh, DA. Mekonen, AM. Abereha, ES. Hussien, KN. Adera, DF. Limeneh, NF. Hunde, GG. Yinberberu, ZK. Beyene (2024): Yield performance and Stability of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Genotypes Derived from Crossing for Variety Development in Ethiopia American Journal of Potato Research 101:450–467.

Black W, Mastenbroek C, Mills WR, Peterson LC (1953): A proposal for an international nomenclature of races of *Phytophthora infestans* and of genes controlling immunity in *Solanum demissum* derivatives. Euphytica 2:173–179.

Blanco-Urgoiti B., M. Tribodet, S. Leclere, F. Ponz, C. Pérez de san román, F.J. Legorburu, C. Kerlan (1998): Characterization of potato potyvirus Y (PVY) isolates from seed potato batches. Situation of the NTN, Wilga and Z isolates. European Journal of Plant Pathology 104, 811–819. <https://doi.org/10.1023/A:1008698719645>

Blatnik, E.; Horvat, M.; Berne, S.; Humar, M.; Dolničar, P.; Meglič, V. Late Blight Resistance Conferred by Rpi-Smira2/R8 in Potato Genotypes In Vitro Depends on the Genetic Background. *Plants* 2022, 11, 1319. <https://doi.org/10.3390/plants11101319>

Bonierbale, M.V., Amoros W.R., Salas E., and de JongW. (2020): Potato breeding, in: The Potato Crop, ed. by H. Campos & O. Ortiz, Springer, pp. 163-218. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5>

Bradshaw JE., GR. Mackay (1994): Potato Genetics
CABI, ed. by: Bradsaw JE. ISBN-10: 0851988695

Bradsaw JE. (2022a): Potato Breeding. Theory and Practice, Springer, ISBN-10: 3030644162, ISBN-13: 978-3030644161

Bradsaw JE. (2022b): A Brief History of the Impact of Potato Genetics on the Breeding of Tetraploid Potato Cultivars for Tuber Propagation. Potato Research, 65:461–501, <https://doi.org/10.1007/s11540-021-09517-w>

Brodie, B. B., Evans, K., and Franco, J. (1993): Nematode parasites of potatoes, in Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture, eds K. Evans, D. L. Trudgill, and J. M. Webster (Wallingford: Cab International), 87–132.

Brown, E. B., and Sykes, G. B. (1983): Assessment of the losses caused to potatoes by the potato cyst nematodes, *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. Ann. Appl. Biol. 103, 271–276.

Buttimer, C., McAuliffe, O., Ross, R. P., Hill, C., O'Mahony, J., and Coffey, A. (2017). Bacteriophages and bacterial plant diseases. Front. Microbiol. 8:34. [doi: 10.3389/fmicb.2017.00034](https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00034)

Cernák, I., K. Decsi, S. Nagy, I. Wolf, Z. Polgár, G. Gulyás, Y. Hirata, J. Taller (2008a): Development of a locus-specific marker and localisation of the Rysto gene based on linkage to a catalase gene on chromosome XII in the tetraploid potato genome. Breeding Science 58: 309-314.

Cernák I, Decsi K, Vaszily Zs, Wolf I, Polgár Zs, Taller J (2008b): PCR-alapú markerek alkalmazása a PVY extrém rezisztenciagént hordozó burgonya genotípusok szelekciójára. Növénytermelés. Tom. 57 no. 3. 245-251.

Cernák, I., Taller, J., Wolf, I., Fehér, E., Babinszky, G., Alföldi, Z., Csanádi G., Polgár, Z. (2008c): Analysis of the applicability of molecular markers linked to the PVY extreme resistance gene Rysto, and the identification of new markers. Acta Biologica Hungarica 59 (2), pp. 195–203.

Charkowski, A., Sharma, K., Parker, M.L., Secor, G.A., Elphinstone, J. (2020). Bacterial Diseases of Potato. In: Campos, H., Ortiz, O. (eds) The Potato Crop. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_10

Consortium, P. G. S. (2011). Genome sequence and analysis of the tuber crop potato. Nature 475, 189–195. [doi: 10.1038/nature10158](https://doi.org/10.1038/nature10158)

Coomber, A., Saville, A. & Ristaino, J.B. (2024): Evolution of *Phytophthora infestans* on its potato host since the Irish potato famine. Nat Commun 15, 6488, <https://doi.org/10.1038/s41467-024-50749-4>

Darsow U. (2014): Pre-breeding and breeding of potatoes for quantitative resistance to *Phytophthora infestans* on foliage and tubers and for different utilization - problems, solutions and results, Julius Kühn Archiv 441, DOI 10.5073/jka.2014.441.000

Demirel U., S. Çalışkan, C. Yavuz, İ. Tindaş, Z. Polgar, Z. Vaszily, I. Cernák, M. E. Çalışkan (2017): Assessment of morpho-physiological traits for selection of heat tolerant potato genotypes. Turk J Agric For. (2017) 41: 1-15., [doi:10.3906/tar-1701-95](https://doi.org/10.3906/tar-1701-95)

Dong S, S. Zhou (2022): Potato late blight caused by *Phytophthora infestans*: From molecular interactions to integrated management strategies, Journal of Integrative Agriculture, Volume 21, Issue 12, pp. 3456-3466, ISSN 2095-3119, <https://doi.org/10.1016/j.jia.2022.08.060>

Elekes-Kaminszky M, Fekete-Palkovics A, Avar K, Baranyai-Toth R, Bartfai J, Budai C, Cziklin M, Farkas I, Gal T, Gyorffy-Molnar, J, Gyulai P et al. (2004): Second nation-wide survey of the potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* and *G. pallida*) between 1999-2002. Növényvédelem 40(9), 463-469.

