

Bírálat
Polgár Zsolt Géza

**Hatékony burgonyanemesítési módszertan kidolgozása és eredményei c. Akadémiai
Doktori értekezéshez**

Bíráló: Dr. Molnár István, DSc.

1. A jelölt teljesítményének általános bírálata

Polgár Zsolt a CSc. fokozat megszerzése (1996) után 29 évvel nyújtotta be MTA doktori értekezését. Első publikációja az MTMT szerint 1988-ban jelent meg, így a benyújtott értekezés közel 37 év kutatói tapasztalata és munkássága előzte meg. A tézisekben a jelölt 17 publikációt sorolt fel, melyek az értekezés alapjául szolgálnak. A 17 publikációból 4 db jelent meg olyan folyóiratokban, melyek SCImago szerinti (<https://www.scimagojr.com/>) Q-besorolása megtalálható volt (egy további cikk esetében a folyóirat - Crop Breeding Journal – Q besorolása és honlapja nem volt elérhető). Az 1 Q₁-, 2 Q₂-, és 1 Q₃-as cikk közül egy esetben volt a jelölt meghatározó (utolsó) szerző. Sajnos a többi 12 publikáció, melyben 9 esetben volt meghatározó helyen a jelölt, a konferencia kiadványok, illetve egyetemi folyóiratok kategóriájába tartoztak. Első látásra mindez meglehetősen szerény publikációs háttérrel biztosít a dolgozatnak.

Az értekezés témájához azonban további 11 referált publikáció kapcsolódott, melyek közül Polgár Zsolt ötben meghatározó szerző, olyan folyóiratokban, mint a Potato Research, Acta Agronomica Hungarica, vagy a Növénytermelés. Megítélésem szerint érdemes lett volna ezeket a cikkeket is bevonni az értekezés alapjául szolgáló cikkek közé. Végül a fokozat megszerzése után további 19 publikációt említ a jelölt, melyek közül hétben (2 Q₁, 2 Q₂, 3 Q₃-as és 1 Q₄-es cikk) volt meghatározó szerző. Összes tudományos folyóiratban megjelent cikkére eső független WoS/Scopus hivatkozásainak száma közelíti a 600-at. Hirsch indexe 15.

Az értekezés szakmai alapját azonban erősíti az a kiváló nemesítői tevékenység, melynek eredményeként 10 új burgonyafajta és egy fajtajelölt született, melyek közül 8 esetben Polgár Zsolt vezető helyen szerepel több mint 40%-os részaránnyal, ezek közül négy Európai uniós (CPVO) fajtaoltalomban is részesült.

A jelölt jelentős pályázati aktivitása (több NKFIH és TÉT pályázat vezető kutatója), oktatási és iskolateremtő képessége (5 PhD fokozat szerzés történt az irányítása alatt), valamint ismeretterjesztő tevékenysége révén a hazai növénytermesztő társadalom, különösen a burgonyanemesítés területének jól ismert, meghatározó tagjává vált.

2. Az értekezés részletes bírálata

2.1. Megjegyzések

Az összesen 109 számozott oldalból álló MTA doktori értekezés szerkezeti szempontból a tudományos dolgozatok esetében megszokott fejezeteket tartalmazza. Kritikai észrevételem, hogy a Célkitűzések fejezet csak az Irodalmi Áttekintések után következik, így a szakterületen

kevésbé jártas bíráló figyelme nehezen fókuszálódik a megfogalmazott célok szempontjából releváns területekre.

Szintén felmerült bennem a „kópiaszám” kifejezéssel kapcsolatos terminológiai probléma. A kópiaszám kifejezés ismereteim szerint az ugyanolyan szekvenciával rendelkező DNS szakaszokra, génekre értendő kifejezés. Az értekezésben számos helyen (pl. 45. oldal, 4.2. fejezet) a szövegkörnyezetből kiderül, hogy különböző génforrás fajokból (*S. stoloniferum*, *S. chacoense*, *S. andigenum*, *S. hougassii*) származó rezisztencia génekről van szó. Hacsak nem sikerült korábban ezeket a géneket klónozni és ezáltal szekvenciájuk hasonlóságát igazolni, valószínűbbnek tartom, hogy itt különböző rezisztencia génekről, vagy génváltozatokról van szó, és nem ugyanannak a génnek több kópiában való jelenlétéről.

