



ORSZÁGOS TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

EXTRÉM POLIPLOID BABÉRMEGGYFAJTÁK GENETIKAI JELLEMZÉSE

Genetic characterization of extreme polyploid cherry laurel cultivars

Készítette: **Rieth Jázmin Anasztázia**
BBGBWV
Kertészmérnök, alapképzés
nappali tagozat
Budai Campus

OTDK Agrártudományi Szekció

Témavezetők: Dr. Halász Júlia PhD Egyetemi tanár

Dr. Hegedűs Attila DSc Egyetemi tanár

Növénybiotechnológia Tanszék

Budapest

2024

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK	2
1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS.....	3
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	4
2.1. A babérmeggy (<i>Prunus laurocerasus</i> L.) bemutatása, botanikai jellemzése	4
2.2. A babérmeggy származása	5
2.3. A babérmeggyfajták nemesítésének helyzete, ismert fajták.....	6
2.3.1. Nemesítési célok	7
2.3.2. A nemesítési munka eredménye.....	8
2.4. A molekuláris markerezés jelentősége.....	12
2.5. A mikroszatellit markerek (SSR)	12
2.6. A babérmeggy genotípusokkal végzett molekuláris vizsgálatok.....	13
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	15
3.1. Felhasznált növényanyag.....	15
3.2. DNS-kivonás és PCR-analízis	16
3.3. Fragmentumhossz-analízis és bioinformatikai értékelés	16
4. EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK	18
4.1. A polimorfizmus mértéke SSR és ILP-markerekkel.....	18
4.2. A vizsgált egyedek genetikai távolsága.....	22
5. ÖSSZEFOGLALÁS	26
6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	27
7. IRODALOMJEGYZÉK.....	28
Melléklet.....	34

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

A babérmeggy (*Prunus laurocerasus* L.) népszerű és elterjedten használt örökzöld cserje, amely kerttervezési szempontból sokféle céllal telepíthető dísznövény. Elsősorban sövényként ültetik, de fényes, tetszetős lombozata miatt háttér- vagy szoliternövényként is látványos. Népszerűsége az elmúlt időszakba egyre nagyobb lett, mert a klímaváltozás következtében megjelenő újabb kórokozók és kártevők a tuja fajokban súlyos károkat okoznak, így helyüket inkább a babérmeggyek veszik át. Törökországban nemcsak dísznövényként hasznosítják, hanem gyümölcsét is fogyasztják értékes beltartalmi összetevői miatt. A gyümölcsválaszték bővítése iránti igény ezt felhasználási lehetőséget is a célzott nemesítési programok céljai közé helyezheti, ami új fajták előállítását vetíti elő. A molekuláris diagnosztikai eljárások fejlődésével hatékonyabbá tehető a nemesítés, de ehhez a faj genetikai hátterének megismerése szükséges.

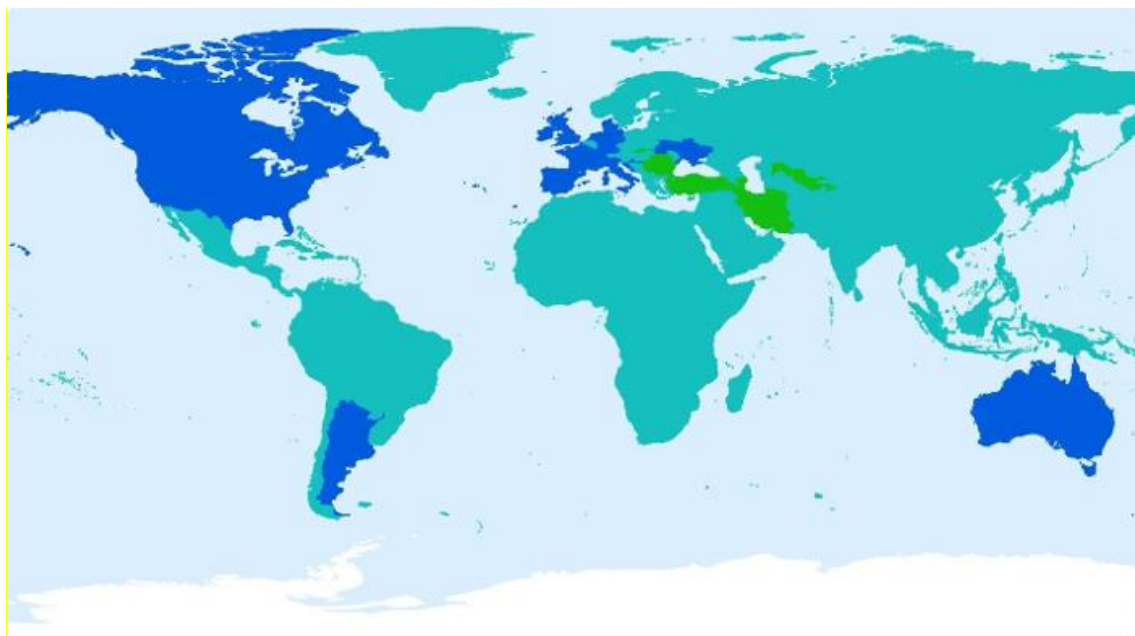
A babérmeggy extrém mértékű ploidfoka miatt genetikai háttere nagyrészt még feltáratlan. Csak néhány tudományos közlemény jelent meg mindeztáig, melyek többsége főként a *Prunus* nemzetség molekuláris evolúciójával foglalkozik. Annak ellenére, hogy a fajtanemesítés egyre intenzívebb, hiszen számos dísznövényfajtája elérhető, a fajon belüli variabilitás, illetve a fajták genetikai jellemzése még nagyon kevésbé ismert. Mivel Magyarországon népszerű, gyakran telepített növényről van szó, így munkánk célkitűzése a következő kérdések megválaszolására irányult:

