

Akadémiai Doktori Értekezés Tézisei

**HÜVELYES NÖVÉNYEK NEMESÍTÉSE, GÉNMEGŐRZÉSI STRATÉGIÁK ÉS ÚJ
MEGKÖZELÍTÉSEK A FAJTAELISMERÉSBEN**

Mendlerné Drienyovszki Nóra

Debreceni Egyetem
Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság
Nyíregyházi Kutatóintézet

2025.

1. HÜVELYES NÖVÉNYEK NEMESÍTÉSE

A pillangósvirágúak családja (*Fabaceae*), világszerte a harmadik helyen áll a fajok sokfélesége tekintetében, mivel több, mint 770 nemzetséget és 19581 fajt foglal magába (Estrada-Castillón et al., 2024). A hüvelyes növények jelentősége nem csupán táplálkozási szempontból kiemelkedő, hanem termesztésének környezeti és gazdasági előnyei is vannak. Ezek a növények, mint például a szója, bab, borsó és lencse, kiváló fehérjeforrások, miközben rostokban, vitaminokban és egyéb értékes ásványi anyagokban is gazdagok. Gazdasági szempontból a hüvelyesek termesztése és piaci értéke folyamatosan növekszik, mivel egyre nagyobb figyelmet kap a fenntartható mezőgazdaság is. Ezen kívül, különféle formában használhatók fel, humán táplálkozásban, az állati takarmányozásban, elengedhetetlenek a globális élelmiszerellátásban, illetve, mint zöldtrágya is kiemelkedő jelentőséggel bír. A jövőbeli fenntarthatóság szempontjából a hüvelyes növények kulcsszerepet játszanak, hiszen lehetőséget teremtenek az ökológiai egyensúly megőrzésére és a tápláló ételek biztosítására.

A hüvelyesek a szárazföldi ökoszisztémák fontos alkotóelemei, és meghatározóak a talaj nitrogén körforgásában (Gou et al., 2023), mivel e növényekkel szimbiózisban élő légköri nitrogént megkötő baktériumok tevékenysége hozzájárul a talaj termékenységének fokozásához, nitrogénnel gazdagítják a talajt (Suzaki et al., 2015). Ez a nitrogén szerves anyaghoz kötött, tehát sokkal nehezebben mosódik le a talaj alsóbb rétegeibe, illetve a talajvizekbe, így a környezetet nem szennyezi (Mendlerné et al., 2011.).

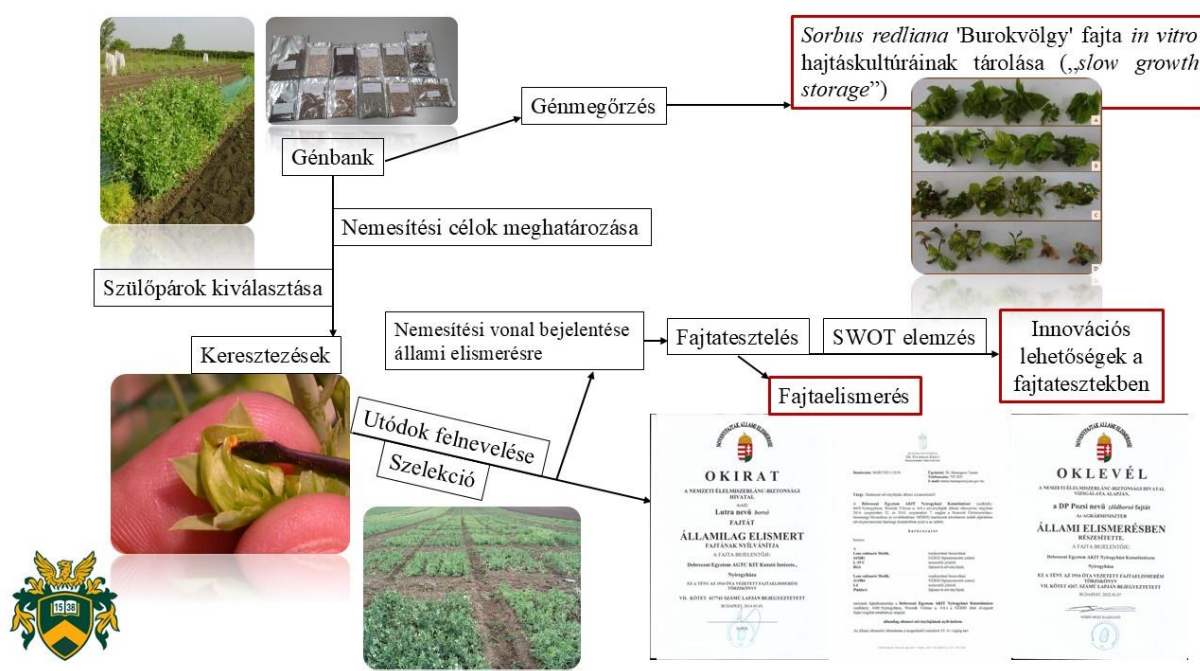
A fehérjestratégiában, a vetésforgóban betöltött szerepük, a talajtermékenységre gyakorolt hatásuk miatt érdemes a figyelmet a hüvelyesek termesztésében rejlő lehetőségekre és előnyökre irányítani. A vetésszerkezetben nagyobb arányú termesztésük szükségessége nem lehet kérdéses, már csak azért sem, mert a fehérjenövények termesztése egy állandó, magas szintű gabonatermesztést tesz lehetővé, környezetkímélő és talajt gazdagító energiatakarékos gazdálkodást biztosít.

Hazánkban sajnos csökkenő tendenciát mutat a hüvelyesek termőterülete, az elmúlt 30 évben drasztikus csökkenés volt tapasztalható (11360 ha) (FAO, 2024). Az egyoldalú mezőgazdasági szerkezet – ami ma Magyarországra jellemző – nemcsak a talajaink fizikai, kémiai és biológiai degradációjához vezethet, hanem az állati takarmányozás drága import fehérjére alapozott.

Az előzőekben felsorolt előnyök és problémák alapján vitathatatlan a hüvelyes növényeknek kulcsfontosságú szerepe a vetésszerkezet kialakításában, termőterületük növelése fontos gazdasági szempont is. Továbbá, Magyarország számára kitörési pont a fehérjenövények termesztésének növelése, mert egyrészt hazánk adottságai kiválóan megfelelnek ezen növények

termesztéséhez, másrészt termesztésük a fenntartható szemléletű mezőgazdaság szempontjából indokolt, táplálkozás-élettani hatásaik pótolhatatlanok.

A biológiai alapok biztosításában jelentős szerepe van a nemesítési munkáknak, a jó alkalmazkodó-képességű új fajták előállítása elengedhetetlen (1. ábra). Ezért is lett célom a munkásságom során elért nemesítési eredmények bemutatása a doktori műben, és életcélom a munka folytatása, illetve a hüvelyes növények népszerűsítése, minél több faj termesztésébe való bevonásának növelése Magyarországon.



1. ábra: Biológiai alapok biztosítása érdekében történt nemesítői, génmegőrzési és fajtavizsgálati módszerek korszerűsítésével kapcsolatos tevékenységek grafikus ábrázolása – A doktori műben bemutatott főbb tudományos munkáim összefoglalása (2000-2024).

A Debreceni Egyetem (DE), Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság (AKIT), Nyíregyházi Kutatóintézet az 1927-es megalakulása óta foglalkozik fehérjenövényekkel, hiszen az 1929-ben kialakított Westsik-féle vetésforgó kísérlet pillangós növénye mai napig a csillagfürt. A Kutatóintézet feladataihoz tartozik a – többek között – jó alkalmazkodóképességű, eredményesen termeszthető hüvelyesek biológiai alapjainak a megteremtése, technológiájának fejlesztése, és új fajok, illetve fajták termesztésbe vonása. Legfontosabb feladatunk lett különböző növényfajok és fajták abiotikus stresszekkel (elsősorban szárazságtűrés) szembeni tolerancia tesztelése, hogy válaszokat tudjunk adni az aktuális éghajlati viszonyokhoz való alkalmazkodás lehetőségeiről. A feladatunk sokoldalú, egyrészt mindig újabb, jobban

alkalmazkodó, piaci igényeket kielégítő fajták előállítása, másrészt a már meglévő fajták fenntartó nemesítésének magas színvonalú megvalósítása. A Kutatóintézet értékes, „alternatív” hüvelyes növényfajok nemesítésével és technológiájuk fejlesztésével foglalkozik: borsó (zöldborsó, szárazborsó, őszi borsó), őszi lencse, bab (bokorbab, futó bab), lóbab, csillagfürt, szarvaskerep, lucerna, bükköny-félék (tavaszi, szöszbükköny).

Magyarországon kevés az ősssel vethető fehérjenövény fajok választéka. Az őszi lencse és őszi borsó termesztése kiváló lehetőséget nyújt a lehetőségek kibővítésére. Termesztésének előnyei mellett (vetésforgóban betöltött szerepük, talajtermékenységre gyakorolt hatás, állandó, magas szintű gabonatermesztést tesz lehetővé, környezetkímélő, talajt gazdagító energiatakarékos gazdálkodást biztosít, nitrogénnel gazdagítja a talajt) kiemelhető, hogy az ősssel vetett lencse és borsó vetésére szeptember végétől október közepéig kerül sor, és a növény már a vetés évében megerősödik, illetve betakarítása elkerüli a nyári munkacsúcsokat illetve az extrém aszályos időszakot.

