

OPPONENSI VÉLEMÉNY

Szalay László

**„Kajszi- és őszibarackfajták gyümölcsképzése, valamint a fagyérzékenység,
mint ezt a folyamatot veszélyeztető tényező”
című MTA doktora értekezéséről**

A kelet-ázsiai géncentrumból származó kajszi-, és őszibarackot már a Római Birodalom idején termesztették a Dunántúli területeken. A világon való elterjedésüket elsősorban a hőmérsékleti viszonyok korlátozták; vagy a fagyérzékenység a téli és tavaszi fagykárak miatt, vagy a túl enyhe tél, ahol pedig a mélynyugalmat feloldó genetikailag determinált hideg mennyisége a limitáló tényező. A két gyümölcsfaj termesztése világviszonylatban is jelentős, a kajszi termés 4 millió, az őszibarack termés 26 millió tonna körül mozog évente. Termesztése hazánkban nagy hagyományokkal rendelkezik, noha nem könnyen termesztendő gyümölcsfajokról van szó. A terméshozamot leginkább a téli, és kora tavaszi fagykárak veszélyeztetik hazánkban az abiotikus tényezők közül. Eredeti élőhelyén a tavaszi újra lehűlés sem jellemző, ami a két fajt érzékennyé teszi a kora tavaszi fagyokra. A dolgozatban bemutatott közel három évtizedes kutatómunka a különböző kajszi és őszibarack fajták virágrügyfejlődésével, virágzási és érési idővel, a fajták fagyállóságával, az áttelelő szervek fagytűrésével, s a klímaváltozásnak a generatív fejlődésre gyakorolt hatásaival kapcsolatos vizsgálatokat, azok eredményeit, valamint a két faj gyümölcsképzési és fagytűrés-i jellemzőinek összehasonlító elemzését mutatja be. Mindezek alapján a választott téma aktualitása, illetve tudományos és gyakorlati jelentősége vitathatatlan.

A Jelölt az akadémiai doktori értekezésben, és a tézisfüzetben, bemutatja az őszi-, és kajszi-barack fajták generatív fejlődésével és fagytűrésével, illetve télállóságával kapcsolatos – a PhD fokozat megszerzését követően - elért kutatási eredményeit, valamint azok gyakorlati, szempontból is jelentős eredményeit.

A benyújtott akadémiai doktori értekezést alaki, szerkezeti és tartalmi szempontból értékelem opponensi véleményemben.

Értekezés értékelése alaki szempontból:

A benyújtott értekezés igényes kivitelezésű, 150 számozott oldalból áll, melyből az értekezés tartalmi része 124 oldal. Ezt egészíti ki a köszönetnyilvánítás és a 609 irodalmat tartalmazó, 25 oldal terjedelmű irodalomjegyzék. Az önálló tudományos teljesítmény, ill. annak eredetisége megállapítására a benyújtott dolgozat alkalmas. A dolgozat elején a tartalomjegyzék áttekinthető, jól tagolt. Ezt követi a kétoldalas bevezetés, majd a dolgozat 9 fő fejezete (Szakirodalmi összefoglalás – 23 oldal, Célkitűzés – 1 oldal, Anyag és módszer – 11 oldal,

Eredmények – 65 oldal, Megvitatás – 14 oldal, Új tudományos eredmények – 1 oldal, A gyakorlat számára átadható eredmények – 1 oldal, A dolgozat alapját képező publikációk jegyzéke – 1 oldal és az Összefoglalás – 2 oldal). A fejezetek terjedelme arányos.

Az értekezés olvasmányos, érthető nyelvezetű, súlyos alaki hiányosságot nem tartalmaz. A szakkifejezések használata szakszerű és pontos. Az értekezés a szövegbe gondosan szerkesztett 57 ábrát és 18 táblázatot tartalmaz, melyek a tartalmat jól illusztrálják. Az irodalomjegyzék betűrendes, az előírásoknak megfelelően készült, jól használható.