1. Mely ismert *Prunus* SSR-lókuszok alkalmasak a babérmeggyfajták vizsgálatára?
2. Milyen mértékű genetikai variabilitás jellemzi az egyes babérmeggyfajtákat SSR-profil alapján?
3. A dísznövényként és a gyümölcstermő növényként használt genotípusok közötti különbség kimutatható-e SSR markerek alkalmazásával?

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 A BABÉRMEGGY (*PRUNUS LAUROCERASUS* L.) BEMUTATÁSA, BOTANIKAI JELLEMZÉSE

A babérmeggy (*Prunus laurocerasus* L.) a Rosaceae családnak a *Prunus* nemzetségbe tartozó örökzöld csonthéjas gyümölcsfaja. Elterjedését tekintve a Fekete-tenger körül, Délkelet-Európában honos. Albánia, Bulgária, valamint Törökország és a keleten lévő Irán, illetve Kaukázus régióinak (1. ábra) jellegzetes növénye (Ercisli, 2004; Sulusoglu, 2011). Bírja a laza, közepesen kötött, de még a kötött talajokat is, emellett jobb kártevőállóságot mutat, mint sok más faj (Sulusoglu és Cavusoglu, 2010).



1. ábra: A babérmeggy elterjedése világszerte (Forrás: <http1>).

Őshonos Termesztett Betelepített

Lomblevelű örökzöld növény, életformája cserje, illetve kisebb fa. Vannak olyan egyedek is, melyek képesek akár 6 méter magasra is megnőni. Vegetatív szerveit tekintve zöld kopasz hajtásai vannak, amik csúcsrügyben végződnek. Kemény, 5-15 (20) cm nagyságú, viaszos levelei nagyon változatosak, mert elliptikusak, hosszúkásak vagy keskeny visszástojásdadok, kihegyezett csúcsúak, lekerekített vagy ék vállúak. Levéllemezüik ép vagy ritkán kissé fűrészkes. A levélszín fényes, fonákjuk pedig halványabb színű, de mindkét oldal kopasz. Virágjai 5-12 cm hosszú keskeny fürtökben április-májusban nyílnak, melyek fehér