Elekes-Kaminszky M, Fekete-Palkovics A, Toth A, Avar K, Balogh L, Baranyai-Toth R, Bartfai J, Budai C, Cziklin M, Toth AC, Domak B et al. (2008): The third nation-wide survey for potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* /Woll./ and *G. pallida* Stone) in Hungary (2003-2006). Növényvédelem 44(12) 615-622.

Ellenby, C. 1952. Resistance to the Potato Root Eelworm, *Heterodera Rostochiensis* Wollenweber. Nature 170:1016-1016.

Elison, G.L., Hall, D.G., Novy, R.G., Whitworth J.L. (2020): Development and Application of a Multiplex Marker Assay to Detect PVY Resistance Genes in *Solanum tuberosum*. Am. J. Potato Res. 97, 289–296 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12230-020-09777-1>

Esztergályos Á., Zs. Polgár (2020): The effect of chemical treatments on the tuber dormancy of Hungarian potato varieties, *Potato Research* Vol. 64/3 327-337., DOI: 10.1007/s11540-020-09479-5

Ezekiel R. and Singh, B.: 2003. Influence of relative humidity on weight loss in potato tubers stored at high temperatures. *Indian Journal of Plant Physiology* 8, pp. 141-144.

FAOSTAT (2025): <https://www.fao.org/faostat/en/#data>

Fehér A, Preiszner J, Litkey Zs, Csanádi Gy, Dudits D (1992): Characterisation of chromosome instability in interspecific somatic hybrids obtained by X-ray fusion between potato (*Solanum tuberosum* L.) and *S. brevidens* Phil., *Theor. Appl. Genet.* 84: 880-890.

Flis B, L. Domański, E. Zimnoch-Guzowska, Z. Polgar, S. Á. Pousa, A. Pawlak (2014): Stability analysis of agronomic traits in potato cultivars of different origin. *Am. J. Potato Res.* (2014) 91:404-413, DOI 10.1007/s12230-013-9364-6

Frank K., E. Nagy, J. Taller, I. Wolf, Z. Polgár (2024): Characterisation of the complete chloroplast genome of *Solanum tuberosum* cv. White Lady, *Biologia Futura* <https://doi.org/10.1007/s42977-024-00240-4>

Fry, W. (2008): *Phytophthora infestans* the plant (and R gene) destroyer. *Mol. Plant Pathol.* 9, 385–402.

Fry, W. E., McGrath, M. T., Seaman, A., Zitter, T. A., McLeod, A., Danies, G., Small, I. M., Myers, K., Everts, K., Gevens, A. J., Gugino, B. K., Johnson, S. B., Judelson, H., Ristaino, J., Roberts, P., Secor, G., Seebold, K., Snover-Clift, K., Wyenandt, A., Smart, C. D. (2013): The 2009 late blight pandemic in the eastern United States - Causes and results. *Plant disease*, 97(3), 296-306. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-12-0791-FE>

Gartner U., H. Ingo, B. Lynn, C. Xinwei, M. Sophie, S. Sanjeev, D. Louise-Marie, K. Joseph C., J. John T., B. Glenn J., B. Vivian C. 2021: Resisting Potato Cyst Nematodes With Resistance, *Frontiers in Plant Science*, Vol. 12. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2021.661194>, DOI: 10.3389/fpls.2021.661194

Gebhardt C, Li L, Pajerowska-Mukthar K, Achenbach U, Sattarzadeh A, Bormann C, Ilarionova E and Ballvora A (2007): Candidate Gene Approach to Identify Genes Underlying Quantitative Traits and Develop Diagnostic Markers in Potato. *Crop Science* 47: 106-111.

Girsova, N.V., K.D. Bottner-Parker, D.Z. Bogoutdinov, Y.I. Meshkov, K.A. Mozhaeva, T.B. Kastalyeva, I.M. Lee (2016): Diverse phytoplasmas associated with potato stolbur and other related potato diseases in Russia. *Eur. J. Plant Pathol.*, 145, pp. 139-153.

González-Jiménez J., B. Andersson, L. Wiik, J. Zhan (2023): Modelling potato yield losses caused by *Phytophthora infestans*: Aspects of disease growth rate, infection time and temperature under climate change, *Field Crops Research*, Volume 299, ISSN 0378-4290, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108977>.

Gorji A.M. (2011): Increasing the efficiency of potato resistance breeding with conventional and molecular genetic methods. PhD thesis, University of Pannonia.