Az akadémiai doktori értekezés tézisei 19 számozott oldalból áll. Az első fejezet tartalmazza a bevezetést és a célkitűzéseket, a második fejezetben jól összefoglalva mutatja be a Jelölt az alkalmazott módszereket. Az eredmények bemutatását követi új fejezetekben az új tudományos eredmények, illetve a gyakorlat számára átadható eredmények listája. A tézisfüzet a köszönetnyilvánítást követően a Jelöltnek az értekezés alapjául szolgáló 16 publikációja jegyzékével zárul. A vonatkozó publikációkból 7, impakt faktoros nemzetközi szakcikk, további 6 nemzetközi, Q besorolású szakcikk, valamint 3 magyar nyelvű szakcikk. Kiemelendő, hogy a felsorolt 16 publikációból 15-ben első, egyben pedig utolsó szerző a Jelölt.

Értekezés értékelése szerkezeti szempontból:

Az értekezés jól áttekinthető, nagyrészt a szokásoknak megfelelő szerkezeti felépítésű. A „Megvitatás” fejezet az irodalmi adatokkal való összevetésen túl tartalmazza a következtetéseket is, ezért talán megfelelőbb lett volna a „Megvitatás és következtetések” címet adni a fejezetnek.

A kutatás eredményeit a Jelölt a generatív fejlődési folyamatok és a fagytűrés/fagyérzékenység két fő témakörben fajonkénti bontásban tárgyalja, ami helyes, és lehetővé teszi, hogy a nemzetközileg is eltérő előrehaladást egyes fajok kutatásában a dolgozat kidomborítsa. A generatív fejlődés tárgyalásánál közel rokon fajok, mint a mandula és házi szilva, virágrügyfejlődését is vizsgálta a Jelölt, amelyek mikrosporogenezisérről nem állt rendelkezésre szakirodalmi adat, de ami a fajok közötti különbségek kimutatását segítette.

A fejezetek és az alfejezetek címük és a tartalmuk tekintetében teljes összhangban vannak, jól áttekinthetőek és nyomonkövethetőek. Az értekezés szerkezeti aránya is megfelelő, az irodalmi áttekintés a dolgozat 19%-át, az anyag és módszer rész a 9 %-át, a saját eredmények és megvitatásuk a dolgozat mintegy 64 %-át teszik ki.

Értekezés értékelése tartalmi szempontból:

A részletes tartalmi értékelés előtt szeretném előre bocsájtani, hogy a dolgozatban bemutatott kutató munka és eredményei hiteles és megbízható adatokat tartalmaznak, melyeket a gyakorlatban való felhasználhatóságuk is messzemenően bizonyít. A vizsgálatok többévtizedes időszakot ölelnek fel, átfogó és megalapozott eredmények elérését tették lehetővé, ezért szeretném elöljáróban is kifejezni elismerésem Szalay László munkáját

illetően. Ráadásul ezt a hatalmas adat és eredménymennyiséget értekezésében olvasmányosan, és élvezetesen mutatta be.

A Bevezetésben a Jelölt ismertette az őszi-, és kajsziarack termesztésének nemzetközi és hazai jelentőségét, problémáit, termesztéstechnológiai kihívásait, a kísérletek alapjául szolgáló fajtagyűjtemény rövid bemutatását, illetve a témában korábban elvégzett vizsgálatok eredményeit (diploma, TDK és PhD dolgozatok, könyvek stb.).

A Bevezetést a Szakirodalmi összefoglalás című fejezet követi. Az irodalmi áttekintés kellően részletes, a dolgozat 609 irodalmat dolgoz fel. Ezek 85%-a idegen nyelven jelent meg, ami hatalmas információ mennyiség és jelzi a kutatómunka kiemelt fontosságát nemzetközi viszonylatban is. Noha ilyen mennyiségű irodalom feldolgozása nem kis munkát jelent, a szakirodalmi áttekintés rész olvasmányos. Naprakészen bemutatja az előrehaladást, illetve a felmerülő problémákat, megalapozva a következő fejezetben, a célkitűzésekben, megfogalmazott aktuális kutatási célok megfogalmazását.