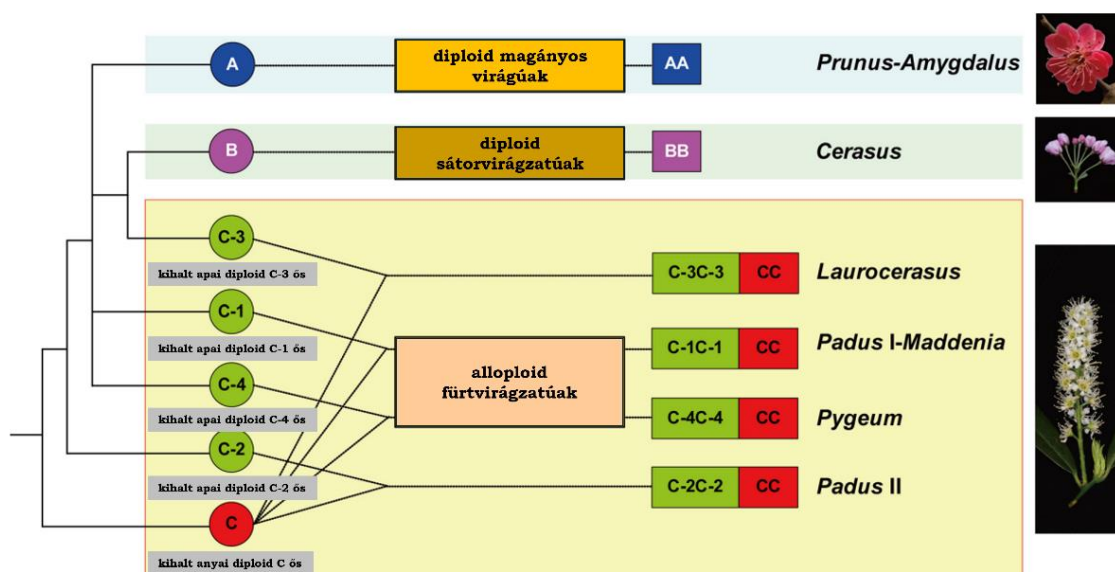
színűek (**2. ábra**). Ebből később 8-10 mm-es, fényes feketésbordó színű húsos csontártermés képződik, amely gömb vagy tojás alakú. Ezen termések belsejében egy mag található (Tóth, 2012).



2. ábra: A babérmeggy (*P. laurocerasus* L.) habitusa és virágzata, termése és levelei
(Forrás: Saját képek, <http2>)

2.2. A BABÉRMEGGY SZÁRMAZÁSA

A *Prunus* nemzetség gazdaságilag jelentős mérsékeltövi gyümölcsfajokat foglal magába, mint például az őszibarack, cseresznye, szilva és a mandula. A nemzetség filogenetikai történetéről már számos tanulmány jelent meg, azonban ezek főként a termesztésben nagyobb szerepet játszó fajokra fókuszálnak. Chin és mts. (2014) kloroplasztisz szekvenciák alapján a nemzetség monofiletikus származását látták bizonyítottnak, de később Zhao és mts. (2016) ITS adatok alapján inkább a parafiletikus eredetet tartották valószínűnek. A molekuláris adatok abban egybevágóak, hogy a nemzetség három nagy kládra osztható fel: (1) a diploid magányos virágúak csoportja (*Prunus*, *Amygdalus* és *Emplectocladus* alnemzetségek); (2) a diploid sátorvirágzatúak (corymbose) csoportja (*Cerasus* alnemzetség); (3) a poliploid fürtvirágzatúak (racemose) csoportja (*Padus*, *Laurocerasus* és a *Maddenia* alnemzetségek). A fürtvirágzatúak közé tartozó babérmeggy feltehetően allopoloid származású, az egymástól független poliploidizációs események sorozata (**3. ábra**) járult hozzá a faj kialakulásához (Zhao és mts., 2016).



3. ábra: Az allopoloid babérmeggy feltételezett eredete a poliploidizációs események bemutatásával (Zhao és mts., 2016 nyomán).

Azokat az egyedeket nevezzük poliploidoknak, amelyek sejtjeikben kettő vagy több alapkromoszóma-szerelvény található. A poliploidia a növényi evolúció egyik fő hajtóereje, mert növeli a genetikai változékonyságot, ezáltal jobb alkalmazkodóképességet eredményezhet. A poliploid fajok gyakran felülmúlják a diploid rokonfajokat a gazdaságilag fontos tulajdonságaik tekintetében (pl. giga effektus a termés- vagy virágméretben), így a növénynemesítésben különösen kiemelt figyelmet fordítanak rá (Sattler és mts., 2016).

2.3. A BABÉRMEGGYFAJTÁK NEMESÍTÉSÉNEK HELYZETE, ISMERT FAJTÁK

A faj növekedési erélye, sokféle formája, színe és változatos mérete alapján rendkívül népszerű, igen dekoratív dísznövény. Sövényként, talajtakaróként, szoliter- vagy háttérnövényként használják kertekben és parkokban, valamint lombját a virágkötészetben vágottzöld alapanyagként alkalmazzák koszorúalapok készítésekor. Megjelenése a kerteknek mediterrán hangulatot kölcsönöz (Schmidt, 2002; Sütöriné és Schmidt, 2014). Törökországban azonban nemcsak dísznövényként ismert, hanem gyümölcstermő növényként is, hiszen léteznek olyan változatai, melyek kimondottan jó beltartalmi értékekkel rendelkeznek (Yazici és mts., 2011; Sulusoglu, 2011). A faj első említése, leírása egy francia kutató, P. Belan nevéhez fűződik, aki 1546-ban Északkelet-Törökországban jegyezte le először (Ercisli, 2004). Intenzív nemesítése a XX. század második felében indult el, számos ismert fajtáját telepítik világszerte.