Nemesítési munkám célkitűzései

A nemesítési munkám célja - a Nyíregyházi Kutatóintézet küldetéséhez igazodva – a kiváló alkalmazkodóképességű, biztonságosan termeszthető borsófajták előállítása volt. **Zöldborsó** nemesítésének elsődleges célja volt a szuperkorai éréscsoportba tartozó, sötétzöld lomb- és magszínű, kisebb magméretű, jó termőképességű, gépi betakarításra alkalmas, minél jobb szárazságtűrésű fajta előállítása; amíg **szárazborsó** esetében további fontos nemesítési szempont volt a kiemelkedő állóképesség, termőképesség és minőség. Az ősssel vethető hüvelyes növények növekvő piaci kereslete ösztönzött az **őszi típusú borsófajta** előállítására, amelynél az állóképesség mellett, a termőképesség is kiemelkedő szempont volt. **Őszi lencse** nemesítésünk legfőbb célja volt az alacsonyabb ezermagtömegű, kis magméretű, áttelelő lencse fajta előállítása, fontos szempont volt a szármagasság, hiszen az alacsony szár akadályozhatja a gépi betakarítást. *Továbbá nagyon fontosnak tartom a Kárpát- medence ökológiai feltételeihez jól alkalmazkodó, versenyképes magyar fajtaválaszték növelését.*

A TÉMAKÖRBEN SZÜLETETT, ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1.1. Államilag elismert LUTRA (SZB – 0210) szárazborsó fajta

Baryton x Hanka fajták keresztezéséből származó fajta.

Állami elismerés éve: 2014.

Sárga magvú, afilea típusú, közép-kései érésű szárazborsó fajta, amely étkezési és takarmányozási célra is használható. Nagyon jó állóképességű és terméshozamú tavaszi vetésű

fajta. Gyors kezdeti fejlődésű. A növények középmagasak és az antociános elszíneződés hiányzik. Szára nem szalagosodik. Levélzet színe középzöld. Levélkék nincsenek, pálhaleveleinek nagysága közepes, márványozottságának sűrűsége közepes. A növényen nóduszonkénti maximális virágszám: 2. A virágainak színe fehér. A virág vitorla szélessége közepes, alapjának az alakja egyenes - közepesen ívelt. A hüvelyek mérete közepes, párosan helyezkednek el a szár felső harmadában, így gépi betakarításra kiválóan alkalmas. A mag gömbölyű, sima. Színe világossárga, hántolva élénksárga. Fuzáriumos tőhervadással szemben ellenálló. Extenzív termesztési körülmények között is biztonságosan termeszthető fajta. Ezermagtömege: 210-230 g. Potenciális termőképessége: 4,5 –5 t/ha. Optimális vetésideje március vége – április eleje.

1.2. Államilag elismert, fajtaoltalommal védett PINKLEVI (L4) őszi lencse fajta

AKM 279 x WA 8649041 keresztezéséből kiemelt őszi lencse fajta.

Nemesítők: Mendlerné Dr. Drienyovszki Nóra (50%), Kék Lászlóné (20%), Szűcsné Pozsonyi Beáta (20%), Dr. Zsombik László (5%), Dr. Dobránszki Judit (5%).

Állami elismerés éve: 2019.

Növényfajta oltalmának bejegyzése: 2023.

A 'Pinklevi' korai éréscsoportba tartozó őszi lencse fajta. A növények habitusa félig felálló és az antociános elszíneződés hiányzik. Virágzáskori magassága közepes, bokrosodó, erős elágazási eréllyel. Levél alakja elliptikus, színe középzöld. A levélkék nagysága közepes, számuk sok. A virágainak színe fehér, lila csíkok jelen vannak a vitorlán és az evezőn. A tompa hüvelyvégű, apró hüvelyek színe betakarításkor sárgák, bennük főleg 2 db mag található. A száraz mag oldalnézete hosszmetsetben elliptikus; fő színe rózsaszínes-zöldes-sárga.

Extenzív termesztési körülmények között is biztonságosan termeszthető fajta. Ezermagtömege: 31-33 g, ajánlott vetőmagmennyiség kb. 1,5 millió csíra/ha.

1.3. Államilag elismert, fajtaoltalommal védett RÉZI (L-19 C) őszi lencse fajta

ILL 7617 x AKM 282 keresztezéséből kiemelt őszi lencse fajta.

Nemesítők: Mendlerné Dr. Drienyovszki Nóra (50%), Kék Lászlóné (20%), Szűcsné Pozsonyi Beáta (20%), Dr. Zsombik László (5%), Dr. Dobránszki Judit (5%).

Állami elismerés éve: 2019.

Növényfajta oltalmának bejegyzése: 2023.

A 'Rézi' korai éréscsoportba tartozó őszi lencse fajta. Fenotípusos megjelenése hasonlít a 'Pinklevihez'. A növények habitusa félig felálló és az antociános elszíneződés hiányzik. Virágzáskori magassága közepes, bokrosodó, erős elágazási eréllyel. Levél alakja elliptikus, színe középzöld. A levélkéik nagysága közepes, számuk sok. A virágainak nagysága kicsi-közepes, színe fehér, lila csíkok jelen vannak a vitorlán és az evezőn. A tompa hüvelyvégű, apró hüvelyek színe betakarításkor sárgák, bennük főleg 2 db mag található. A száraz mag oldalnézete hosszszelvényben elliptikus; fő színe barnás, mérete nagyon kicsi-kicsi.

Extenzív termesztési körülmények között is biztonságosan termeszthető fajta. Ezermagtömege: 28-29 g, ajánlott vetőmagnennyiség kb. 1,7 millió csíra/ha.

Mindkét őszi lencse fajta fajtafenntartási lépcsője kiépített, szuperelit vetőmagja 2023. óta elérhető. Piacon való megjelenésük óta próbálják a fajtáinkat ökológiai körülmények között is. Nagyon keresett a gazdák körében, feldolgozóipar érdeklődik, mivel hazai fajtákat keresnek élelmiszeripari célú felhasználásra. A fajtáink iránt egyre fokozódik a külföldi érdeklődés is.

1.4. Államilag elismert, fajtaoltalommal védett DP POZSI (0802) zöldborsó fajta

Léda x *Margó* fajták keresztezéséből (0201) származó zöldborsó fajta.

Nemesítők: Mendlerné Dr. Drienyovszki Nóra (50%), Kék Lászlóné (25%), Pozsonyi Istvánné (Pozsi) (15%), Szűcsné Pozsonyi Beáta (10%).

Állami elismerés éve: 2022.

Növényfajta oltalmának bejegyzése: 2024.

A 'DP Pozsi' szuperkorai éréscsoportba tartozó zöldborsó fajta. Érése 2-3 nappal megelőzi a 'Léda' fajtát. Jó állóképességű és terméshozamú tavaszi vetésű fajta. Gyors kezdeti fejlődésű. A növények alacsonyak és az antociános elszíneződés hiányzik. Szára nem szalagosodik. Levélzet színe kékeszöld. Levélkéik nagysága nagyon kicsi/kicsi, rövid, keskeny és nem fogazottak. Pálhalevelei is kicsi, sűrűn márványozottak. A növényen a szárcsomónkénti maximális virágszám: 2. A virágainak színe fehér. A virág vitorla szélessége keskeny/közepes, alapjának az alakja egyenes/közepesen ék alakú. A hüvelyek mérete kicsi, párosan helyezkednek el a szár felső harmadában, így gépi betakarításra kiválóan alkalmas a fajta. A hüvely görbülete gyenge, a hüvelyvég alakja tompa, színe sötétzöld. A mag alakja henger alakú, sötétzöld. *Fusarium oxysporum f sp pisi* 1-es rasszával szemben rezisztens. Extenzív termesztési körülmények között is biztonságosan termeszthető fajta. Ezermagtömege: 150-155 g.

A fajta vetőmagja jelenleg még nem elérhető, mert a fajtafenntartási lépcső kiépítésén dolgozunk. A teljes fajtafenntartási lépcső és szuperelit (SE) vetőmag várhatóan 2026-ban lesz.

1.5. Perspektivikus zöldborsó fajtajelölt (BRIGITTE)

Léda x No106 fajták keresztezéséből származó zöldborsó fajta.

Nemesítők: Mendlerné Dr. Drienyovszki Nóra (50%), Kék Lászlóné (30%), Szűcsné Pozsonyi Beáta (20%).

Állami elismerés várható éve: 2025.

A 'Brigitte' középérésű zöldborsó fajta. Jó állóképességű tavaszi vetésű fajta. A növények középmagasak és az antociános elszíneződés hiányzik. Szára nem szalagosodik. Levélzet színe középzöld. Levélkéik nagysága kicsi és nagyon gyengén fogazottak. Rókafüles pálhaleveleinek mérete közepes, pálha enyhén márványozott. A virágainak színe krémszínű. A virág vitorla szélessége közepes, alapjának az alakja ívelt alakú. A hüvelyek mérete kicsi, hármassával helyezkednek el a szár felső felében, így gépi betakarításra kiválóan alkalmas. A hüvely görbülete gyenge, a hüvelyvég alakja tompa, színe középzöld. A mag alakja henger alakú, középzöld. Ezermagtömege: 95-100 g.