Szeretnék egy magyar **nomenklatúrával kapcsolatos** megjegyzést tenni. Az irodalmi áttekintés 26-27 oldalán a Jelölt bemutatja fagyállóság két szakaszát, a hardening és dehardening, azaz az edződés és az edzettség elvesztésének időszakát. Az edzettség elvesztésére használt reedződést nem tartom helyesnek, hiszen elsősorban nem az edzettség visszanyeréséről van szó, amire a „re” előtag utalna, hanem éppen az edzett állapot fokozatos elvesztéséről. Az angol elnevezés, a dehardening, is kifejezetten ezt jelzi. Még akkor is igaz ez, ha ebben az időszakban egyes gyümölcsstermő növényeknél (alma, őszibarack) tényleges visszaedződést is megfigyeltek újbóli lehűlés hatására, ahogyan azt a Jelölt is említi a dolgozatában.

A kutatási Célkitűzéseit Jelölt a szakirodalmi összefoglalást követő külön fejezetben, jól áttekinthetően fogalmazta meg, a fajtaérték kutatáson belül a generatív folyamatokra (virágrügy fejlődése, virágzás, gyümölcsfejlődés és érés), illetve a fagyatúrásra helyezve a hangsúlyt. Célkitűzéseit 14 pontban sorolta fel a Jelölt: (1) A virágrügyfejlődés vizsgálati módszereinek fejlesztése, (2) A mikrosporogenezis folyamatának vizsgálata, (3) A virágrügyek mélynyugalmának megszűnését jelző fejlődési folyamatok értékelése, (4) Közeli rokon fajok (mandula, házi szilva) mikrosporogenezisének vizsgálata, (5) A virágzási és az (6) érési idő vizsgálata, (7) Szabadföldi fagykár felvételezések, (8) A növényi szervek fagyállóság vizsgálati módszereinek fejlesztése, (9) Az áttelelő szervek fagyatúrásának meghatározása mesterséges fagyasztásos módszerrel, (10) Közeli rokon fajok (mandula, házi szilva) fagyállóságának meghatározása laboratóriumban, (11) A környezeti tényezők hatásainak elemzése a gyümölcsképzés fejlődési folyamataira, (12) A klimatikus elemek és a fagyállóság összefüggéseinek meghatározása, (13) A klímaváltozás hatásainak értékelése a generatív fejlődési folyamatokra és a fagyatúrás alakulására 26 éves adatsorok elemzése alapján, és (14) A vizsgált fajok gyümölcsképzési és fagyatúresi jellemzőinek összehasonlító elemzése.

Az Anyag és módszer fejezetben Jelölt bemutatja a vizsgálatok helyét és idejét, illetve növényanyagát. A vizsgált kajszi-, illetve őszibarackfajták táblázatos (4.2.1. és 4.2.2. táblázatok) bemutatása jól nyomon követhetővé teszi az egyes fajták bevonását a különböző

vizsgálatokba, illetve az egyes vizsgálatok idősorának áttekintésére különösen alkalmas. A dolgozatban összesen 50 kajszí-, illetve 70 őszibarackfajta vizsgálati eredményeit mutatta be a Jelölt. A vizsgálati módszerek alfejezetben a célkitűzéseknek megfelelően csoportosítva mutatja be az egyes vizsgálati módszereket, modelleket, illetve az alkalmazott statisztikai módszereket.

Az Eredmények fejezet és az eredmények Megvitatása fejezet különálló, mely helyeselhető, és amelyeket Jelölt az elvárásoknak megfelelően és nagy gondossággal készíttette el. Az eredmények megvitatása fejezet tartalmazza a levont következtetéseket is. Maga a megoldás, hogy egy fejezeten belül vitatja meg az eredményeket és írja le a következtetéseket jól áttekinthetővé és olvasmányossá teszi az értekezést. Ahogy már említettem, esetleg hasznos lett volna e fejezet címének bővítése a „következtetések”-kel.