Magyarországon a babérmeggy a XIX. század elején kezdett népszerűvé válni, mert egyre több idegenhonos, egzotikus különlegességeket telepítettek a parkokban és közöttük bukkant fel e faj is (Schmidt, 2003).

2.3.1. NEMESÍTÉSI CÉLOK

A nemesítési célok között elsőként a téltűrés fokozása, javítása volt nagy jelentőségű, ugyanis a nagyon fagyos területeken lombját elvesztheti, fejlődése lelassul és akár el is pusztulhat (Sütöriné és Schmidt, 2014). A minél egészségesebb lombzat megtartása miatt a kórokozók és kártevők elleni rezisztencia elérése kiemelt cél hasonlóan más termesztett fajokhoz. Díszítő értékének elvesztését okozza a vincellér bogár kártétele (*Otiorrhynchus ligustici*), mely a növények leveleit rágja, illetve lárvái a konténerben nevelt babérmeggyek gyökereit károsítják. A *Stigmina carpophyla* (levéllyukasztó gomba), a babérmeggy lisztharmat (*Podosphaera tridactyla* és a *P. pannosa*) további károkat okozhat. A dísznövények fontos paramétere a növekedési habitus, e tekintetben a különböző típusok széles választási lehetőséget biztosítanak. Lehet oszlopos vagy elterülő, kompakt növekedésű fajta, így a célnak megfelelő forma kiválasztásához többféle fajta is kínálható (4. ábra). Az utóbbi időszakban hódítanak a különböző színváltozatok is, ami nemcsak a levéllemez zöldjének árnyalatait foglalja magába, de a hajtásvégek bronzos színeződését is (http3). Kereskedelmi forgalomban közel 50 fajtája érhető el jelenleg. A fajta-előállítás többnyire Európa különböző nemesítő műhelyeiben történik, főként Hollandia, Franciaország, Németország, Magyarország és Anglia, de az Amerikai Egyesült Államokban is van több program már (Contreras és mts., 2018).

Azon régiókban, ahol gyümölcstermő növényként használják, a kiváló gyümölcsminőségű fajták elérése érdekében is folytatnak fajta-előállító nemesítést. Nemcsak frissen fogyasztják gyümölcsét, hanem dzsemként, aszalványként és különböző gyógyhatású készítményként is hasznosítják, így ezen céloknak megfelelő szelekciós munkát végeznek (Beyhan, 2010; Macit és Demirsoy, 2012; Sulusoglu és Cavusoglu 2014).



4. ábra: Változatos színek és formák: ‘Copperbell’, ‘Zöldszőnyeg’, ‘Elly’

(Forrás: [http4](#); [http5](#))

2.3.2. A NEMESÍTÉSI MUNKA EREDMÉNYE

Nemesítési alapanyagként a *P. laurocerasus* L. faj ismert fajtáit, vadon élő genotípusait használják. A babérmeggy őshazájából kétféle típust különböztetünk meg: az egyik a Kaukázusi alakkörbe tartozók, ezek többnyire kisebb fák nagyobb levelekkel, illetve vannak a Balkáni alakkörbe tartozók, melyek alacsonyabb, szélesebb bokrok, viszont inkább kisebb kihegyesedő levelekkel rendelkeznek (Tóth, 2012). Nagy variabilitás jellemzi a törökországi területeket, ahol a sporadikus (szórványosan elhelyezkedő) elterjedés a jellemző, illetve létezik egy-két ország, ilyen például Albánia, Bulgária, Kaukázus és Irán területei, ahol még egybefüggő erdőségeket alkot (Kalkman, 1966). Néhány országban természetvédelmi problémát okoz, hogy a dísznövényként telepített egyedek invazív módon elterjednek a városok közelében lévő erdőkben (Abrahamczyk et al., 2024; Rusterholz et al., 2018).