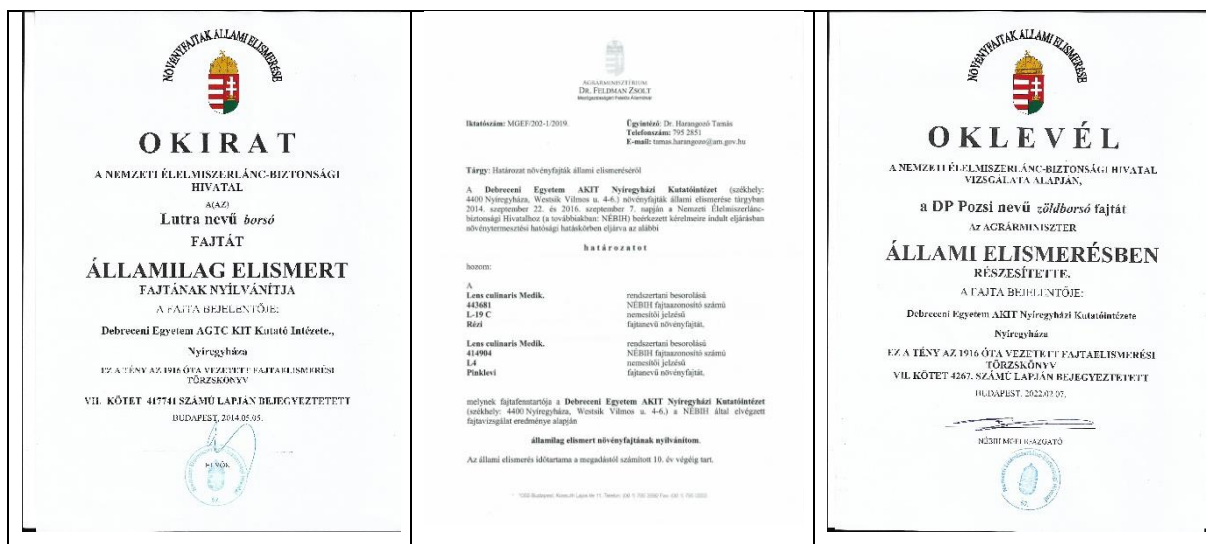
1.6. Perspektivikus őszi borsó fajtajelölt (1/3-1 – RÉKU)

Junak-8 x H-1 genotípusok keresztezéséből származó takarmányborsó fajta.

Nemesítők: Mendlerné Dr. Drienyovszki Nóra (40%), Kék Lászlóné (30%), Szűcsné Pozsonyi Beáta (30%).

Állami elismerés várható éve: 2027/2028.

A 'Réku' egy közép-korai éréscsoportba tartozó, őszi takarmányborsó fajta. Jó állóképességű és kiemelkedő termés hozamú őszi vetésű fajta. A növények magasak és az antociános elszíneződés hiányzik. Szára nem szalagosodik. Nóduszok száma az első virágzó nóduszig sok (15-16). Levélzet színe középzöld. Levélkéik nagysága közepes, és gyengén fogazottak. Rókafüles pálhaleveleinek mérete közepes. A nagy méretű virágainak színe fehér, maximális száma nóduszonként 3. A virág vitorla széles, alapjának az alakja kiemelkedő. A hüvelyek mérete kicsi, párosan helyezkednek el a szár felső harmadában, így gépi betakarításra kiválóan alkalmas. A hüvely görbülete gyenge, a hüvelyvég alakja tompa, színe középzöld. A maghéj színe sárga, a köldök színe sötétebb, mint a maghéj. Ezermagtömege: 120-125 g.



2. ábra: A 'Lutra', 'Pinklevi', 'Rézi' és 'DP Pozsi' fajták állami elismeréséről szóló oklevél és határozat

2. GÉNMEGŐRZÉSI STRATÉGIÁK

A növényi biodiverzitást a fajok sokfélesége, az agrobiodiverzitást a köztermesztésben lévő növényfajok és vadon élő rokonaik határozzák meg, amelyek a növénynevelés szempontjából értékes génforrásokat is jelentenek. Az agrobiodiverzitás megőrzésére irányuló stratégiáinak nemcsak a globálisan fontos élelmisznőnövényekre kell fókuszálniuk, hanem kiemelten kell kezelniük az alulhasznosított, helyi jelentőségű és vadon termő ehető növényeket is, amelyek azon túl, hogy növelik a biodiverzitást, jelentős táplálék- és egyéb előnyöket is kínálhatnak (Jovovic et al., 2020; Ebert és Engels, 2020).

A genetikai diverzitás a genetikai variabilitás mértéke, amely egy fajta egyedein belüli változatosságot vagy egy fajon belüli populációban levő genetikai eltéréseket jelenti (Swarup et al., 2021; Salgotra és Chauhan, 2023). A genetikai sokféleség is a biológiai sokféleség alapvető forrása. A genetikai változatosság nagyon fontos az alkalmazkodóképesség szempontjából, hiszen a változatos genetikai háttér lehetővé teszi a populációk jobb alkalmazkodását a környezeti változásokhoz és betegségekhez. A növénynevelők is ezt a sokféleséget használják ki olyan új fajták előállításánál, amelyek képesek az éghajlatváltozásra való reagálásra (Pimpinelli és Piacentini, 2020). Ehhez azonban kulcsfontosságú a tájfajták és a vadon élő rokonaik megőrzése, melyek fenntartásával meg tudjuk tartani a kellő genetikai sokféleséget a jelenlegi és a jövőbeli növénynevelési programokhoz, és olyan fajtákat tudunk kifejleszteni, amelyek ellenállnak az éghajlatváltozás okozta többszörös biotikus és abiotikus kihívásoknak (Perrino és Perrino, 2020).

A növényi genetikai erőforrás maga az örökítőanyag, amely magában foglalja a különféle gének összes allélját, amelyek egy kultúrnövényben jelen vannak (Salgotra és Chauhan, 2023). Ide tartoznak a köztermesztésben levő és onnan kiszorult fajták, tájfajták, ökotípusok, kultúrnövények vadon élő rokonai, egyedi, speciális tulajdonsággal rendelkező genotípusok, nemesítési vonalak, mutánsok, melyek a növénynemesítési munka alapját képezik. A növekvő piaci igényeket, a termés mennyiségét és az élelmiszer minőségét csak úgy lehet magas szinten tartani és javítani, ha ezeket az erőforrásokat és a bennük rejlő értékes tulajdonságokat megőrizzük, megvédjük és hasznosítjuk. A génanyagok megőrzése történhet az eredeti élőhelyén ('*in situ*'), vagy az élőhelyén kívül ('*ex situ*'). Zegeye (2017) szerint a megőrzési módszereket integrálni kell a biodiverzitás csökkenésének és a génerózió kockázatának minimalizása érdekében. Az egymást kiegészítő védelmi stratégiák kidolgozása, amelyekben a különböző megőrzési megközelítéseket és módszereket kombinálják, elősegíti egy adott génállomány legstabilabb és legköltséghatékonyabb megőrzését helyi körülmények között. Az *ex situ* génmegőrzés a genetikai erőforrások megőrzésének egy olyan módszere, amely nem a természetes élőhelyen történik. Ez a módszer lehetővé teszi a fajok genetikai változatosságának megőrzését, különösen olyan esetekben, amikor a természetes élőhelyek károsodtak vagy eltűntek, illetve veszélyeztetett fajok megmentése a cél (Abeli et al., 2020). Kétféleképpen történhet az *ex situ* megőrzés: hagyományos vagy modern eszközökkel. A hagyományos megőrzés a génbankokban való magtárolást, ültetvényeket, foglalja magába, amíg a modern megőrzés a merisztéma kultúrákban való fenntartást, liofilizálást, mélyhűtést, krioprezerválást jelenti. Ezek a módszerek könnyen kontrollálhatóak, és a fenntartott alapanyagok a nemesítők számára hozzáférhetőek, viszont a tárolásuk és fenntartásuk költséges lehet.