További megjegyzésem, hogy a gének neveit dőlt betűvel szokás írni.

2.2. A téma érdemei, újdonsága

A burgonya alapvető élelmiszer forrásunk, a föld harmadik legfontosabb élelmiszer alapanyaga, egyben a magyar gasztronómia meghatározó eleme. Termésbiztonsága ezért meghatározó jelentőségű a dinamikusan változó gazdasági környezetben, az egyre szigorodó Unió termelési feltételek és a klímaváltozás kapcsán egyre gyakrabban fellépő abiotikus és biotikus stresszfaktorok mellett.

Problémát jelent, hogy a termesztett burgonya szűk genetikai diverzitással rendelkezik, annak következtében, hogy az Európába, majd onnan Észak Amerikába és Ázsiába került burgonya ősei az eredetileg Dél-Chiléből származó, korlátozott számú és genetikai összetételű vonalak voltak, melyek egy része vált csak termesztethetővé az európai agroökológiai környezetben. Mivel a burgonya számos vírus és egyéb patogénnel szemben rendkívül érzékeny, a nemesítés számára egyre nagyobb kihívást jelent megtalálni a különböző génváltozatok azon kombinációit melyek biztosítják a piaci igényeknek megfelelő termést és betegségrezisztenciát.

További nehézséget okoz az, hogy a burgonya igen komplikált kísérleti rendszert jelent a nemesítéssel foglalkozó szakemberek számára. Az autotetraploid genomszerkezet, a tetraszómiás öröklődés, a nagyfokú heterozigótaság, az intenzív beltenyésztéses leromlás, a gyakori öninkompatibilitás jelentősen korlátozza a genetikailag homogén beltenyésztett vonalak keresztezett utódjainak fenotípusos szelekcióján alapuló klasszikus nemesítési módszerek alkalmazását.

Polgár Zsolt elismerésre méltó munkássága a méltán híres keszthelyi burgonyanemesítési programot az új génforrások bevezetésével, markerkapcsolt szelekció alkalmazásával, komplex nemesítési rendszer kidolgozásával modernizálta, mely ezáltal hatékonyabban képes versenyképes magyar fajtákat létrehozni, ami jelentősen hozzájárult a magyar burgonya termésbiztonságának fenntartásához.

2.3. Az értekezés fejezeteinek áttekintése és bírálata

Az értekezés egyes fejezetei (Bevezetés és Irodalmi áttekintés, Célkitűzések, Anyag és Módszer, Eredmények, Eredmények megvitatása és következtetések, Összefoglalás, Irodalomjegyzék) követik a tudományos dolgozatok szokásos tagolását. Kritikai észrevételem, hogy hasznos lett volna az Tartalomjegyzék után egy „Rövidítések listáját” is mellékelni megkönnyítve ezzel a speciális szakkifejezések nyomon követését.

Bevezetés, Irodalmi áttekintés

A Bevezetés feladata általában az, hogy felvezeti az Értekezésben érintett szakterület jelentőségét, a felmerülő nehézségeket és a tudományos munka előzményeit, majd ezt követően definiálja az értekezés Célkitűzéseit, logikai keretet adva ezáltal a soron következő Irodalmi Áttekintésnek, melyben bemutatásra kerülnek a célok szempontjából releváns területek tudományos háttere, történetisége, ugyanakkor információkat szolgáltat a tudomány jelenlegi állásáról is. Mindez biztosítja az értekezésben közölt munka újdonságtartalmának megítélését. Ez a logikai lánc azonban csak részben érvényesült Polgár Zsolt dolgozatában. A jelölt olvasható stílusban ad áttekintést a burgonyatermesztés gazdasági körülményeiről, a biológiai alapok jelentőségéről, majd a nemesítés szempontjából legfontosabb morfológiai, fenológiai, beltartalmi és biotikus valamint abiotikus stressz tolerancia tulajdonságokról. Végül a burgonya nemesítés legfontosabb jellemzőiről és egyes részterületeiről kaphatunk összefoglalást.