A termesztésben lévő fajták szelekciós nemesítéssel keletkeztek, mert a babérmeggy apró virágai miatt a keresztezéses nemesítés komoly nehézségekbe ütközik (Sulusoglu, 2011; Macit és Demirsoy, 2012). Nagyon kevés tanulmány foglalkozik a faj termékenyülési sajátosságával, köszönhetően extrém poliploid helyzetének. Az elvégzett gyümölcskötődési vizsgálatok irányított öntermékenyülés és keresztbeporzást követően önmeddőnek mutatják virágait (Sulusoglu Durul és Unver, 2021), hasonlóan sok más *Prunus* fajhoz (Halász és mts., 2021a).

2.3.2.1 Hazai műhelyek fajtái

Józsa Miklós Magyarországon és Európába is elismert növénynevelő, aki 20-25 olyan fajtát hozott létre, melyek ma is termesztésben vannak. Munkája során nemcsak a növények esztétikai megjelenésére összpontosított, hanem maximálisan figyelembe vette az ökológiai szempontokat, a felhasználási és fenntartási igényeket, valamint a növényegészségügyi problémákat és a termesztés lehetőségeit is (http6). Téltűrő fajtái közül az alábbiak gyakran telepített növények: ‘Cippora’, a ‘Cleopátra’ a ‘Gabi’ a ‘Hagar’ a ‘Klári’ a ‘Kleopátra’ a ‘Mari’ a ‘Piri’ és a ‘Zita’. Idősebb Barabits Elemér elsősorban fenyőfélékkel foglalkozott, de sok örökzöldet is szelektált, melyeket szintén sikerre vitt. Elsőként kapta meg a hazai kertészeti nevelők számára alapított Magyar Gyula Nevelői Nagydíjat (1995), kedvelt fajtái a ‘Manó’ és a ‘Miki’ (http7). Fia, ifjabb Barabits Elemér folytatta édesapja munkásságát a lomblevelű fákra koncentráltan, ismertebb fajtái a ‘Leander’ és a ‘Zöldszőnyeg’ (5. ábra) (Csikor, 2020). Ambrózy-Migazzi-István nevelési céljai között a mediterrán növények téltűrésével foglalkozott, hogy ezek a növények is megéljenek a kontinentális éghajlaton, mint például a ‘Malonyai klón’ (http8). A Németh Gábor által szelektált ‘Zsófia’, melyet külföldön ‘Sofia’-ként jegyeznek, arany minősítést szerzett az újdonságversenyben 2019-ben (Pap, 2024).



5. ábra: Hazai nevelésű babérmeggyfajták: ‘Zöldszőnyeg’ és a ‘Miki’
(Forrás: Saját képek a Budai Arborétumból)

2.3.2.2. Hazánk fajtahasználata

Államilag elismert fajtáink közé az aktuális nemzeti fajtajegyzék szerint a ‘Bettina’, ‘Leander’, ‘Manó’, ‘Miki’, ‘Zöldszőnyeg’ és a ‘Zsófi’ fajták tartoznak (NÉBIH, 2023). Az utóbbi 15 évben a legnépszerűbb sövényfajta a ‘Novita’ (6. ábra). Ezen kívül kisebb jelentőségű, ám remek fajták a ‘Green Torch’, a ‘Mount Vernon’, a ‘Genolia’, az ‘Obelisk’ és a ‘Zita’ (Rónai, 2022). További különlegesebb fajtát is használnak szoliterként, ilyen például a ‘Leander’, melynek levelei lándzsa alakúak és a legkeskenyebbek a babérmeggyek közül. A ‘Manó’ fajtának nagyon szép, egészséges lombozata van és kúszó habitusú, ám 1,5-2 méter magasra is meg tud nőni. A ‘Miki’ oszlopos erős növekedésű fajta. Levelei kétfélék, a rövid hajtásokon 3-4 cm szélesek elliptikusak, míg a hosszú hajtásokon csak 1-2 cm szélesek, lándzsásak és erősen fűrészes szélűek. Egyesével jól látható helyre szokták ültetni. A ‘Zöldszőnyeg’ pedig egy terülő fajta, amelyet szoliternek vagy sövénynek használnak (Csikor, 2020).