A maggyűjtemények az egyik leghatékonyabb *ex situ* tartósítási módszerek (Pritchard, 2004), de bizonyos fajok nem képeznek magot, '*recalcitrant*' maggal rendelkeznek, alacsony csírázókéességűek, illetve vegetatív módon kell szaporítani/fenntartani a genotípus megőrzéséhez. A vegetatív úton szaporított fajok megőrzésének hagyományos módja szántóföldön történik, de fenntartásuk költséges, és ki vannak téve természetes és mesterséges katasztrófáknak, és nem kínálnak biztonságos, hosszú távú tárolási feltételeket. Vegetatív úton szaporított növények közé tartoznak a gyökér- és gumós növények (édesburgonya, burgonya, jam), de különböző banán (*Musa*) fajok és számos egyéb gyümölcs, köztük citrusfélék, alma, körte és *Prunus* fajok is. Az *in vitro* technikák alkalmazása hozzájárulnak ezen növények megőrzésével kapcsolatos problémák megoldásához (Kulak et al., 2022). Az egyik legegyszerűbb *in vitro* módszer a hajtástenyészetek fenntartása, de a hagyományos módszer alkalmazása során a tenyészeteket 4-6 hetente frissíteni kell (felosztani, új táptalajra tenni,

szubkulturálni), emiatt célszerű olyan technikákat alkalmazni, mellyel lassítható a növekedés, csökkenthető a szubkulturák száma. Az osztások számának csökkentésével költségmegtakarítás érhető el, és az esetleges genetikai változások esélye is csökkenthető (Chauhan et al., 2019). Az *in vitro* megőrzési módszerek közül a 'lassú növekedésű tárolás' (*slow growth storage* – SGS) egy költséghatékony módszer, amely alkalmas szövettenyészetek középtávú tárolására, hónapoktól akár évekig (Chauhan et al., 2019). Az *in vitro* tenyészetek növekedése lassítható a táptalaj változtatásával (pl. kevesebb tápanyag, cukor, növekedésszabályzó, ozmotikum hozzáadása) és/vagy módosított környezeti tényezőkkel (hőmérséklet és/vagy megvilágítás csökkentése, akár teljes sötétség) (Cruz-Cruz et al., 2013) vagy ezek kombinációjával (Chauhan et al., 2019). A tárolás leggyakoribb formája, hogy az explantátumokat alacsony hőmérsékleten tartják, 4°C-on a mérsékelt éghajlatú növények esetében, és 10-15 °C-on a trópusi növényeknél (Keller et al., 2006). Az SGS módszer alkalmazásával a szubkulturák száma jelentősen lecsökken, és fajtól függően a tárolásuk akár több évre is meghosszabbíthatók (Cruz-Cruz et al., 2013).

A TÉMAKÖRBE SZÜLETETT, ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNY

2.1. Génmegőrzés és a Rédl-berkenye (*Sorbus redliana*) hajtástenyésztésének vizsgálata SGS módszerrel

Sok berkenye faj populáció kis egyedszámú, így az éghajlatváltozás káros hatásai és az élőhelyek elvesztése miatt különösen veszélyeztetettek (Enescu et al., 2016; Rivers et al., 2019). A nemzetség sajátos szaporodási módja, olyan kicsi, szétszórtan elhelyezkedő populációk kialakulásához vezethetnek, amelyek különösen érzékenyek a káros környezeti hatásokra, pl. legeltetésre, káros erdőgazdálkodásra stb. (Rivers et al., 2019). A génmegőrzés célja a genetikai sokféleség és alkalmazkodóképesség megőrzése, amely előfeltétele a fajok és populációk hosszú távú fennmaradásának (Aravanopoulos, 2016; Lambardi és Ozudogru, 2013). A betegségekkel szembeni rezisztencia értékes forrásainak (például tűzelhalással szemben rezisztens genotípusok a Rosaceae családban) felkutatása és megőrzése a jelenlegi védelmi stratégiákban létfontosságú szerepet játszik (Postman, 2008).

Különböző berkenye fajok, például a *S. domestica* és a *S. cuneifolia* védelmét leíró irányelvek azt javasolják, hogy legalább 50 egyedet *in situ* kell megőrizni, mivel ezek a világ legveszélyeztetettebb erdei fafajai közé tartoznak (Pritchard et al., 2014; Rotach, 2003; Rich et al., 2019).

Bár a fás szárú növények megőrzésének legelterjedtebb módszere az értékes genotípusok szántóföldi gyűjteményben való fenntartása, az *in vitro* technikák alkalmazása is ajánlott

kiegészítésként (González-Arno et al., 2017). A növényfajok és -fajták *in vitro* tenyésztésének hideg tárolására adott válaszai jelentős eltéréseket mutathatnak, és még ha a tárolást túl is élik, gyakoriak a regenerálódási képességükben bekövetkező eltérések. Kísérletünkben *Sorbus redliana* 'Burokvölgy' fajta *in vitro* hajtáskultúráinak tárolási alkalmasságát, morfo-fiziológiai változásait vizsgáltuk $4\pm0,5^{\circ}\text{C}$ -ban és sötétben (4°CD) történő, különböző ideig tartó hidegtárolás során.

A mérsékelt égövi fás szárú növények általában jól tolerálják az alacsony tárolási hőmérsékletet, mivel a tél túlélése érdekében nyugalmi állapotba kerülhetnek (Hu et al., 2022). Megfigyeltük, hogy az összes *in vitro* hajtástenyészet túlélte a hideg tárolást 52 hétig, azonban a kezdeti, körülbelül 5 hónapos nyugalmi időszakot követően intenzív hajtásnövekedés volt tapasztalható, amely 48 hét után lelassulni látszott, és ezeknek a hajtásoknak az újonnan kifejlődött részei erősen etioláltak és megnyúltak voltak. A hajtások számában alig találtunk emelkedést, mert az oldalrügyek növekedése továbbra is gátolt lehetett, egészen a 36. hétig.

Bár az első szubkultúrákhoz minden hideg tárolási szakaszból tudtunk szedni explantátumokat, hosszabb új hajtások és nagyobb szaporodási ráta volt megfigyelhető, ha a hajtástenyészeteket 4-36 hétig tároltuk. Nem találtunk szignifikáns különbséget az első szubkultúra során, amikor a normál tárolási körülmények között (nevelő helyiségben: 22°C fény (CL)) különböző ideig tárolt hajtástenyészetekből vettünk explantátumokat. A szaporodási hányadosok azonban szignifikánsan magasabbak voltak a hidegtárolásból származó explantátumokon, mint a nevelő helyiségből származókon, amennyiben a tárolási idő négy hétnél hosszabb volt.

Annak ellenére, hogy minden tenyészet túlélte az egyéves hideg tárolást, és megfelelő alapanyagnak bizonyultak az explantátumok további szaporításához, a károsodás jelei a tárolás második felében láthatóvá váltak. A 4°CD -n tárolt hajtástenyészetekben először a 24. héten jelentek meg a sárga levelek, majd a 28. hét körül indult meg az intenzív hajtásnövekedés, ami etiolált hajtásokat eredményezett. A 32. héten néhány barna levél már látható volt, míg a 36. héten már az összes hajtás etiolált volt. A 48. hét után az *in vitro* hajtástenyészetek körülbelül 30%-án volt megfigyelhető a részleges szövet elhalás, különösen a hajtások alsó részén.

Az öregedéssel és károsodásokkal kapcsolatos változások a klorofilltartalom változásában is megmutatkoztak. Kísérleteinkben az abszolút kontroll növényekben (3 hetes *Sorbus* hajtástenyészetek tárolás előtt) mért legmagasabb összes klorofill tartalom sem haladta meg a $0,89\text{ mg/g}$ értéket. Mindkét tárolási körülmény a klorofilltartalom csökkenését eredményezte. A 4°CD -n történő tárolás során az összes klorofill-a (chl a) és klorofill-b (chl b) tartalom jelentősen csökkent a 20. hétre. Ezzel szemben a 22°CL -on történő tárolás során a chl a tartalom csak a 16. hét végén csökkent, míg a chl b klorofill tartalom már a 8. héten csökkent jelentősen.

A 8. héttől azonban minden klorofill paraméter szignifikánsan alacsonyabb értéket mutatott 22°C-on történő tárolásban, mint 4°C-on történő tárolásban. A klorofilltartalom csökkenése a 22°C-on történő tárolás során valószínűleg az öregedésnek tulajdonítható, míg a 4°C-on történő tárolás során az etioláció megjelenése okozhatta a chl-tartalom csökkenését. A chl a/b arány nem mutatott jelentős változást az idő előrehaladtával egyik tárolási módszernél sem.

Az *in vitro* *Sorbus redliana* növény SGS tárolási lehetőségéről ez volt az első megjelent tanulmány. Eredményeink szerint a *S. redliana in vitro* hajtástenyésztési biztonságosan tárolhatók 4°C-on, sötétben 52 hétig MS táptalajon, amelyet 3% szacharózzal és 2,8 µM BAR-ral, 0,6 µM GA₃-mal, 1,48 µM IVS-sel egészítünk ki. A hajtások túlélése 100%-os volt, így a tárolt explantátumok bármikor újra bevonhatók a szaporítási ciklusba. A szubkultúrált explantátumok teljesítményét figyelembe véve azonban célszerű megvárni a nyugalmi időszak végét. Figyelembe kell venni, hogy 48 hét után már észlelhető némi károsodás a tárolt növényeken, és az első szubkultúrált tenyészetek teljesítménye csökkenhet. A normális tenyésztési körülmények között nevelt *in vitro* berkenye hajtástenyészetek 19 hét alatt teljesen elöregednek (a 16 hetes tárolási időszak elején három hetesek voltak). Ezt a tényt figyelembe véve azzal együtt, hogy az *in vitro* berkenye hajtástenyészetek fenntartásánál leggyakrabban négyhetes szubkultúrálási periódust alkalmazunk, az SGS génmegőrzési módszerrel legalább 3 maximum 12 szubkultúra elkerülhető, amely jelentős alapanyag-, költség- és munkaidő megtakarítást jelent.

3. A FAJTAELISMERÉS FOLYAMATA, VALAMINT A DUS ÉS VCU FAJTAVIZSGÁLAT LEHETŐSÉGEINEK ÉS KOCKÁZATAINAK FELMÉRÉSE SWOT ELEMZÉSI MÓDSZERREL

(A vizsgálatokat az Európai Unió Horizon 2020 kutatási és innovációs program támogatásával végeztük (Projekt száma:818144.))