Az eredmények első alfejezetében a Jelölt bemutatja és elemezi a vizsgálati évek (26 éves időtartam) klimatikus tényezőinek hatását a generatív folyamatokra és a fagytűrésre, a vizsgálati hely mikrokörnyezetét figyelembe véve.

Kajszifajták virágfejlődése során a virágrügy fejlődés (mikrosporogenezis vizsgálata), virágzás és érés értékelését a 26 éves megfigyelési időszakban 30 fajta bevonásával végezte el, kimutatta a genotípus és az évjárat hatását mindhárom folyamatban, illetve azt, hogy ezek aránya az egyes fejlődési folyamatokban eltérő. Ez alapján a vizsgált fajtákat 5 klaszterba csoportosította.

50 őszibarackfajta virágfejlődésének és érésének (mikrosporogenezis, virágzási idő és érési idő) vizsgálata alapján 6 csoportba sorolta a vizsgált fajtákat főkomponens elemzés segítségével.

Részletesen elemezte a generatív folyamatok meteorológiai tényezőkkel való összefüggését. A rokon mandula és házi szilvafajták virágfejlődését és érését 9 évben vizsgálta és értékelte a Jelölt. Négy gyümölcs faj kiválasztott fajtái mikrosporogenezisének eredményeivel bizonyította, hogy azok hideg-, és melegigénye egymástól lényegesen eltérő.

A Jelölt vizsgálatai is bizonyították, hogy a szakirodalomban fellelhető hideg-, illetve melegigény számítási modellek pontatlanok mind a kajszí, mind az őszibarack esetében, mivel csak a hőmérsékletet veszik figyelembe.

A fagyérzékenység, illetve fagyűrés elemzését a szabadföldi fagykár felvételezés,, illetve a klímakamrás kísérletek alapján végezte el, fajonkénti bontásban. Megállapította az egyes kajszifajták öröklötten elérhető maximális fagyállósági értékeit (L_{50max}), illetve az adott évjáratra jellemző legjobb fagyűrés mutató L_{50} értékeit 27 kajszifajtára 12 éves során. A statisztikai analízis alapján kimutatta, hogy a genotípusnak döntő hatása (variancia 71,2%-a) volt fagyűrés szempontjából. Klaszteranalízissel öt fajtacsoportot különített el.

Őszibarackfajták esetén hasonló vizsgálati módszereket alkalmazva megállapította, hogy itt is a genotípus a meghatározó fagyűrés szempontjából, de kisebb mértékben, az összes variancia 64%-ában, mint kajszifajtáknál. Az évjárat hatása azonban őszibarackfajtáknál fokozottabb (31%) volt, mint kajszifajtáknál (19,9%). 33 őszibarackfajta 5 csoportra volt elkülöníthető fagy-, illetve télállóság alapján.

Főkomponens elemzést végzett a két faj fagyállóságának összehasonlítására, a kajszi-, és őszibarackfajták generatív rügyeinek maximális fagyállósági értékeire alapozva, valamint vizsgálta az időjárás hatását a két faj maximális fagyállóságára. Megállapította, hogy az őszibarack érzékenyebben reagált az időjárási viszonyokra, befolyásolva a maximális fagyállóságot, s hogy emiatt az időjárási viszonyok csökkenthetik az őszibarack fagyállóságát, amely genetikailag nagyobb, mint kajszinál.

Mesterséges fagyűrési kísérletekkel az őszibarack-, kajszi-, szilva- és mandulafajtákban meghatározta a virágrügyek fagyűrési profilját. Meteorológiai adatokkal összevetve meghatározta a télállóságot.

Az új tudományos eredmények közül az 1-2. és 9-11. pontokban megfogalmazottakat változtatás nélkül elfogadom.