6. ábra: Hazánkban kedvelt babérmeggy sövényfajta a ‘Novita’

(Forrás: Saját kép a Budai Arborétumból; <http9>)

2.3.2.3. Nemzetközi fajtahasználat

Külföldön a ‘Zabeliana’, a ‘Manó’, a ‘Miki’, a ‘Rotundifolia’, a ‘Zsófi’ a ‘Caucasica’, ‘Novita’, ‘Herebergii’, ‘Etna’, ‘Otto Luyken’, ‘Magnoliifolia’ és a ‘Marbled White’ fajták népszerűek. A ‘Zabeliana’ egy 1-1,5 méteres vízszintes ágú cserje. Széles lándzsás levelei hegyesek. Egyik legjobb téltűrő. Talajtakaróként használják. A ‘Rotundifolia’ egy 4-6 méteres szétterülő cserje, levelei nagyok, fényes, élénkzöld színűek. Koronája gömbalakú, gyorsan nő. Virágai erős illatú, apró fehér színűek. Díszfaként vagy sövényként alkalmazzák. A sokat emlegetett ‘Zsófi’ fajtát külföldön is a fellebb leírtak alapján alkalmazzák. Az ‘Etna’ egy különleges 2 méteres fa, ami bronzosan hajt. Szoliter vagy szabad sövényként alkalmazzák, de akár dézsában is élél. A ‘Genolier Mariblon’ egy 3-3,5 méteres keskeny oszlopos cserje. Szoliter vagy keskeny sövényként használják. A ‘Magnoliifolia’ (7. ábra) egy 6 méteresre növő, terebélyes fa. A legszebbnek mondott nagylevelű fajta, viszont rendkívül érzékeny. Kevésbé bírja a hideget. Szoliter/dézsás növény vagy nyíratlan sövényként használják. A ‘Schipkaensis’ egy 1,5-2,5 méteres széles, laza bokrú cserje. Levélszíne fényes sötétzöld, a fonák világoszöld. Kétszer virágzik, sok felálló fűrtű virágzatot hoz. Bő termésű (Tóth, 2012). Érdekesebb fajta a ‘Marbled White’, egy 1-2,5 méteres cserje, levelei tarkák, a fehér és zöld keveréke, -27 fokig ellenáll a hidegnek ([http10](http://10)).



7. ábra: Nemzetközileg használt babérmeggyfajták: ‘Magnoliifolia’, ‘Schipkaensis’ és ‘Otto Luyken’

(Forrás: Saját képek a Budai Arborétumból)

2.4. A MOLEKULÁRIS MARKEREZÉS JELENTŐSÉGE

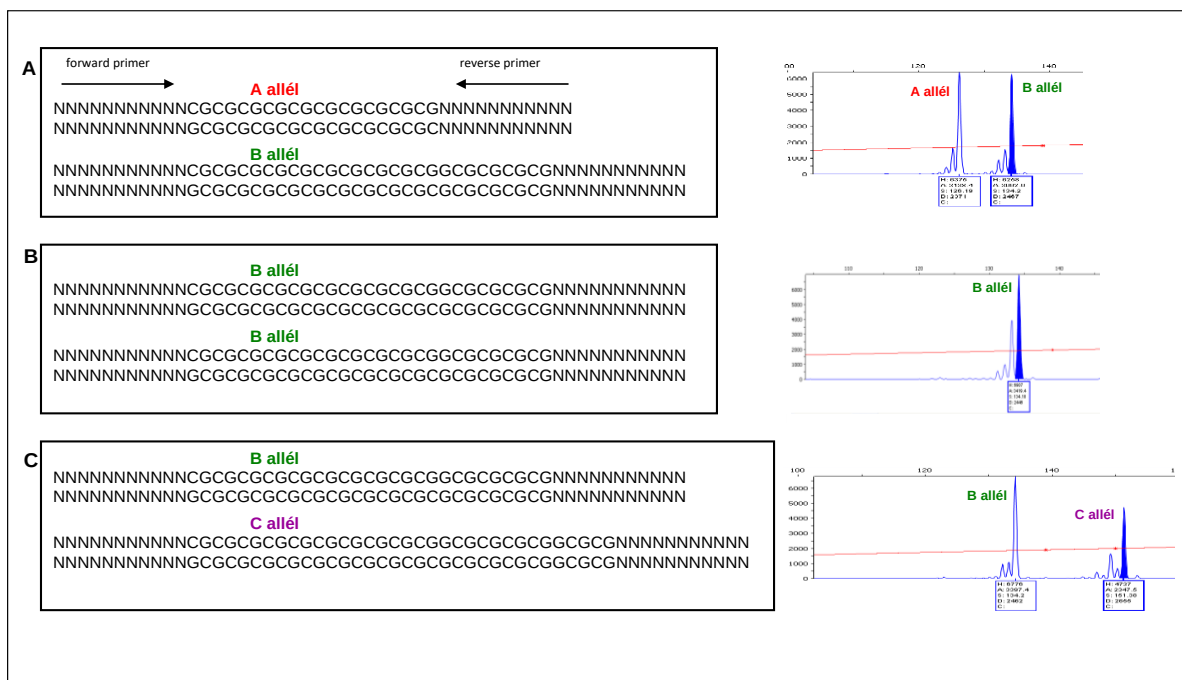
A molekuláris marker a DNS olyan szakasza, ami különbségek kimutatására alkalmas a genomban. Lehet egy gén szakasza, de a nem kódoló régiók is nagyon informatívak a molekuláris markerezés során (Agarwal et al., 2008). A molekuláris genetikai technológiák fejlődésével számos különböző markertípust fejlesztettek ki, amelyek változatos módon, kodomináns vagy domináns kimutatásúak, véletlen vagy szekvenciaspecifikus primert használnak. A marker típusának kiválasztását a felhasználási cél dönti el. Leggyakrabban variabilitási vizsgálatokhoz, filogenetikai analízishez, adott tulajdonság nyomon követéséhez, génizoláláshoz vagy ivarmeghatározáshoz használják. Kiemelt jelentőségük van a növénynemesítésben, mert a hatékony szelekció költség- és időtakarékos teheti a hosszadalmas munkafolyamatokat, különösen fászfű kultúrák esetében (Ahmar és mts., 2020; Hasan és mts., 2021).