Gorji A.M., Ahmadvand R., Taller J., Wolf I., Polgár Z. (2017): Genetic multiplex state study of some advanced potato clones conferring Potato virus Y NTN (PVYNTN) extreme resistance. *Crop Breeding Journal*, 2017. 7. pp. 15-22. doi.[10.22092/CBJ.2018.112932](https://doi.org/10.22092/CBJ.2018.112932).

Hajianfar, R., B. Kolics, I. Cernák, I. Wolf, Z Polgár, J. Taller (2016): Expression of biotic stress response genes to *Phytophthora infestans* inoculation in White Lady, a potato cultivar with race-specific resistance to late blight. *Physiological and Molecular Plant Pathology* vol. 93. pp 22-28, ISSN 0885-5765, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0885576515300357>

Halterman, D., Guenthner, J., Collinge, S. Butler, N., Douchez, D. (2016): Biotech Potatoes in the 21st Century: 20 Years Since the First Biotech Potato. *Am. J. Potato Res.* 93, 1–20 (2016). <https://doi.org/10.1007/s12230-015-9485-1>

Hameed A., S.S Zaidi, S. and S. Mansoor (2018): Applications of New Breeding Technologies for Potato Improvement. *Front. Plant Sci.*, Vol. 9 <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00925>

Hanneman, R. E., Jr. (1989): The potato germplasm resource. *Am. Potato J.* 66, 655-667.

Harrison, M., Cortada, L. Haukeland, S., Ronno, W., Nyongesa, M., Kinyua, Z.M., Bargul, J., Coyne, D. (2020). Potato Cyst Nematodes: A New Threat to Potato Production in East Africa. *Frontiers in Plant Science*. 11. 10.3389/fpls.2020.00670.

Hassanpanah, D. (2010). Analysis of GxE Interaction by Using the Additive Main Effects and Multiplicative Interaction in Potato Cultivars. *International Journal of Plant Breeding* 4, 23-29.

Haverkort A., Boonekamp P., Hutten R., Jacobsen E., Lotz L., Kessel G., Visser R. and Van der Vossen E. (2008): Societal costs of late blight in potato and prospects of durable resistance through cisgenic modification. *Potato Research* 51, 47-57.

Haverkort AJ, Struik PC (2015): Yield levels of potato crops: Recent achievements and future prospects *Field Crops Research* 182, DOI: [10.1016/j.fcr.2015.06.002](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.06.002)

Haverkort AJ (2018): Potato handbook: crop of the future. Aardappelwereld BV.
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20193122383>

Hehl, R., Faurie, E., Hesselbach, J., Salamini, F., Whitham, S., Baker, B. et al. (1999) TMV resistance gene N homologues are linked to *Synchytrium endobioticum* resistance in potato. *Theoretical and Applied Genetics*, 98, 379– 386.

Horváth J. (2009): Burgonyakutatás Magyarországon nemzetközi kitekintéssel: múlt, jelen, jövő. *Növénytermelés* 58 (2009) 2 135–183.

Horváth S., Polgár Zs., Balázs E., Palkovics L., Bánfalvi Zs. (2004):
A burgonya biotikus és abiotikus stresszekkel szembeni ellenállóságának növelésére irányuló kutatások eredményei az NKFP program keretében. *Mag, Kutatás, Fejlesztés és Környezet*, XVIII./3./ Évf., 1/2. szám.

Houghland G.V C. (1966): New conversion table for specific gravity, dry matter, and starch in potatoes (1966): *American Journal of Potato Research* 43(4):138-138, DOI: [10.1007/BF02862626](https://doi.org/10.1007/BF02862626)

Islam S., J. Li, M.A. Rahman, F. Xie, B. Song and B. Nie (2024): Resistance to biotic and abiotic stress in potato: the origin of the genes and corresponding molecular markers, *Phytopathology Research*, 2024 6:4 <https://doi.org/10.1186/s42483-023-00222-9>

Jacobs, J.M.E., Van Eck, H.J., Arens, P., Verkerk-Bakker, B, Lintel Hekkert B. te, El-Kharbotly, A., Pereira. A, Jacobsen. E., Stiekema. W J. (1995): A genetic map of potato (*Solanum tuberosum*) integrating molecular markers, including transposons, and classical markers. *Theoret. Appl. Genetics* 91, 289–300. <https://doi.org/10.1007/BF00220891>

Jansky S. (2006): Overcoming hybridisation barriers in potato, *Plant breeding* 125 (1) pp. 1-12. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2006.01178.x>

Jansky, S.H., A.O. Charkowski, D.S. Douches, G. Gusmini, C. Richael, P.C. Bethke, D.M. Spooner, R.G. Novy, H. De Jong, W.S. De Jong, J.B. Bamberg, A.L. Thompson, B. Bizimungu, D.G. Holm, C.R. Brown, K.G. Haynes, V.R. Sathuvalli, R.E. Veilleux, J.C. Miller, J.M. Bradeen, and J.M. Jiang (2016): Reinventing potato as a diploid inbred line-based crop. *Crop Science* 56: 1412–1422.