Általános észrevételem azonban az elnagyolt tárgyalásmód. Bár a jelölt megemlíti az egyes témakörökben született nemzetközi irodalmakat, ezeket ritkán dolgozza fel olyan részletességgel, hogy a bennük rejlő információk ismertté váljanak, így nehéz megítélni, hogy hol tart a tudomány az adott témakörben.

Többször történik például utalás a *S. tuberosum* rokonsági köréhez tartozó vad *Solanum* fajok, mint értékes gén források jelentőségére (18. oldal, 1.10. fejezet: „gazdag, poliploid rokonsági kör.”, 21. oldal, 1.10.1. fejezet, 25. oldal, 1.11. fejezet), különösen a különböző burgonyavírusokkal szembeni rezisztenciával kapcsolatosan. A 27. oldalon szintén említi a jelölt azt a nemzeti kincsnek minősülő, mintegy 800 genotípust számláló in vitro génbanki gyűjteményt, melyek a vad rokon fajok és hibridszármazékaik genetikai állományát tartja fenn és teszi hozzáférhetővé a nemesítés számára. Később, a 11. táblázatban konkrétan is megemlíti kilenc *Solanum* fajt, melyek segítségével kiszélesítették a keszthelyi rezisztencia nemesítési program genetikai alapjait. Mindezek alapján szerencsés lett volna egy önálló fejezetet szentelni a burgonya evolúciójának, rokonsági körének, a legközelebbi filogenetikai rokonságot mutató, különböző ploiditású fajoknak és azok hasznos tulajdonságainak. Mindeközben fókuszálva azon fajokra, melyek részét képezik a keszthelyi nemesítési programnak és a jelölt értekezésének.

Szintén szerencsésebb lett volna, ha már az Irodalmi áttekintés elején, kissé részletesebben tárgyalásra kerül a burgonya autotetraploid genomszerkezete és az ebből adódó nehézségek, heterozigotizálás, beltenyésztéses leromlás, stb. bemutatása.

Az 1.8. fejezetben betekintést kapunk a burgonya legfontosabb betegségeiről. Mivel a fejezetcím a 'Biotikus stresszrezisztencia', hiányérzetem volt amiatt, hogy nem kaptam információt az egyes betegségekkel szembeni rezisztenciát biztosító gének számáról, ezek eredetéről, esetlegesen a rezisztencia gén családok típusáról, netán hatásmechanizmusáról. Ismeretes, hogy az azonosított rezisztencia gének nagyrésze a nukleotid kötő- és leucinban gazdag ismétlődéseket tartalmazó, ún. NBS-LRR típusú receptorfehérjékhez tartozik, de számos egyéb rezisztencia gén típust is azonosítottak, pl. különböző tandemkinázokat (<https://doi.org/10.1038/s41588-023-01401-2>). Vajon a burgonya vírus-, baktérium- és gombabetegségeivel szemben szintén ezek a géncsaládok játszanak szerepet a rezisztencia kialakításában (doi: 10.3389/fpls.2021.658981)?

Tekintettel arra, hogy a Doktori értekezés eredményeinek egyik legfontosabb része a „Rezisztenciagénekhez kapcsolt genetikai markerek bevonása a burgonyanemesítési programba” (4.4. fejezet), hasznos lett volna az Irodalmi áttekintésben egy bővebb fejezetben beszámolni a Markerkapcsolt Szelekció (MAS) alkalmazásával a burgonyanemesítésben elért eddigi eredményekről. Milyen tulajdonságokat tudtak nyomkövetni MAS segítségével a nemesítési programokban? A burgonya Y vírussal (PVY) szembeni rezisztenciát biztosító *Ry^{sto}* génhez, valamint a PVX vírussal szembeni rezisztenciát biztosító *Rx1* és *Rx2* rezisztenciagénekhez kapcsolt markerek esetében segítette volna az eredmények megértését, ha információkat kapunk az alkalmazott markerek kromoszómális pozíciójáról, génspecifikus, vagy kapcsolt jellegéről.