Javasolom az 5 és 6. pontokat egy pontba, valamint a 7 és 8. pontokat szintén egy pontba összevonni, az alábbiak szerint:

- Szoros összefüggéseket mutattunk ki a klimatikus tényezők és a fenológiai folyamatok között kajszi- és őszibarackfajták esetében. Klímakamrás kísérletekkel meghatároztuk a különböző fenológiai fázisokban jellemző fagyűrési középértékeket, valamint kimutattuk a fenológiai fázis bekövetkeztének időpontja és a fagyállóság közötti összefüggést három kajszifajta esetén.

- Klaszterelemzéssel 27 kajszifajta öt határozottan eltérő csoportját, illetve 33 őszibarackfajta szintén öt határozottan elkülönülő csoportját azonosítottuk mesterséges fagyasztásos kísérletek 12 éves eredményei alapján.

A 3. pontot javasolom átfogalmazni, vagy pontosítva a füzér és a tetrád állapotra vonatkozó állítást, vagy elhagyva azt.

A 4. pontban megfogalmazottakat véleményem szerint nem kell az új tudományos eredményeknél felsorolni, hiszen a hideg-és melegigény számítási modellek pontatlanságára számos szakirodalom van, amint azt a Jelölt az irodalmi áttekintésben be is mutatta.

Az utolsó előtti, 9. fejezet, A dolgozat alapját képező publikációk jegyzéke, bár nem szokványos, de nagyon szemléletesen bemutatja a dolgozatban is ismertetett kutatómunka és azok eredményeinek nem csak hazai, de nemzetközi elismertségét.

Az elvégzett kutatómunkát és annak eredményeit az Összefoglalás fejezet a dolgozat végén jól összefoglalja.

Összefoglalva megállapítható, hogy az értekezésben bemutatott kutatómunka értékes, eredményei az alkalmazott kutatás, a fajtakiválasztás és a gyümölcstermesztés számára felhasználhatók. Utóbbiakat mi sem bizonyít jobban, mint a dolgozatban is külön kiemelt, a gyakorlat számára átadható eredmények.

Kérdések:

- 1.** A Jelölt által az értekezés 28. oldalán említett, a fagyállóság dinamikájával kapcsolatban manudulában végzett teljes transzkriptom profil és kis RNS (sRNA) profil vizsgálatok milyen, a fagyűrőssel kapcsolatos főbb, a stressztűrő kialakulásában fontos molekuláris folyamatokat, vagy szabályozó anyagokat, pl. miRNS-eket, fedtek fel, illetve kajszi-, vagy őszibarackban ismertek-e hasonló vizsgálatok (pl. Yu et al 2020a, b)?
- 2.** A vizsgált kajszi-, és őszibarackfajták esetén milyen volt az alanyhasználat? Ugyanolyan alanyokat használtak-e az egyes fajoknál a különböző fajták esetében? Van-e hosszútávú adatsor akár saját, akár szakirodalmi arra vonatkozóan, hogy az alanyhasználat hogyan befolyásolja egyes kajszi-, és őszibarackfajták fagyűrőését és télállóságát?
- 3.** Milyen perspektívát lát ilyen, hosszú időszakból rendelkezésre álló, részletes szabadföldi, klímakamrás és laboratóriumi adtasorok komplex értékelésében a mesterséges intelligencia (AI) és gépi tanulás (ML) alkalmazására? Tekintettel arra, hogy a fejlődési folyamatok és a fagyűrő kapcsolatának hosszú időszoron keresztüli vizsgálatára genotípusok széles skálája áll rendelkezésre, a Jelölt szerint mennyire alkalmazható a mesterséges intelligencia a klímaváltozással összefüggő megváltozott környezetnek, például a vizsgálat 26 éves időtartama során már detektált és a klímamodellek által prognosztizált melegedésnek és a csapadék csökkenésének, megfelelő genotípusok kiválasztásának predikciójára?

Az akadémiai doktori értekezésben bemutatott tudományos eredményeket az MTA doktori cím megszerzéséhez elegendőnek tartom, és a nyilvános vita kitűzését, sikeres védelem esetén az MTA doktora cím odaítélését javaslom.

Nyíregyháza, 2025. március 12.


Dr. Dobránszki Judit
az MTA doktora