Jeger M.J., S.L.H. Viljanen-Rollinson (2001): The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. *Theor Appl Genet* (2001) 102:32–40.

Józsa R., Stasevski Z., Wolf I., Horváth S, Balázs E. (2002): Potato Virus Y Coat Protein Gene Induced Resistance in Valuable Potato Cultivars, *Acta Phytopathologica Et Entomologica Hungarica*, 37 (1–3), pp. 1–7, [DOI:10.1556/APHYT.37.2002.1-3.1](https://doi.org/10.1556/APHYT.37.2002.1-3.1)

Karasev A., Hu X., Brown C., Kerlan C., Nikolaeva O., Crosslin J, Gray S. (2011): Genetic diversity of the ordinary strain of Potato virus Y (PVY) and origin of recombinant PVY strains. *Phytopathology* 101 7 778-785, [DOI:10.1094/PHYTO-10-10-0284](https://doi.org/10.1094/PHYTO-10-10-0284)

Karki H. S, Halterman D. A. (2021): *Phytophthora infestans* (Late blight) Infection Assay in a Detached Leaf of Potato. *Bio Protoc.* 2021 Feb 20;11(4): e3926. doi: 10.21769/BioProtoc.3926.

Khan, M.S., H.J. van Eck, and P.C. Struik. (2013): Model-based evaluation of maturity type of potato using a diverse set of standard cultivars and a segregating diploid population. *Potato Research* 56: 127–146. <https://doi.org/10.1007/s11540-013-9235-z>.

Kneib R.B, Kneib R.B., Pereira A., Castro C.M. (2017): Allele dosage of PVY resistance genes in potato clones using molecular markers. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* - 17: 306-312.

Křížková B., J. Viktorová, J. Lipo (2022): Approved Genetically Modified Potatoes (*Solanum tuberosum*) for Improved Stress Resistance and Food Safety, *J. Agric. Food Chem.* 2022, 70, 38, 11833–11843, <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jafc.2c03837>

KSH (2025): <https://www.ksh.hu/stadat?lang=hu&theme=mez>

Kumar D., B.P. Singh, Parveen Kumar (2024): An overview of the factors affecting sugar content of potatoes, *Annals of Applied Biology* 145(3):247 – 256, DOI: 10.1111/j.1744-7348.2004.tb00380.x

Levy D. and Veilleux R.E. (2007): Adaptation of potato to high temperatures and salinity-A review. *American Journal of Potato Research* 84: 437-456.

Li J., A. Kaur, B. Harrower, M. Armstrong, D. Dou, X. Wang, I. Hein (2023): Identification and mapping of Rpi-blb4 in diploid wild potato species *Solanum bulbocastanum*, *The Crop Journal*, Volume 11, Issue 6, 2023, pp. 1828-1835, ISSN 2214-5141, <https://doi.org/10.1016/j.cj.2023.08.005>.

Liu, J.; Yue, J.; Wang, H.; Xie, L.; Zhao, Y.; Zhao, M.; Zhou, H. (2023): Strategies for Engineering Virus Resistance in Potato. *Plants* 2023,12, 1736. <https://doi.org/10.3390/plants12091736>

Majeed A., S. Siyar and S. Sami (2022): Late blight of potato: From the great Irish potato famine to the genomic era – An overview, *Hellenic Plant Protection Journal* 15: 1-9, DOI 10.2478/hppj-2022-0001

del Mar Martínez-Prada M, Curtin SJ, Gutiérrez-González JJ. (2021): Potato improvement through genetic engineering. *GM Crops Food*. 12(1):479-496. doi: 10.1080/21645698.2021.1993688. PMID: 34991415; PMCID: PMC9208627.

Marshall, B., H. Barker, SR., Verall (2008): Effect of potato leafroll virus on the crop processes leading to tuber yield in potato cultivars which differ in tolerance of infection. *Annals of Applied Biology* 113(2):297 – 305, DOI: 10.1111/j.1744-7348.1988.tb03306.x

Matson ME, Small IM, Fry WE, Judelson HS. (2015): Metalaxyl Resistance in *Phytophthora infestans*: Assessing Role of RPA190 Gene and Diversity Within Clonal Lineages. *Phytopathology*, 105(12):1594-600. doi: 10.1094/PHYTO-05-15-0129-R. Epub 2015 Nov 9. PMID: 26551315.

Mburu H., L. Cortada, S. Haukeland, W. Ronno, M. Nyongesa, Z. Kinyua, J. L. Bargul and D. Coyne (2020): Potato Cyst Nematodes: A New Threat to Potato Production in East Africa *Front. Plant Sci.*, Vol. 11 – 2020, <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00670>

Mendoza, H.A., E.J. Mihovilovich and F. Saguma. (1996): Identification of triplex (YYYY) potato virus Y (PVY) immune progenitors derived from *Solanum tuberosum ssp. andigena*, *Am. Potato J.* 73: 13-19.

Murashige T. and Skoog F. (1962): Revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Plant Phys.* 15: 473-497.