A Markerkapcsolt Szelekció, mint modern nemesítési módszer, jelentősen javíthatja a keszthelyi burgonyanemesítési programok (költség-) hatékonyságát. Ezzel kapcsolatban, a modern, biotechnológiai módszerekről a 22-23. oldalon (1.10.2. fejezet) adott, meglehetősen szűk összefoglalót a jelölt. A fejezet lehetőséget adott volna például az 1.4. – 1.9. fejezetekben bemutatott tulajdonságok genetikai hátterének feltárásában elért, asszociációs, vagy kétszülős szegregáló térképezési eredmények konkrétabb tárgyalására (természetesen a teljesség igénye nélkül). Szintén nem említi a jelölt azt a hatalmas fejlődést, ami a burgonya különböző genomszekvenálási projektjeiből származó szekvencia adatok kínáltak az elmúlt években, alapot szolgáltatva a génklónozási, marker fejlesztési, vagy esetlegesen a genomalapú szelekció alkalmazásához. Azért hiányolom különösen a genomszekvenálás említését, mert épp Keszthelyen folyik már évek óta Magyarország tudomásom szerint egyetlen, a rendkívül értékes rezisztenciaforrásnak tekintett White Lady fajtán végzett genomszekvenálási projektje Taller János vezetésével.

Célkitűzések

A fejezetben a jelölt 5 pontban fogalmazza meg az értekezés céljait, mely általában úgy foglалható össze, hogy „...a genetikai bázis kiszélesítésével, a hagyományos és a legújabb biotechnológiai módszerek ötvözésével, módszertani fejlesztésekkel egy olyan nemesítési program kialakítása, amellyel hatékonyabban, a szubjektivitást minél inkább csökkentve lehet új fajtákat kinemesíteni.. „. A kérdésem ezzel kapcsolatban, hogy mi a különbség az első pontban megfogalmazott „Komplex szülőpartner és keresztezési kombináció kiértékelő

módszer kifejlesztése” és a 4. pontban megfogalmazott célkitűzés, „Nemesítési vonalak, fajtajelöltek kiértékelésére és objektív összehasonlítására alkalmas komplex kritériumrendszer kidolgozása és alkalmazása.” között?

Anyag és Módszer

A ~12 oldal terjedelmű fejezetben

A 3.1.1. „Keresztezési kombinációk előállítás” fejezetben említi a jelölt, hogy az F₁ családok magoncait 4x4 cm-es cserepekben üvegházban nevelték fel. Milyen hőmérsékleti és fényviszonyok, fény/sötét ciklusok mellett történt a növénynevelés?

A 3.1.2. „Anyató kiértékelési szempontok meghatározása, alkalmazása” c. fejezetben találkozhatunk a következő paraméterekkel: héjszín, hússzín, összbenyomás érték., illetve kifejezéssel „A kapott adatokból családonként meghatároztuk a kívánt héjszínű, optimálisnak tartott tövenkénti gumószámot mutató,...”. A 3.6. „Étkezési minőség vizsgálata” fejezetben szintén bemutatta a jelölt a nyers és főzési minőség, valamint sütési minőség meghatározására szolgáló színskálákat (3-4. kép). Kérdésem mindezekkel kapcsolatban az, hogy hogyan érvényesült a Célkitűzésekben megfogalmazott „szubjektívitas csökkentésére” irányuló törekvés az újonnan létrehozott anyató-, illetve nemesítési vonalak, valamint fajtajelöltek kiértékelésére és objektív összehasonlítására alkalmas komplex kiértékelő rendszer esetében, hiszen a fenti paraméterek meghatározása elég szubjektívnek tűnik.