2.5. A MIKROSZATELLIT MARKEREK (SSR)

A mikroszatellit markerek általában a genom nem kódoló régiójában található egyszerű szekvenciaismétlődések, rövidítésük SSR (Simple Sequence Repeat). Az ismétlődések lehetnek 2-5 bázispár méretűek (2 (di-), 3 (tri-), 4 (tetra-) vagy 5 (pentanukleotidok). A markerezési stratégia lényege azon alapszik, hogy az SSR-régiót határoló DNS-szakaszok evolúciósan konzervatívak egy nemzetségen belül, így PCR-primerekkel (Polimerase Chain Reaction: polimeráz láncreakció) könnyen felszaporíthatók. Az ismétlődés mértéke akár egyedszinten is specifikus, ezért gélelektroforézissel a különbség kimutatható (**8. ábra**). Pontos méretük fragmentumhossz-analízis során, fluoreszcensen jelölt primerek segítségével állapítható meg. Az így kapott adatokból egyedi DNS-ujlenyomat készíthető. Az SSR-allélok kodomináns kiértékelésűek, azaz a homo- és heterozigóta egyedek elkülöníthetők (Vieira és mts., 2016; Amom és Nongdam, 2017).

A mikroszatellit az egyik legsokoldalúbban használt markertípus a növényi kutatásokban. Legnagyobb előnyei a nagymértékű polimorfizmus intraspecifikus szinten is, a megbízható reprodukálhatóság, könnyű adatelemzés és -rögzítés, multiallélikusság, a rokon taxonok közötti átfedések. A növénynemesítési alapanyagok felmérésére, kapcsoltsági térképek készítésére, QTL régiók azonosítására, szülő-utód genetikai jellemzésére, szülőpárok meghatározására, fajtaazonosításra, génáramlás és heterozigótaság vizsgálatára, populációgenetikai kérdések megválaszolására, haplotípusok meghatározására, génbanki

tételek szinonim vizsgálatára, genomszerveződés jellemzésére és a nemesítésben markerekkel támogatott szelekciós eljárásokra számtalanszor megbízhatóan alkalmazták már (Taheri és mts., 2018; Raghunath, 2022; Nair és Pandey, 2024).



8. ábra: Az SSR-alapú markerezési technika alapja három különböző DNS-minta (A, B és C) dinukleotid (C,G) ismétlődéseket tartalmazó SSR-régió ábrázolásával. A pontos méreteket (bp) a jobb oldalon látható kromatogram (Peak Scanner) mutatja kapilláris elektroforézist követően (Forrás: Galiba, 2012).