Neele A.E.F, Nab H.J. and Louwes K.M. (1991): Identification of superior parents in a potato breeding programme. *Theoretical and Applied Genetics* 82: 185-197.

Nowicki, M., Foolad, M.R., Nowakowska, M. and Kozik, E.U. (2012): Potato and tomato late blight caused by *Phytophthora infestans*: an overview of pathology and resistance breeding. *Plant Disease*, 96(1): 4-17.

Obidiegwu JE, Flath K, Gebhardt C. (2014): Managing potato wart: a review of present research status and future perspective. *Theor Appl Genet.* 127(4):763-80. doi: 10.1007/s00122-014-2268-0. Epub 2014 Feb 7. PMID: 24504551; PMCID: PMC3964305.

Ortiz R and E. Mihovilovich (202): Genetics and Cytogenetics of the Potato, in: The Potato Crop, ed. by H. Campos & O. Ortiz, Springer, pp. 219-250. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5>

Pavek, J.J., Corsini, D.L. (2001): Utilization of potato genetic resources in variety development. Am. J. Pot Res 78, 433–441, <https://doi.org/10.1007/BF02896375>

Peralta, I.E., Clausen, A.M., Zorrilla, C., Ames, M., Digilio, A., Rodriguez, F. (2021): Wild and Cultivated Potato Species Diversity, Taxonomy, and Conservation. In: Carputo, D., Aversano, R., Ercolano, M.R. (eds) The Wild *Solanums* Genomes. Compendium of Plant Genomes. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30343-3_4

Plaisted, R.L., Sanford, L., Federer, W.T., Peterson L.C. (1962): Specific and general combining ability for yield in potatoes. American Potato Journal 39, 185–197 (1962). <https://doi.org/10.1007/BF02871402>

Polgar, Z., S.M. Wielgus, S. Horvath, J.P. Helgeson (1999): DNA analysis of potato+*Solanum brevidens* somatic hybrid lines. Euphytica 105: 103-107.

Polgár Zs., Dudits D., Horváth S. (1996): Burgonya + *Solanum brevidens* (Phil.) szomatikus hibridek előállítása, jellemzése. és nemesítési értékének meghatározása. Növénytermelés 45: 1-11.

Polgár Zs. és Cernák I. (2019): A keszthelyi Burgonyakutatói Központ nemesítési eredményei In: A magyar növénytermesztés eredményei az ezredfordulón (1990-2018), 182-186 oldal, ISBN 978-963-508-901-7

Polgár Zs., Horváth S. (2000): Szülőpartner kiértékelési módszerek alkalmazhatósága a hazai burgonyanemesítésben. VI. Növénytermesztési Tudományos Napok, Budapest, 2000 március 8-9. Összefoglalók 109. old.

Polgár, Z., Wolf, I., and Horváth, S. (2002) Development of parental lines having resistance genes against PVY NTN in hetero multiplex state. 15th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, July 14-19, Hamburg, Germany, Abstracts of Papers, p. 98.

Polgár Zs, Wolf I, Lönhard M, Vaszily Zs. (2014): Fajhibridizációs eredmények a keszthelyi burgonyanemesítésben. LVI. Georgikon Napok, Kivonat-kötet, 117. o.

Polgár Zs., Wolf I., Lönhard M., Horváth S. (2003): A burgonya Y vírus NTN törzsével szembeni rezisztenciagént heteromultiplex formában hordozó szülőpartnerek elállítása. IX. Növénynemesítési Tudományos Napok, Budapest, 2003 március 5-6. Összefoglalók 59. old.

Polgar Z., I. Cernák, I. Wolf (2016): Potato breeding, meeting the challenges of climate change. *Lucrări Științifice* – vol. 59(2)/2016, seria Agronomie, pp.223-227.

Polgar Zs., L. Gergely (2020): Importance of biotic and abiotic stress resistance in sustainable potato production Tagungsband der 70. Jahrestagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, 25.-27. November 2019, Raumberg-Gumpenstein, Book of proceedings pp.11-18. ISBN-13: 978-3-900932-73-2

Pribék, D. - Á. Esztergályos - I. Wolf - Z. Polgár (2021): Pathological and yield components analysis of potato varieties potentially applicable for organic production 72nd Plant Breeders Conference, Gumpenstein, Austria, November 22-24, 2021, Lecture, Conference book pp. 95-96. <https://zenodo.org/record/5667799#.Yn4zruhByUk>

Przetakiewicz A., Milczare D. (2017): Evaluation of potato cultivars and breeding lines for resistance to *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. *Plant Breeding and Seed Science* 76: 3-8. doi: 10.1515/plass-2017-00014

Przetakiewicz J., Plich J. (2017): Assessment of potato resistance to *Synchytrium endobioticum*. *Plant Breeding and Seed Science* 76, 37–43.