A megfelelő fajtaválasztás jelentősen meghatározza egy ország növénytermesztésének sikerességét, ezért a szakemberek arra törekednek, hogy a gazdálkodók számára a legjobb fajtaválasztékot biztosítsák. Az Európai Unió (EU) belül a különböző növényfajták forgalomba hozatalának feltétele, hogy az adott fajta egy tagállam nemzeti fajtalistájában és/vagy az EU közös fajtalistáján szerepeljen. Ehhez növényfajta-vizsgálati eljárásokra van szükség annak értékelésére, hogy a fajtajelölt megkülönböztethető, egynemű és állandó-e (Distinctness, Uniformity and Stability – DUS), illetve a szántóföldi növényfajok esetén a

gazdasági értékvizsgálatok követelményének megfelelnek-e (Value for Cultivation and Use – VCU) (Niedbała et al., 2022).

A különböző országok hivatalos fajtavizsgálatokkal foglalkozó szervezetei, a Közösségi Növényfajta Hivatal (*Community Plant Variety Office* – CPVO) és az Új Növényfajták Védelmének Nemzetközi Szervezetének (*Union for the Protection of New Varieties of Plants* – UPOV) irányelvei és protokolljai szerint végzik el a DUS vizsgálatokat.

Az EU-n belül is minden megbízott fajtavizsgálatokkal foglalkozó hivatal (*Examination Office* - EO) végez DUS vizsgálatokat a meghatározott alapelvek szerint, ugyanazokat a morfológiai és fiziológiai tulajdonságokat használva jellemzi és írja le a fajtajelölteket, így az eredmények az országok között is összehasonlíthatók és felhasználhatók (Niedbała et al., 2022; Gilliland és Gensollen, 2010). Egy növényfajta állami elismeréséhez és fajta oltalmának bejegyzéséhez szükséges DUS vizsgálat elvégzése minden növényfajnál kötelező. A fajtajelölt akkor tekinthető **megkülönböztethetőnek**, ha minimum egy vagy több fontos tulajdonságban eltérést mutatnak ismert (Nemzeti Fajtajegyzéken szereplő) referencia fajtáktól, és ez az eltérés legalább egy vizsgálati helyen megállapításra került. A tulajdonság(ok)nak jól meghatározhatónak, a különbségeknek pedig egyértelműnek és megismételhetőnek kell lennie. A fajta **egyöntetű**, ha a fajtától eltérő genotípusok nem, vagy határérték alatt találhatók az állományban, biztosítva a megkülönböztethetőséget és állandóságot. A fajta akkor **állandó**, ha éveken keresztül megegyezik az első, hatóság által kiadott fajtaleírással (Chakrabarty és Choudhury, 2019). Eredményes DUS vizsgálat végén elkészül a hivatalos fajtaleírás, amely alapján a fajtajelölt fajtaként határozható meg.

A szántóföldi növényfajok Nemzeti Fajtajegyzékbe való felvételére irányuló fajtavizsgálati folyamat másik fő része a fajtajelölt gazdasági értékvizsgálata (termesztési, illetve használati érték). A VCU-protokollok nemzeti szintűek, nem egységesek, de szigorú szabályokat tartalmaznak, amelyek biztosítják a különböző tulajdonságok pontos értékelését. A tesztek során vizsgálják egy fajtajelölt termőképességét, minőségét, biotikus és abiotikus stresszekkel szembeni rezisztenciáját/toleranciáját.

A vizsgálataink átfogó célja az volt, hogy értékelje a jelenlegi módszereket a különböző EU-tagállamokban végzett DUS és VCU fajtakísérletek során, és teljes képet kapjunk különböző növényfajok DUS és VCU protokollokban észlelt erősségekről, gyengeségekről, lehetőségekről és veszélyekről SWOT elemzéssel.

A TÉMAKÖRBE SZÜLETETT, ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNY

3.1. Elsőként vizsgáltuk a DUS és VCU fajtavizsgálatokat SWOT elemzéssel.

Vizsgálatunk fő célja (az InnoVar projekt 5. munkacsoportjának (WP5) részeként) a VCU és DUS fajtavizsgálati folyamat során felmerülő speciális követelmények feltárása és meghatározása volt, amely hozzájárulhat a növényfajta-vizsgálati folyamat innovációjára vonatkozó döntéshozatalhoz. A tanulmány átfogó célja az volt, hogy értékelje a jelenlegi módszereket a különböző EU-tagállamokban végzett DUS és VCU fajtakísérletek során, és teljes képet kapjunk különböző növényfajok DUS és VCU protokollokban észlelt erősségekről, gyengeségekről, lehetőségekről és veszélyekről SWOT elemzéssel.

Az „InnoVar” projekt, az Európai Bizottság kutatási és innovációs felhívására (SFS-29-2018) jött létre, és a konzorciumban a Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet is projekt-partner (<https://www.h2020innovar.eu>). A projekt által finanszírozott kutatási tevékenység a következő generációs növényfajta-vizsgálat javítási lehetőségét tűzte ki céljául, olyan eszközök és modellek kifejlesztésével, amelyek kiegészítik a jelenlegi gyakorlatokat. Olyan konkrét célkitűzéseink vannak, mint például annak feltárása, hogy a genotípus-fenotípus együttes jellemzése és a DUS karakterek VCU karakterként használhatók-e, és a fajták teljesítményének meghatározása különböző „termesztési forgatókönyvek” és agronómiai menedzsment mellett. A projekt keretein belül Európában 14 helyszínen végeztünk szántóföldi kísérleteket őszi búzával és durum búzával, számos kezelési módot alkalmazva, beleértve szárazságtűrési kísérleteket és ökológiai körülmények közötti gazdálkodást is. Tehát az InnoVar projekt kiváló lehetőséget adott, hogy feltárhassuk a konkrét értékeket és igényeket egy SWOT-elemzés segítségével.

A SWOT-elemzés egy olyan módszer, amellyel a vállalkozások erősségeit, gyengeségeit, lehetőségeit és veszélyeit vizsgálják stratégiai terv vagy ütemterv felállításához (Gürel, 2017; Benzaghta et al., 2021), amely segíthet a döntéshozatali folyamatokban. Sikeresen végezhető a mezőgazdasági szektorban a vállalkozások, menedzsmentek és gazdaságok működési rendszereinek értékelésére is (Benzaghta et al., 2021; Akhtar és Pirzada, 2014; Ghimire, 2018; Kurmanalina et al., 2020). A növényfajta-vizsgálati rendszer értékelésére szolgáló SWOT-elemzés nem elterjedt, de hasznos módszer.

Köztudott, hogy a növénynemesítőknek folyamatosan új kihívásokkal kell szembenéznük, és új célokat kell kitűzniük az új fajták nemesítése során. Az új fajtákat termesztésbe vonása előtt alaposan és szigorú előírásoknak megfelelően meg kell vizsgálni, hogy a termelők számára megfelelő ajánlásokat lehessen tenni (Nwosu és Nwosu, 2022). A vizsgálatok módszerei és eszközei azonban folyamatos, korszerű fejlesztést is igényelnek. Számos új módszer használható az új növényfajták értékelésére a hagyományos tesztek mellett, például molekuláris markerek vagy szekvenáláson alapuló módszerek a genotípus azonosítására vagy a DUS

vizsgálatok elvégzésére (Azizi et al., 2021); Yu és Chung, 2021). Az InnoVar projekt keretében kerestük a VCU és DUS protokollok korszerűsítésének, új vizsgálati módszerek és potenciális – akár terményspecifikus – tulajdonságok bevezetésének, és annak kidolgozásának lehetőségeit.

Kérdőíveket állítottunk össze növényfajonként, amelyek szöveges formában tartalmazták a válaszokat, mivel az elemzés célja a vélemények és javaslatok elemzése. A kérdőívek alapvető kérdéseket tartalmaztak a DUS és a VCU tesztelés erősségeiről, gyengeségeiről, lehetőségeiről és veszélyeiről. Korábban az InnoVar projekt keretében több európai ország DUS és VCU protokolljait összegyűjtöttük, megvizsgáltuk, és elemeztük szakértőkkel, nemesítőkkel, kutatókkal. A kérdőívek ezen megbeszélések eredményein alapultak, és növényfaj-specifikusak voltak. Öt növényfajt választottuk ki részletes vizsgálatra (kukorica, burgonya, lencse, olajrepcse, angolperje).

A kitöltött kérdőíveket a következő 14 európai országból kaptuk vissza: Olaszország, Észtország, Dánia, Ausztria, Szlovákia, Hollandia, Lengyelország, Magyarország, Egyesült Királyság, Írország, Franciaország, Fehéroroszország, Svédország, Finnország. Emellett 3 nem európai szakértő is elküldte a kitöltött kérdőívet Marokkóból, Uruguayból és Dél-Afrikából. Minden választ bevontunk az értékelésbe.