Az egyik legértékesebb növényi anyag, a PVY rezisztenciagént heteroduplex formában hordozó szülőpartnerek előállítása (3.2. fejezet). Itt található az az információ, miszerint: „az elmúlt évek alatt számos olyan szülőpartnert, illetve nemesítési vonalat állítottunk elő, melyek a termesztett burgonya különböző, vad rokon fajáiból származóan (*S. stoloniferum*, *S. chacoense*, *S. andigenum*, *S. hougassii*) extrém rezisztenciát biztosító, monogén domináns öröklődést mutató géneket (Ry) hordoznak a PVY fertőzésével szemben.” Kérdésem, hogy mi bizonyítja a monogén domináns öröklődését ezeknek a géneknek, illetve hol voltak publikálva ezek a kísérletek?

Számos esetben, pl. 3.5., 3.8.1., 3.8.2. fejezetek esetében az alkalmazott módszerek említése egy cikk-re történő hivatkozás megadásával történik, ami elfogadott eljárás, azonban elegánsabb lett volna legalább két sorban megnevezni az eljárás alapjait, főbb pontjait a részletek említése nélkül.

Eredmények

Az értekezés lényegi részét a 12 képpel, 7 ábrával és 13 táblázattal kiegészített Eredmények fejezet adja, ami méretében eléri a 30 oldalt. A több évtizedes munkásság igen jelentős eredményeinek bemutatása a nemesítési program különböző fázisai szerint történik egy-egy példa bemutatásával. Általános megjegyzésem, hogy bár a jelölt jól érzékelteti a munka

volumenét és az egyes fázisok logikai szükségszerűségét, az egymástól sok esetben független példák (esetenként) rövid bemutatása leíró jellegűvé teszi az Eredmények fejezetet. Az egyes fejezetekben bemutatott kísérletek számos esetben különböző növényi anyagon történtek, megnehezítve azok értékelését. Tetszetősebb lett volna az ábrák formátumát is egységesíteni, például a 9-13. ábrák esetében. Talán szép és demonstratívabb logikai láncolatot adott volna a munkának, annak bemutatása, hogy egy-egy idegen génforrásból származó rezisztencia gén az előnemesítés eredményeként hogyan jelenik meg a szülői vonalakban, majd hogyan javítja az A, B, C, D klón állományok rezisztenciáját, végül hogyan jelenik meg az adott gén az egyes fajtajelöltekben vagy fajtákban. Erre van egyébként utalás az Eredmények megvitatása fejezetben (5.3 fejezet, 75. oldal első bekezdés) a Botond fajtaival, illetve a *S. acaule* eredetű Rx2 gén készthelyi fajtákban történő felhasználásával kapcsolatban.

A „Komplex szülőpartner és keresztezési kombináció kiértékelő módszer kifejlesztése és alkalmazása” (4.1 fejezet) kapcsán a 8-14. ábrákon kerültek bemutatásra a 2001-es évben meghatározott paraméterek. Hogyan magyarázható, hogy a legjobb összbenyomás értéket kapott vonalak aránya alapján (9. ábra) a „96.300 x Kuroda” kombináció a középmezőnyben foglalt helyet (~12%), ugyanakkor a 10. ábra alapján ebből a kombinációból kerültek kiválasztásra egyedek A-klónnak a második legmagasabb arányban (~35%)?