Qin, C.F., He, M.H., Chen, F.P., Zhu, W., Yang, L.N., Wu, E.J., Guo, Z., Shang, L. and Zhan, J. 2016. Comparative analyses of fungicide sensitivity and SSR marker variations indicate a low risk of developing azoxystrobin resistance in *Phytophthora infestans*, *Scientific Reports*, 6: 20483

Qu, L., Huang, X., Su, X. et al. (2024): Potato: from functional genomics to genetic improvement. *Mol Horticulture* 4, 34 (2024). <https://doi.org/10.1186/s43897-024-00105-3>

Radcliffe, E.B., A. Lagnaoui (2007): Chapter 25 - Insect Pests in Potato, Editor(s): Dick Vreugdenhil, John Bradshaw, Christiane Gebhardt, Francine Govers, Donald K.L. Mackerron, Mark A. Taylor, Heather A. Ross, Potato Biology and Biotechnology, Elsevier Science B.V., Pages 543-567, ISBN 9780444510181, <https://doi.org/10.1016/B978-044451018-1/50067-1>.

Rakosy-Tican E., Thieme R., König J., Nachtigall M., Hamman T., Denes T.E., Kruppa K., Molnár-Láng M. (2020): Introgression of Two Broad-Spectrum Late Blight Resistance Genes, Rpi-Blb1 and Rpi-Blb3, From *Solanum bulbocastanum* Dun Plus Race-Specific R Genes Into Potato Pre-breeding Lines, *Frontiers in Plant Science*, Vol. 11. 1-17.

URL=<https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2020.00699>,
DOI=10.3389/fpls.2020.00699

Ramakrishnan A. P., C.E Ritland, R. Blas, A. Riseman (2015): Review of Potato Molecular Markers to Enhance Trait Selection, *Am. J. Pot. Res.* 92(4) 455-472, DOI:[10.1007/s12230-015-9455-7](https://doi.org/10.1007/s12230-015-9455-7)

Rietman, H., Bijsterbosch, G., Cano, L., Lee, H.R., Vossen, J., Jacobsen, E., Visser, R., Kamoun, S., Vleeshouwers, V. (2012): Qualitative and Quantitative Late Blight Resistance in the Potato Cultivar Sarpö Mira Is Determined by the Perception of Five Distinct RXLR Effectors. *Molecular plant-microbe interactions: MPMI*. 25. 910-9. [10.1094/MPMI-01-12-0010-R](https://doi.org/10.1094/MPMI-01-12-0010-R).

Roberts, P., Secor, G., Seebold, K., Snover-Clift, K., Wyenandt, A., Grünwald, N.J., Smart, C.D. (2013): The 2009 late blight pandemic in the Eastern United States e causes and results. *Plant Dis.* 97, 296e306.

Ross, H. (1986): Potato Breeding-Problems and Perspectives, in: *Fortschritte der Planzenzüchtung*, 13, Verlag Paul Parey, Berlin & Hamburg (1986), 132 pp.

Salazar, L. F. (1996): *Potato Viruses and their Control*. Lima: International Potato Center.

Sapakhova, Z., Abilda, Z., Toishimanov, M., Daurov, D., Daurova, A., Raissova, N., Sidorik, A., Kanat, R., Zhambakin, K., & Shamekova, M. (2024): Early Generation Selection of Potato Breeding Lines. *Horticulturae*, 10 (10), 1121.
<https://doi.org/10.3390/horticulturae10101121>

Sárvári I. (1968a): A burgonya leromlással szembeni rezisztenciára nemesítés egyes kérdései és eredményei. Kandidátusi értekezés.

Sárvári I. (1968b): A burgonya vírusos leromlásával szembeni rezisztenciára nemesítés elvi alapjai. Agrártudományi Közlemények 27, 605-611.

Sárvári I. (1978): A burgonya rezisztenciára nemesítésének néhány eredménye.

Agrártudományi Közlemények 37, 2020-2027.

Siddiqui S., N. Ahmed, N. Phogat (2022): Potato Starch as Affected by Varieties, Storage Treatments and Conditions of Tubers In: Starch - Evolution and Recent Advances ed. by Ochubiojo E. M. IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.94824>.

Slater AT, Cogan NO, Hayes BJ, Schultz L, Dale MF, Bryan GJ, Forster JW. (2014): Improving breeding efficiency in potato using molecular and quantitative genetics. Theor Appl Genet. 127(11):2279-92. doi: 10.1007/s00122-014-2386-8., PMID: 25186170.
SOLYNTA (2025) <https://www.solynta.com/true-potato-seed-varieties/>, 2025.02.01.

Song J, Bradeen JM, Naess SK, Raasch JA, Wielgus SM, Haberlach GT, Liu J, Kuang H, Austin-Phillips S, Buell CR, Helgeson JP, Jiang J. (2003): Gene RB cloned from *Solanum bulbocastanum* confers broad spectrum resistance to potato late blight. Proc Natl Acad Sci U S A. 2003 Aug 5;100(16):9128-33. doi: 10.1073/pnas.1533501100. Epub 2003 Jul 18. PMID: 12872003; PMCID: PMC170883.