A termésjellemzők, olyan paraméterek, amelyek meghatározzák egy növényfajta termesztésének eredményességét, beleértve a termelékenységet, termőképességet és a termésstabilitást különböző körülmények között (Nwosu és Nwosu, 2022). A termés mennyiséget meghatározó tulajdonságok (pl. növényenkénti termés szám/magszám, ezerszem tömeg stb.) szintén fontos szerepet játszanak a VCU vizsgálatokban, míg a morfológiai tulajdonságok főként a DUS vizsgálatokban (Bhusal et al., 2017; Asati et al., 2023; Balakrishnan et al., 2020). A kérdőívre adott válaszok alapján kijelenthetjük, hogy a VCU vizsgálati eljárásba bevezetésre javasolt tulajdonságok többsége fiziológias jellegű, pl. biotikus és abiotikus stressz-rezisztencia/tolerancia, nitrogén- és vízhasznosító képesség, állóképesség, télállóság, biotermesztésre való alkalmasság.

A tanulmányunkban fellelhető összes javasolt innováció és lehetőség az élelmiszer- és mezőgazdasági rendszerek hatékonyságának növelésére, a mezőgazdasági rendszerek gyors változásokhoz és szélsőséges körülményekhez való alkalmazkodási képességének támogatására, valamint a mezőgazdaság fenntarthatóságának ösztönzésére irányult. Eredményeink megosztása Európában politikai és egyéb döntéshozatali szinteken hasznos lenne, mivel ez a mezőgazdasági rendszer kulcsszereplőinek kritikai elemzését jelenti az új

fajták EU területére történő kibocsátásának eljárásáról, különösen most, a változások jelenlegi időszakában.

A külső inputok, például növényvédő szerek és műtrágyák iránti igény csökkenése pozitív tulajdonságnak tekinthető. Érdekes módon ezen témák egy részét a SWOT analízis is figyelembe vette, amelyben a válaszadók új tulajdonságokat, módszereket javasoltak az új fajták pontosabb és mélyebb értékelése érdekében. Az ökológiai termesztési vizsgálatok bevonása a fajták agronómiai értékelésébe az összes faj esetében (Nwosu és Nwosu, 2022) lehetőségnek tekinthető. Hasonlóképpen mi is azt tapasztaltuk, hogy az ökológiai tesztelést lehetőségnek tartották a válaszadók, például az olajrepcé esetében.

A kérdőívekben a megkérdezett szakemberek elmondták a véleményüket az új technológiák (fenomika, genomika) felhasználásáról mind a DUS, mind a VCU teszteléshez. A drónok segíthetnek számos jellemző értékelésében, és segíthetnek a nagyobb objektivitás elérésében, különösen a DUS-teszteknél. Számos más tanulmány is kiemeli a „*machine learning*” bevezetésének fontosságát és szükségességét a fenotipizálás szabványosítása érdekében a különböző biotikus és abiotikus stresszek tekintetében (Niazian et al., 2020; Singh et al., 2021; Gill et al., 2022).

A fontos agronómiai tulajdonságok molekuláris háttere molekuláris markerek segítségével tanulmányozható, és a modern technológiával kombinálva új módszerek is könnyen megalapozhatók (Nair és Pandey, 2024). Vizsgálatunkban a válaszadók a molekuláris markereket elsősorban a rezisztenciagénekkel és a fajták minőségi jellemzőivel kapcsolatban javasolták a fajta értékeléséhez. A DUS tesztelés során a referenciagyűjtemény kezeléséhez a molekuláris markerek központi eszközként használhatók a fajtajelölt megkülönböztethetőségének értékeléséhez. A válaszadóink többsége lehetőségnek és veszélynek is tekintette a molekuláris markerek használatát, utóbbi a magas költségük miatt. A molekuláris markerek bevezetése a fajtavizsgálatba pedig kulcsfontosságú lehet a tesztek pontossága és hatékonysága szempontjából, ezen túlmenően segíthetnek olyan új tulajdonságok azonosításában is, amelyek mind a DUS, mind a VCU vizsgálatnál figyelembe vehetők.

A műszaki fejlesztések, az éghajlatváltozás, a változó fogyasztói igények (beleértve a GMO-k kimutatását), valamint az új genomikai technikák alkalmazása a nemesítésben (NGT) szükségessé teszik a növényfajta-vizsgálati módszerek innovációját. Az új módszerek hatékonyabb kidolgozásához szélesebb körű tapasztalatok szükségesek. Ennek a célnak az elérését segítik a vizsgálataink során több országba kiküldött kérdőívek, amelyek a jelenlegi módszerek gyengeségének és erősségének elemzése segítségével keresnek új irányt és

lehetőséget. Ezek aztán összekapcsolhatók az innovációs eredményekkel, így felépíthetők az új módszerek.

A tanulmány eredményeként a SWOT analízis hasznosnak bizonyult a kitűzött célok elérése érdekében, új tulajdonságok (pl. hidegtűrés) és új vizsgálati módszerek (molekuláris markerek, precíziós technikák) bevezetése válik aktuálissá. A jövőben valamennyi EU-tagállam főbb növényfajainak fajtavizsgálati módszereiben rejlő lehetőségek feltérképezése és az ehhez szükséges anyagi feltételek megteremtése szükséges. Ez a tanulmány a DUS- és VCU-teszt SWOT-elemzésének eredményeit mutatja be, és alternatív stratégiát kínál a protokollok megújításához. Ez a munka hozzájárul annak jobb megértéséhez, hogy az ökológiai gazdaságokban jól teljesítő fajták kiválasztása probléma lehet, ha a fajtavizsgálatot nem a magas szintű fenntarthatóságra irányuló bio- és fenntartható gazdálkodási szabályok szerint végzik.

4. Az értekezés témakörében készült közlemények

1. **Mendler-Drienyovszki, N.**; Magyar-Tábori, K.; Mancinelli, R.; Black, L.; Brown, H.; Allam, M.; Udupa, S.M.; Atait, M.; Novarina, E.; Bardelli, T.; et al. Assessing the Opportunities and Risks of DUS and VCU Variety Testing for Sustainable Production through SWOT Analysis Results. *Agriculture* 2024, 14, 1817. <https://doi.org/10.3390/agriculture14101817>
2. **Mendler-Drienyovszki, N.**; Magyar-Tábori, K. Response of Rowan Berry (*Sorbus redliana*) Shoot Culture to Slow Growth Storage Conditions. *Plants* 2023, 12, 1287. <https://doi.org/10.3390/plants12061287>
3. **Mendlerné Drienyovszki, N.**; Zsombik, L. Étkezési szárazborsó. In: Izsáki, Zoltán; Kruppa, József (szerk.) Szántóföldi növények vetőmagtermesztése 2.: Vetőmegtermesztési technológia: Gabonafélék, hüvelyesek, gyökér- és gumós növények. Gödöllő, Magyarország: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (2021) pp. 152-159.
4. **Mendlerné Drienyovszki, N.**; Zsombik, L. Lencse. In: Izsáki, Zoltán; Kruppa, József (szerk.) Szántóföldi növények vetőmagtermesztése 2.: Vetőmegtermesztési technológia: Gabonafélék, hüvelyesek, gyökér- és gumós növények. Gödöllő, Magyarország: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (2021) pp. 193-197.
5. Liburdi, K.; Esti, M.; Petroselli, V.; **Mendler-Drienyovszki, N.**; Radicetti, E.; Mancinelli, R. Catalytic properties of lipoxygenase extracted from different varieties of *Pisum sativum* and *Lens culinaris*. *Journal Of Food Biochemistry*. 45: 2 Paper: e13617, 8 p. (2021) <https://doi.org/10.1111/jfbc.13617>

6. Dobránszki, J.; Czibalmos, Á.; **Mendlerné Drienyovszki N.**; Murányi, E.; Sipos, T.; Fazekas, M.; Zsembeli, J.; Vad, A.; Zsombik, L. Növénynemesítés a Debreceni Egyetem agrárkutatóintézeteiben és tangazdaságában. In: Karsai, Ildikó (szerk.) A magyar növénynemesítés az ezredfordulón (1990-2018). Budapest, Magyarország: Agroinform Kiadó (2019) 309 p. pp. 187-202. 16 p.
7. N, **Mendler-Drienyovszki**; K, Magyar-Tábori; L, Zsombik; J, Dobránszki. Slow growth storage of in vitro shoot culture of different plant species. In: XII. International Symposium of Plant Biotechnology. Book of abstract (2016) p. 7
8. **Mendler-Drienyovszki**, N; Dobránszki, J. Importance of in vitro gene bank in plant tissue culture. In: Dobránszki, J (szerk.) Aromatic cytokinins applied exogenously in plant tissue culture. Nyíregyháza, Magyarország: University of Debrecen (2014) pp. 90-97.
9. **Mendler-Drienyovszki**, N; Dobránszki, J. Effect of Fertileader Vital on green pea maturation. International Journal Of Horticultural Science 19: 3-4 pp. 57-59. (2013)
10. **Mendlerné Drienyovszki**, N. Zöldborsó és szárazborsó nemesítése. In: Romhány, László (szerk.) 85 éve a nyírségi növénynemesítés és növénytermesztés szolgálatában 1927-2012. Nyíregyháza, Magyarország: Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Nyíregyházi Kutatóintézet, (2012) pp. 92-94.
11. **Mendlerné Drienyovszki**, N; Kuroli, G; Németh, L; Reisinger, P; Csathó, P; Árendás, T; Németh, T; Fodor, N. Borsó. In: Radics, L; Divéky-Ertsey, A; Gál, I (szerk.) Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztés 2.: Gabonafélék - Gyökér- és gumós növények - Hüvelyesek - Olaj- és ipari növények. Budapest, Magyarország: Agroinform Kiadó (2012) 508 p. pp. 241-261.
12. **Mendlerné Drienyovszki**, N. A nagymagvú hüvelyes növények termesztésének jelentősége és fontossága. Agrofórum. 22: 4 p. 30-32 (2011).
13. **Mendlerné, Drienyovszki** Nóra (szerk.); Romhány, László (szerk.). Növényi Génbankok-Biodiverzitás-Növénynemesítés: Biológiai alapok stratégiai szerepe a vidékfejlesztésben. Nyíregyháza, Magyarország: Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma (2011), 155 p. ISBN: 9789634734413 OSZK
14. Magyar-Tábori, K; **Mendler-Drienyovszki**, N.; Dobránszki, J. Models and tools for Studying Drought Stress Responses in Peas. OMICS-A Journal Of Integrative Biology. (2011) 15: 12 pp. 829-838. <https://doi.org/10.1089/omi.2011.0090>
15. N, **Mendler-Drienyovszki**; J., Dobránszki. Genetic improvement of *Pisum sativum* L. using diallel system: Basics and genetic advancements. Saarbrücken, Németország: VDM Verlag Dr. Müller (2011) ISBN: 9783639348736