A 4.2 fejezetben mutatja be a jelölt a PVY rezisztenciagéneket heteroduplex formában tartalmazó szülőpartnernek előállítását, mely igen jelentős eredmény! Itt 3 vonal a *S. stoloniferum* és a *S. hougasii* eredetű Ry gént, két vonal a *S. stoloniferum* eredetű és a *S. tuberosum subsp. andigenum* eredetű géneket hordozta, míg egy vonal rezisztencia génjei a *S. stoloniferum* és a *S. cahcoense* fajból származtak. Feltételezem, hogy ezek a gének idegenfajú introgressziós kromoszómaszegmentumok formájában vannak jelen az említett vonalakban. Kérdésem, hogy van-e információ ezeknek a vonalnak a morfológiai, vagy egyéb agronómiai tulajdonságairól, illetve fertilitásáról? További kérdésem ezekkel a vonalakkal kapcsolatban, hogy felhasználták-e őket a későbbiekben fajtaelőállításra, illetve e szülői vonalak közül szerepelt-e valamelyik azon vonalak pedigree-jében melyeket a 4.3.1. fejezetben említ a burgonya Y és X vírusokkal szembeni rezisztenciavizsgálatok kapcsán?

Az 51. oldalon, a fitoftóra rezisztencia vizsgálatok kapcsán (4.3.2.1. fejezet) található utalás arra, hogy a korábban a PVY rezisztenciagénre mono- és heteroduplex státuszú szülővonalak fitoftóra rezisztensnek bizonyultak (15. táblázat). Előfordulhat, hogy ugyanaz az idegen kromoszómaszegmentum hatékony rezisztenciát eredményezhet a burgonya Y vírussal és a fitoftórával szemben is?

A 4.4. fejezetben (67. oldal) részletezett markerkapcsolt szelekciós program képezi az egyik legelőre mutatóbb fejlesztést, mellyel a jelölt a készthelyi burgonyanemesítési programot modernizálta. A 23. táblázat a White Lady x Pekaro család 56 egyedén a SCARysto4 markerrel kapott eredmények kerültek bemutatásra. Ebben az esetben csak a marker által reprezentált genomi régió szegregációja látható, de nincsen adat ezzel párhuzamosan a rezisztencia fenotípus szegregációjáról a vizsgált egyedeken. Mi bizonyítja, hogy az említett marker szorosan kapcsolt a rezisztenciához? Egy új markerkapcsolt szelekciós rendszer bemutatásakor szükség lenne annak demonstrálására, hogy a markerrel együtt szegregál a rezisztencia

fenotípus is a vizsgált populáció egyedeiben. Ugyanez a kérdés vetődik fel a PVX-el szembeni rezisztenciát biztosító génekkel, az *Rx1*- és *Rx2*-vel kapcsolt 5*Rx1* és 106*Rx2* markerek esetében is (4.4.2. fejezet, 24. táblázat). Itt sem mutatja be a jelölt a vizsgált vonalak rezisztencia fenotípusát.

Kérdésem, hogy összesen hány kórokozóval és hány molekuláris markerrel történik markerkapcsolt szelekció jelenleg a keszthelyi burgonya nemesítési programokban?

Eredmények Megvitatása, Következtetések

A 19 oldal terjedelmű fejezet olvasmányos stílusával háttérinformációkban gazdag tárgyalásmódjával jelentősen hozzájárul az értekezés eredményeinek értelmezéséhez, nemzetközi tudományos jelentőségének megállapításához.

A 77. oldal 2. bekezdésében olvasható, hogy a *S. bulbocastanum* eredetű RB (*Rpi-blb1*), ill. *Rpi-blb2* fitoftóra rezisztencia gének felhasználása a keszthelyi programban folyamatos. Mivel ismert szekvenciájú klónozott génekről van szó, felmerül a kérdés, hogy használnak-e markerkapcsolt szelekciót ezekre a génekre vonatkozóan?

Megítélésem szerint a keszthelyi *in vitro* burgonya génbank, valamint a jelölt által létrehozott nemesítési anyagok, gazdasági jelentőségükön túl, igen értékes kutatási alapanyagok is, melyek felhasználhatóak további, vad *Solanum* fajokból származó rezisztencia gének izolálására is. Folyznak-e jelenleg a keszthelyi burgonya vonalakra alapozott génklónozási projektek, és ha igen, milyen sikerrel?