Sood, S., V. Bhardwaj, V. Mangal, A. Kumar, B. Singh, B. Dipta, B. Kaundal, V. Kumar, B. Singh (2024):

Genome-wide association mapping to identify genetic loci governing agronomic traits and genomic prediction prospects in tetraploid potatoes, Scientia Horticulturae, Volume 328, 112900, ISSN 0304-4238, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.112900>.

Spooner DM, Ghislain M, Simon R, Jansky SH, Gavrilenko T (2014): Systematics, diversity, genetics, and evolution of wild and cultivated potatoes. Bot Rev 80:283–383.
<https://doi.org/10.1007/s12229-014-9146-y>

Stefańczyk, E., Sobkowiak, S., Brylińska, M. & Śliwka, J. (2017): Expression of the potato late blight resistance gene Rpi-phu1 and *Phytophthora infestans* effectors in the compatible and incompatible interactions in potato. *Phytopathology* 107, 740-748.

Taliansky M., MA. Mayo, H. Barker (2003): Potato leafroll virus: a classic pathogen shows some new tricks, Volume4, Issue 2, pp. 81-89. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2003.00153.x>

Terres L.R., Lenz E.A., Rocha D., Cerioli M., da Solva Pereira A. (2017): Combining ability of potato parents for tuber appearance and tuber yield component traits, *Crop Breed. Appl. Biotechnol.* 17 (2) June 2017, <https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n2a16>

Thelen K., V. Prigge, A. Kohlmorgen, K. Muders, B. Truberg, S. Hartje, J. Renner, B. Stich (2025): Variance and covariance components of agronomic and quality traits assessed in tetraploid potato and their implications on practical breeding. *Front. Plant Sci.*, Volume 15, <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1505193>

Tiemens, H. M., J. Delleman, J. Eising, E.T. Lammerts, E.T. van Bueren. (2013): Potato breeding. A practical manual for the potato chain. Aardappelwereld BV, The Hague, The Netherlands. ISBN 978-90-802036-8-6, pp. 148.

Tomczyńska, I., E. Stefańczyk, M. Chmielarz, B. Karasiewicz, P. Kamiński, J.D.G. Jones, A.K. Lees, J. Śliwka (2014): A locus conferring effective late blight resistance in potato cultivar Sárpo Mira maps to chromosome XI, *Theor. Appl. Genet.* 127 (2014) 647–657.

Torrance L., M. Talianksy (2020): Potato Virus Y Emergence and Evolution from the Andes of South America to Become a Major Destructive Pathogen of Potato and Other *Solanaceous* Crops Worldwide, *Viruses* 2020,12, 1430. <https://doi.org/10.3390/v12121430>

Tömösközi-Farkas, R., H. G. Daod, Zs. Polgar, Gy. Hajós (2006): Determination of Glycoalkaloids in Hungarian Potatoes by HPLC. *Chromatographia*, Supplement Vol. 63, S 115-118. 2006.

Tömösközi-Farkas R, M. Berkia, M. Nagy-Gasztonyia, I. Wolf and Z. Polgár (2014): Investigation of antinutritive components in Hungarian potato cultivars depending on production Technology. *Acta Alimentaria*, Vol. 43 (Suppl.), pp. 188–206 (2013), DOI: 10.1556/AAlim.43.2014.Suppl.26

Tömösközi-Farkas, R., N. Adányi, M. Gasztonyi-Nagy, M. Berki, V. Horváth, T. Renkecz, K. Simon, Z. Fabulya and Z. Polgár (2016): Changes of Metabolites and Macro- and Micro-elements in Hungarian Potatoes under Organic and Conventional Farming. *Journal of Agricultural Science and Technology B* 6 (2016) 83-92. DOI: 10.17265/2161-6264/2016.02.004

Tuncel A, Qi Y. (2022): CRISPR/Cas mediated genome editing in potato: Past achievements and future directions. *Plant Sci.* 325:111474. doi: 10.1016/j.plantsci.2022.111474. Epub 2022 Sep 26. PMID: 36174801.

Vayda, M.E. (1994): Environmental stress and its impact on potato yield. In: Bradshaw JE, Mackay GR (ed) *Potato Genetics*, CABI, Wallingford, pp 239-261.

Vleeshouwers, V.G., van Doijeweert, W., Paul Keizer, L. et al. (1999): A Laboratory Assay for *Phytophthora infestans* Resistance in Various *Solanum* Species Reflects the Field Situation. *European Journal of Plant Pathology* 105, 241–250, <https://doi.org/10.1023/A:1008710700363>

van der Vossen EA, Gros J, Sikkema A, Muskens M, Wouters D, Wolters P, Pereira A, Allefs S. (2005): The Rpi-blb2 gene from *Solanum bulbocastanum* is an Mi-1 gene homolog conferring broad-spectrum late blight resistance in potato. *Plant J.* 2005 Oct;44(2):208-22. doi: 10.1111/j.1365-313X.2005.02527.x. PMID: 16212601.

de Vries M.E., Adams J.R., Eggers E., Ying S., Stockem J.E., Kacheyo O.C., van Dijk L.CM., Khara P., Bachem C.W., Lindhout P., van der Vossen E.A.G. (2023): Converting Hybrid Potato Breeding Science into Practice, *Plants* 12(2), 230; <https://doi.org/10.3390/plants12020230>

Wenzel, G., Schieder, O., Przewozny, T., Sopory, S.K., G. Melchers (1979): Comparison of single cell culture derived *Solanum tuberosum* L. plants and a model for their application in breeding programs. *Theoret. Appl. Genetics* 55, 49–55 (1979). <https://doi.org/10.1007/BF00285189>

Whitworth, J.L., Nolte, P., McIntosh, C., & Davidson, R. (2006): Effect of Potato virus Y on yield of three potato cultivars grown under different nitrogen levels. *Plant Disease*, 90(1), 73–76.