16. **Mendlerné Drienyovszki, N.** Zöldborsó (*Pisum sativum* L.) nemesítése a Nyíregyházi Kutató Központban. In: Lazányi, J - Növénynemesítés és fajtafenntartás az Észak-Alföldi régióban. Debrecen, Magyarország: MTA Debreceni Akadémiai Bizottság, (2010) p. 238 pp. 57-63.
17. **Mendlerné Drienyovszki, N.** Korai, bőtermő zöldborsó fajták nemesítésének újabb eredményei a Nyírségben. In: Veisz, O (szerk.) Hagyomány és haladás a növénynemesítésben: XV. Növénynemesítési Tudományos Napok, Budapest, Magyarország, 2009.03.17. Budapest, Magyarország: MTA Agrártudományok Osztálya Növénynemesítési Tudományos Bizottság (2009) 551 p. pp. 322-326.
18. **Mendlerné, Drienyovszki N.** Tavaszi vetésű zöldségnövényünk: a zöldborsó. Mezsgye Fórum 2009. április p. 17 (2009)

5. Köszönetnyilvánítás

Az első sorban Magyar né Dr. Tábori Katalinnak, Kék Lászlónénak, Pozsonyi Istvánnénak és Szűcsné Pozsonyi Beátának tartozom hálás köszönettel, akiknek a segítsége, támogatása nélkül nem tudtam volna a tudományos életben előre lépni. Több évtizedes gyakorlati tapasztalatot adtak át nekem, megtanítottak vezetni, örülni és elbukni, csapatban és csapatként dolgozni. Mindvégig őszinte kritikával éltek felém, emellett őszintén bíztattak és segítettek. Külön köszönöm Magyar né Dr. Tábori Katalinnak a doktori mű elkészítésében nyújtott segítségét.

Hálával és köszönettel tartozom a férjemnek, és gyermekeimnek, hogy mindig minden körülmények között mellettem állnak, támogatnak, motiválnak, segítenek; köszönöm a türelmüket! Köszönöm a szüleimnek a folyamatos támogatást és bizalmukat! Köszönöm!

Köszönöm a Debreceni Egyetem AKIT Főigazgatójának, Prof. Dr. Harsányi Endrének a támogatását és tisztelettel köszönöm a DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet egykori és jelenlegi Igazgatóinak Dr. Lazányi Jánosnak, Dr. Tőgyi Sándornak (†), Dr. Koncz Tibornak és külön köszönöm Dr. Zsombik Lászlónak, hogy engedtek szárnyalni, mindig támogatva a kutatási tevékenységemet, a törekvéseimet, és megvalósíthattam az elképzeléseimet, ötleteimet.

Hálásan köszönöm Gyetvai Miklósnak és a Nyíregyházi Kutatóintézet „műhelyes” kollégáinak, hogy mindig segítik a szántóföldi vizsgálatok precíz megvalósítását.

Hálával gondolok Dr. Bukai Józsefre (†), aki hasznos és értékes tanácsokkal látott el, még nyugdíjas évei alatt is, hálás vagyok, hogy tanulhattam tőle.

Köszönöm Iszállyné Dr. Tóth Juditnak, Mándi Lajosné dr.-nak és Dr. Csontos Györgyinek a szakmai segítségüket.

Köszönöm Prof. Dr. Dobránszki Juditnak a lehetőséget és Márfoldiné Gyurján Zsuzsannának a segítséget a génbanki kísérleteimhez szükséges *in vitro* alapanyagok előállításában és a mérések során nyújtott technikai segítséget.

Köszönettel tartozom Dr. Szabó Andrásnak, hogy lehetőséget kaptam részt venni az oktatásban a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Növénytudományi Intézet, Növénytermesztéstani, Tájökológiai és Növénynemesítési Tanszéken.

Hálás vagyok, hogy része lehettem az InnoVar projektnek, amely az Európai Unió Horizon 2020 kutatási és innovációs programjából kapott finanszírozást a 818144. számú támogatási szerződés alapján. Nemzetközileg is elismert szakembereket ismertem meg, akikkel a szakmai munka a projekt befejezésével is folytatódni fog.

6. Irodalomjegyzék

1. Abeli, T., Dalrymple, S., Godefroid, S., Mondoni, A., Müller, J. V., Rossi, G., & Orsenigo, S. (2019). Ex situ collections and their potential for the restoration of extinct plants. *Conservation Biology*, 34(2), 303–313. <https://doi.org/10.1111/cobi.13391>
2. Akhtar, K., & Pirzada, S. S. (2014). SWOT analysis of agriculture sector of Pakistan. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 5(11), 127–133.
3. Aravanopoulos, F. A. (2016). Conservation and Monitoring of Tree Genetic Resources in Temperate Forests. *Current Forestry Reports*, 2, 119–129. <https://doi.org/10.1007/s40725-016-0038-8>
4. Asati, R., Tripathi, M. K., Yadav, R. K., Tiwari, S., Chauhan, S., Tripathi, N., Solanki, R. S., & Yasin, M. (2023). Morphological Description of Chickpea (*Cicer arietanum* L) Genotypes Using DUS Characterization. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(9). pp. 1321-1341. ISSN 2581-8627
5. Azizi, M. M. F., Lau, H. Y., & Abu-Bakar, N. (2021). Integration of advanced technologies for plant variety and cultivar identification. *Journal of Biosciences*, 46, 91. <https://doi.org/10.1007/s12038-021-00214-x>
6. Balakrishnan, T., Vennila, S., Saravanan, K.R., & Karthikeyan, P. (2020). DUS characterization test of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) for quantitative characters. *Plant Archives*, 20(1), 3606-3608.
7. Benzaghta, M. A., Elwalda, A., Mousa, M., Erkan, I. & Rahman, M. (2021). SWOT analysis applications: An integrative literature review. *Journal of Global Business Insights*, 6(1), 55–73. <https://doi.org/10.5038/2640-6489.6.1.1148>
8. Bhusal, N., Pahuja, S. K., Vats, A. K., Srivastava, A., & Kumar, R. S. (2017). Morphological characterization of forage sorghum genotypes for its various DUS traits. *Journal of Applied and Natural Science*, 9(2), 912-919. <https://doi.org/10.31018/jans.v9i2.1297>.
9. Chakrabarty, S. K., & Choudhury, D. R. (2019). DUS testing for plant variety protection: Some researchable issues. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 79(Sup-01), 320-325. <https://www.isgpb.org/journal/index.php/IJGPB/article/view/3174>