2.4. Elfogadásra javasolt új tudományos eredmények (kissé átfogalmazva):

- Tizenkét burgonya szülőpartner vonal elő állítása, melyek vad *Solanum* fajokból (*S. stoloniferum*, *S. chacoense*, *S. andigenum*, *S. hougassii*) származó Burgonya Y vírussal (PVY) szembeni extrém rezisztenciát biztosító géneket hordoznak.
- A PVY és PVX vírusokkal szembeni rezisztencia nyomon követésére alkalmas, *Rysto* valamint *Rx1* és *Rx2* rezisztenciagénekre alapozott markerkapcsolt szelekciós rendszer bevezetése a burgonyanemesítési programba.
- Integrált Burgonyanemesítési Program kidolgozása, és alkalmazása, melynek főbb elemei az új rezisztenciaforrások bevonása, a genetikai háttér bővítése és az új szülőpartnerek és kombinációik előállítása érdekében végzett **Előnemesítés** (I.), valamint a markerkapcsolt- és komplex fenotípusos szelekció kombinációjával végzett **Fajtaelőállító nemesítés** (II.)
- Tíz új burgonyafajta előállítása melyek közül négy (Balatoni rózsa, Botond, Katica és Démon) Prémium Hungaricum minősítésű és Európai Unió fajtaoltalomban részesült.

3. Nyilatkozat:

Az értekezés, a tézisek, valamint a jelölt publikációinak részletes áttanulmányozását követően megállapítottam, hogy az MTA doktori cím elnyerésére beadott munka hiteles adatokat tartalmaz. A hitelességet a jelölt nemesítői munkásságának eredményeként regisztrált fajták és megjelent nemzetközi publikációk dokumentálják. Polgár Zsolt Géza tudományos teljesítménye a benyújtott értekezés alapján eléri az MTA doktora címmel szemben támasztott követelményeket. Javaslom az értekezés és a tézisek elfogadását és a mű nyilvános vitára bocsátását. Az értekezés bírálata alapján támogatom az MTA doktora cím odaítélését.

4. Az értekezéssel kapcsolatban felmerült kérdések

1. Az értekezésben többször esik szó az autotetraploid burgonya nehézkes öröklődéséről. Mi ennek az oka?

2. A termesztett burgonya rokonsági köréhez tartozó vad fajok, mint génforrások köre rendkívül széles. Kérdéseim, hogy melyek a leggyakrabban alkalmazott rokon fajok, ezekből ismeretei szerint a betegségrezisztencián kívül milyen tulajdonságokat sikerült eddig átvinni a burgonyába, és végül, milyen molekuláris módszereket alkalmazna a jelölt ezen idegen kromoszóma régiók nagyfelbontásban történő kimutatására a burgonya genomban?

3. További kérdésem a 800 genotípust számláló *in vitro* génbanki gyűjtemény kapcsán, hogy jelenleg hány vad *Solanum* faj genomja található meg hibridszármazékok formájában a gyűjteményben, illetve mennyire jellemzett ennek a gyűjteménynek a fenotípus és genotípusos tulajdonságai?

4. Tud-e további példákat hozni olyan burgonyanemesítési programokra, ahol Markerkapcsolt Szelekciót alkalmaznak. A betegségrezisztencián kívül vannak-e egyéb tulajdonságok melynek nyomon követésére alkalmas a MAS a burgonya esetében?

5. Az elmúlt évtizedekben intenzív kutatások folynak számos gazdaságilag jelentős növényfaj esetében új nemesítési módszerek, pl. a genom-alapú szelekció, vagy a hibrid nemesítés alkalmazása területén. Milyen lehetőségeket lát e módszereknek a bevezetésére a burgonya esetében?

6. A komplex értékelési folyamatban, úgy tűnik még mindig vannak szubjektív elemek. Milyen alkalmazási lehetőségeket lát a mesterséges intelligencia alkalmazására az értékelés és a szelekció áteresztőképességének növelésére?

Martonvásár, 2026. 05. 08.

Molnár István
MTA doktora