Wiersema S.G. (1985): Physiological development of potato seed tubers. Technical Information Bulletin 20. International Potato Center (CIP), Lima, Peru, pp. 16.

Wolf István és Horváth Sándor (2000): A burgonya Y-vírus (potato Y potyvirus, PVY) törzseinek előfordulása burgonya-termőterületeken Magyarországon. *Növényvédelem* 36 (12), 2000, o. 449-472.

Wolf I., Polgár Zs. (2023): A burgonya fitoftórával (*P. infestans*) szembeni rezisztencianemesítési törekvések és eredmények a MATE Burgonyakutató Állomásán Georgikon for Agriculture, Vol 27, No. 1, 64-71. o.

Zhang, C., P. Wang, D. Tang, Z. Yang, F. Lu, J. Qi, N.R. Tawari, Y. Shang, C. Li, and S. Huang (2019): The genetic basis of inbreeding depression in potato. *Nature Genetics* 51: 374–378. <https://doi.org/10.1038/s41588-018-0319-1>.

Zhu, S., Li, Y., Vossen, J. H., Visser, R. G. F. and Jacobsen, E. (2011) 'Functional stacking of three resistance genes against *Phytophthora infestans* in potato', *Transgenic Research*. 21(1): 89-99, DOI: 10.1007/s11248-011-9510-1

Zhu, S., Li, Y., Vossen, J. H., Visser, R. G. F., and Jacobsen, E. (2012). Functional stacking of three resistance genes against *Phytophthora infestans* in potato. *Transgen. Res.* 21, 89–99. doi: 10.1007/s11248-011-9510-1

Zinta R, Tiwari JK, Buckseth T, Thakur K, Goutam U, Kumar D, Challam C, Bhatia N, Poonia AK, Naik S, Singh RK, Thakur AK, Dalamu D, Luthra SK, Kumar V, Kumar M. (2022): Root system architecture for abiotic stress tolerance in potato: Lessons from plants. *Front Plant Sci.* 23;13:926214. doi: 10.3389/fpls.2022.926214. PMID: 36212284; PMCID: PMC9539750.

8. Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt köszönettel tartozom családomnak, feleségemnek Polgárné Varga Erikának és gyermekeimnek Katalinnak és Lászlónak, akik szakmai pályafutásom alatt mindvégig nagy türelemmel, szeretettel mindenben támogattak és elfogadták, hogy hivatásként végzem munkámat. Másodsorban köszönettel tartozom munkahelyem, a különböző szervezetek égisze alatt dolgozó Keszthelyi Burgonyakutatói Központ valamennyi dolgozójának, feletteseimnek, jelenlegi és volt kollégáimnak. Külön köszönettel tartozom nemesítőtársaimnak: Wolf Istvánnak a burgonya rezisztenciavizsgálatok szakmai irányításáért, mindenre kiterjedő szakmai és emberi támogatásáért, Dr. Lönhard Miklósnak, nemesítői elődömnek, a hosszú éveken át tartó szakmai és erkölcsi irányításáért, tanácsaiért, Vaszily Zsoltnak a tenyészkerti kísérletek beállításában és kiértékelésében 15 éven át végzett munkájáért, valamint †Dr. Pintér Jánosnak, †Dr. Horváth Sándornak és †Bilinszki Alízna. Köszönöm Dr. Cernák Istvánnak, Dr. Frank Krisztiánnak és PhD hallgatónak Dr. Rahim Ahmadvandnak, Dr. Ahmad Mousapour Gorjinak, †Dr. Ramin Hajianfarnak a molekuláris genetikai, markerfejlesztési feladatokban végzett munkáját, és kiemelten Dr. Taller Jánosnak, többszörös társ témavezetőmnek, a MATE professzorának a több évtizede tartó sikeres együttműködést, akivel szakmai kapcsolatunk, számos közös kutatási pályázatunk jelentősen hozzájárult ahhoz, hogy a dolgozatban bemutatott eredmények megvalósulhattak. Köszönettel tartozom továbbá minden hazai és külföldi szerzőtársamnak a közös kutatói munkáért, a publikációk elkészítésében nyújtott segítségükért. Az előbbieken túl, köszönöm valamennyi hazai és nemzetközi K+F tevékenységet finanszírozó szervezetnek és azok mindenkori döntéshozóinak pályázati tevékenységeim finanszírozását.