10. Chauhan, R., Singh, V., & Quraishi, A. (2019). In Vitro Conservation Through Slow-Growth Storage. In: Faisal, M., Alatar, A. (eds) *Synthetic Seeds*. Springer, Cham. pp. 397-415. https://doi.org/10.1007/978-3-030-24631-0_19
11. Cruz-Cruz, C. A., González-Arno, M. T., & Engelmann, F. (2013). Biotechnology and Conservation of Plant Biodiversity. *Resources*. 2, 73–95.
12. Ebert, A. W., & Engels, J. M. M. (2020). Plant Biodiversity and Genetic Resources Matter! *Plants*, 9(12), 1706. <https://doi.org/10.3390/plants9121706>
13. Enescu, C. M., De Rigo, D., Houston Durrant, T., & Caudullo, G. (2016). *Sorbus domestica* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayán, J., De Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg.
14. Estrada-Castillón, E., Villarreal-Quintanilla, J. Á., Cuéllar-Rodríguez, G., Torres-Colín, L., Encina-Domínguez, J. A., Sánchez-Salas, J., Muro-Pérez, G., González-Cuéllar, D. A., Galván-García, O. M., Rubio-Pequeño, L. G., & Mora-Olivo, A. (2024). The fabaceae in northeastern Mexico (Subfamilies Caesalpinioideae (Excluding Tribe mimoseae), Cercidoideae, and Detarioideae). *Plants*, 13(17), 2477. <https://doi.org/10.3390/plants13172477>
15. FAO. (2024). faostat.org
16. Gill, T., Gill, S. K., Saini, D. K., Chopra, Y., De Koff, J. P., & Sandhu, K. S. (2022). A comprehensive review of high throughput phenotyping and machine learning for plant stress phenotyping. *Phenomics*, 2(3), 156–183. <https://doi.org/10.1007/s43657-022-00048-z>
17. Gilliland, T. J., & Gensollen, V. (2010). Review of the protocols used for assessment of DUS and VCU in Europe – Perspectives. In: Huyghe C (ed) *Sustainable use of genetic diversity in forage and turf breeding*. Springer eBooks, pp 261–275. https://doi.org/10.1007/978-90-481-8706-5_37
18. González-Arno, M. T., Dolce, N., González-Benito, M. E., Martínez, C. R. C., & Cruz-Cruz, C. A. (2017). Approaches for In Vitro Conservation of Woody Plants Germplasm. Chapter 13. In: Springer International Publishing AG, M.R. Ahuja and S.M. Jain (eds.), *Biodiversity and Conservation of Woody Plants, Sustainable Development and Biodiversity* pp. 355-419. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66426-2_13
19. Gou, X., Reich, P. B., Qiu, L., Shao, M., Wei, G., Wang, J., & Wei, X. (2023). Leguminous plants significantly increase soil nitrogen cycling across global climates and ecosystem types. *Global Change Biology*, 29, 4028–4043. <https://doi.org/10.1111/gcb.16742>
20. Gürel, E. (2017). SWOT analysis: A theoretical review. *Journal of International Social Research*, 10(51), 994–1006. <https://doi.org/10.17719/jisr.2017.1832>
21. Hu, Z., Lin, S., Wang, H., & Dai, J. (2022). Seasonal variations of cold hardiness and dormancy depth in five temperate woody plants in China. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.1061191>
22. Jovovic, Z., Andjelkovic, V., Przulj, N., & Mandic, D. (2020). Untapped genetic diversity of wild relatives for crop improvement. In: Salgotra, R., Zargar, S. (eds) *Rediscovery of Genetic and Genomic Resources for Future Food Security*. Springer, Singapore. pp. 25-65. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0156-2_2
23. Keller, E. J., Senula, A., Leunufna, S., & Grübe, M. (2006). Slow growth storage and cryopreservation—tools to facilitate germplasm maintenance of vegetatively propagated crops in living plant collections. *International Journal of Refrigeration*, 29(3), 411–417. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2005.07.012>

24. Kulak, V., Longboat, S., Brunet, N. D., Shukla, M., & Saxena, P. (2022). In vitro technology in plant conservation: Relevance to biocultural diversity. *Plants* 11, 503. <https://doi.org/10.3390/plants11040503>
25. Kurmanalina, A., Bimbetova, B., Omarova, A., Kaiyrgaliyeva, M., Bekbusinova, G., Saimova, S., & Saparaliyev, D. (2020). A SWOT analysis of factors influencing the development of agriculture sector and agribusiness entrepreneurship. *Academy of Entrepreneurship Journal*, 26(1), 1. <https://www.abacademies.org/articles/A-swot-analysis-of-factors-influencing-the-development-of-agriculture-sector-and-agribusiness-1528-2686-26-1-323.pdf>
26. Lambardi, M., & Ozudogru, E. (2013). Advances in the safe storage of micropropagated woody plants at low temperature. *Acta Horticulturae*, 988, 29–42. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2013.988.2>
27. Mendlerné Drienyovszki, N., Györgyi, Gyné, Sipos, T., Puskás, Á., Ábrahám, É.B., & Tóth, G. (2011). Fehérjenövények stratégiai jelentősége, génmegőrzése, nemesítése a Nyíregyházi és Karcagi Kutató Intézetben. In: Mendlerné Drienyovszki, N., Romhányi L. (szerk.). *Növényi Génbankok-Biodiverzitás-Növénynemesítés-Biológiai alapok stratégiai szerepe a vidékfejlesztésben*. ISBN: 978-963-473-441-3. Universitas Kommunikáció Kft. 2011. 77-108.
28. Nair, R. J., & Pandey, M. K. (2024). Role of molecular markers in crop breeding: a review. *Agricultural Reviews*, 45, 52. <https://doi.org/10.18805/ag.R-2322>
29. Niazian, M.; & Niedbała, G. (2020). Machine Learning for Plant Breeding and Biotechnology. *Agriculture*, 10, 436. <https://doi.org/10.3390/agriculture10100436>
30. Niedbała, G.; Tratwal, A.; Piekutowska, M.; Wojciechowski, T.; & Uglis, J. (2022). A Framework for Financing Post-Registration Variety Testing System: A Case Study from Poland. *Agronomy*, 12, 325. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020325>
31. Nwosu, L. C., & Nwosu, U. I. (2022). Innovations in Plant Variety Testing with Entomological and Statistical Interventions. In: Galanakis, C.M. (eds) *Environment and Climate-smart Food Production*. Springer, Cham, Switzerland, 181-218. https://doi.org/10.1007/978-3-030-71571-7_6
32. Perrino, E. V., & Perrino, P. (2020). Crop wild relatives: know how past and present to improve future research, conservation and utilization strategies, especially in Italy: a review. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67, 1067–1105. <https://doi.org/10.1007/s10722-020-00930-7>
33. Pimpinelli, S., & Piacentini, L. (2020). Environmental change and the evolution of genomes: Transposable elements as translators of phenotypic plasticity into genotypic variability. *Functional Ecology*, 34(2), 428-441. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13497>
34. Postman, J. D. (2008). The USDA Quince and Pear Genebank in Oregon, a World Source of Fire Blight Resistance. XI International Workshop on Fire Blight. In: Johnson, K. B., & Stockwell, V. O. (eds.). *Acta Horticulturae*, 793, 357-362 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.793.53>
35. Pritchard, H. W. (2004). Classification of seed storage types for ex situ conservation in relation to temperature and moisture. In *Ex Situ Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild*; Guerrant, E., Havens, K., Maunder, M., Eds.; Island Press: Washington, DC, USA, pp. 139–161.
36. Pritchard, H. W., Moat, J. F., Ferraz, J. B. S., Marks, T. R., Camargo, J. L. C., Nadarajan, J., & Ferraz, I. D. K. (2014). Innovative approaches to the preservation of forest trees. *Forest Ecology and Management*, 333, 88-98, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.08.012>.

37. Rich, T. C. G., Houston, L., Goodwin, A., Morgan, V., Bird, S., Jones, R., May, R., Shiel, D., & Stockdale, R. (2019). Conservation status of *Sorbus cuneifolia* (Rosaceae), Llangollen whitebeam. *British & Irish Botany*, 1(3), 231-242.
38. Rivers, M. C., Beech, E., Bazos, I., Bogunić, F., Buira, A., Caković, D., Carapeto, A., Carta, A., Cornier, B., Fenu, G., Fernandes, F., Fraga, P., Garcia Murillo, P.J., Lepší, M., Matevski, V., Medina, F. M., Menezes de Sequeira, M., Meyer, N., Mikoláš, V., Montagnani, C., Monteiro-Henriques, T., Naranjo Suárez, J., Orsenigo, S., Petrova, A., Reyes-Betancort, J. A., Rich, T., Salvesen, P. H., Santana López, I., Scholz, S., Sennikov, A., Shuka, L., Silva, L. F., Thomas, P., Troia, A., Villar, J. L., & Allen, D. J. (2019). European Red List of Trees. Cambridge, UK and Brussels, Belgium: IUCN. 60 pp. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.ERL.1.en>
39. Rotach, P. (2003). EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for service tree (*Sorbus domestica*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 6.
40. Salgotra, R. K., & Chauhan, B. S. (2023). Genetic diversity, conservation, and utilization of plant genetic resources. *Genes*, 14(1), 174. <https://doi.org/10.3390/genes14010174>
41. Singh, A., Jones, S., Ganapathysubramanian, B., Sarkar, S., Mueller, D., Sandhu, K., & Nagasubramanian, K. (2021). Challenges and Opportunities in Machine-Augmented Plant Stress Phenotyping. *Trends in Plant Science*, 26(1), 53–69. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2020.07.010>
42. Suzaki, T., Yoro, E., & Kawaguchi, M. (2015). Leguminous plants: inventors of root nodules to accommodate symbiotic bacteria. *International Review of Cell and Molecular Biology*, 111–158. <https://doi.org/10.1016/bs.ircmb.2015.01.004>
43. Swarup, S., Cargill, E. J., Crosby, K., Flagel, L., Kniskern, J., & Glenn, K. C. (2021). Genetic diversity is indispensable for plant breeding to improve crops. *Crop Science*. 61(2), 839-852. <https://doi.org/10.1002/csc2.20377>
44. Yu, J., & Chung, Y. (2021). Plant variety Protection: Current practices and insights. *Genes*, 12(8), 1127. <https://doi.org/10.3390/genes12081127>
45. Zegeye, H. (2017). In situ and ex situ conservation: complementary approaches for maintaining biodiversity. *International Journal of Research in Environmental Studies*, 4(1), 1-12.