2.6. A BABÉRMEGGY GENOTÍPUSOKKAL VÉGZETT MOLEKULÁRIS VIZSGÁLATOK

Összetett genomjának köszönhetően mindezidáig csak kevés tanulmány foglalkozott a babérmeggy faj egyedeinek genetikai felmérésével. A számos molekuláris markerezési technika közül csupán két módszert alkalmaztak az intraspecifikus variabilitás jellemzésére, így csak RAPD- és SSR-vizsgálatok történtek. Sandalli és mts. (2005) RAPD-markerekkel vizsgáltak mindössze három termesztett török fajtát és egy vadon élő genotípust. A mintázat alapján nagyon hasonlóknak találták a négy egyedet, így arra a következtetésre jutottak, hogy a babérmeggy nagyon szűk genetikai variabilitást mutat, bár nem emelték ki, hogy ez igen kisszámú mintavételezés volt. Később Akbulut és mts. (2008) már 22 vadon termő genotípust

RAPD-mintázatait elemezték és a nagyobb mintavételezésnek köszönhetően jelentős mértékű variabilitást detektáltak. Hajzadeh és mts. (2013) a kodomináns kiértékelésű SSR-markerekkel 40 török gyümölcstermő növényként használt egyed jellemzését végezték el. Korábban fejlesztett 12 *Prunus* SSR-primerpárból 8 esetben volt sikeres amplifikáció, és az összes genotípus egyedi mintázatot mutatott. Az UPGMA törzsfán egy nagyobb és egy kisebb csoportot alkottak. Bár hat földrajzi régióból gyűjtötték a mintákat, és a területi eloszlás alapján különbséget vártak az SSR-profilokban, ez nem igazolódott. A következő SSR-analízis 10 évvel később történt, szintén török, gyümölcstermő genotípusok bevonásával. Összesen 15 primerpár tesztelése után, 13 SSR-lókuszt vizsgálatát végezték el 43 egyed esetében. A legkisebb allélszám 3, a legnagyobb 17 volt egy-egy lókuszt esetében a 22-szeres kromoszómaszáma egyedeknél. Az átlagos allélszám 9, amiből 8,38 polimorfnak bizonyult. Két egyed nagyon eltérő mintázatot adott és külcsoportként jelent meg a dendrogramon, míg a többi nagyjából egy csoportot képezett (Islam és mts., 2023).

Halász és mts. (2021a) közzétették a babérmeggy S-allél-rendszerére vonatkozó első információkat. A *Prunus* fajokra jellemző gametofitikus inkompatibilitási rendszert a multiallélikus S-lókuszt határozza meg. Ugyanakkor ilyen extrém ploidfok mellett a pontos molekuláris mechanizmusra vonatkozóan mindezidáig csak elméletek léteznek. Összesen 50 gyümölcstermő török eredetű egyed vizsgálata során 23 S-ribonukleáz allélt azonosítottak a gén két olyan intronrégióját amplifikálva, amely hosszpolimorfizmust mutat. Eredményeik arra utaltak, hogy a vizsgált babérmeggy szelekciós vonalak önmeddő fenotípusúak.

Mivel egyre nagyobb igény mutatkozik további új fajták előállítására a faj népszerűségének köszönhetően, minden molekuláris információ nagyon hasznos a célzott nemesítési munkák során.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. FELHASZNÁLT NÖVÉNYANYAG

Vizsgálataimat a Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet, Növénybiotechnológiai Tanszék Kertészeti Növénygenetika Csoportjában végeztem. A munkához felhasznált növények közül 5 fajta a Budai Arborétum gyűjteményéből (MATE, Budai Campus), 26 fajta Szombathelyről a PRENOR® Kertészeti és Parképítő Kft. gyűjteményéből, 2 genotípus Angliából, a Greenwichi Királyi Obszervatórium kertjéből, valamint 10 genotípus a Black Sea Agricultural Research Institute (GFAR) kísérleti ültetvényéből, Törökországból származik. A felhasznált fajták jegyzékét a **1. táblázat** tartalmazza.

1. táblázat: A vizsgálatba vont fajták származása

Fajta neve	Származás	Nemesítő
‘11-es klón’	Magyarország	Józsa Miklós
‘Baumgartner’	Magyarország	Baumgartner Géza
‘Caucasica’	Franciaország	n.a.
‘Copperbell’	Hollandia	Frans Muysers Boomkwekerijen vof
‘Elly’	Németország	Straver Gbr
‘Etna’	Hollandia	Antigone Plantvermeerdering B.V.
‘Gabi’	Magyarország	Józsa Miklós
‘Gajo’	Hollandia	Nouvel Plant (Nouws-verheijen)
‘Genolia’	Svájc	Pépinières de Genolier
‘Greentorch’	Franciaország	Hortival Diffusion SAS
‘Greenwhich 1’	Anglia	-
‘Greenwhich 2’	Anglia	-
‘Herbergii’	Németország	Herberg
‘Klári’	Magyarország	Józsa Miklós
‘Kleopátra’	Magyarország	Józsa Miklós
‘Legend’	Hollandia	Guido Rouwette
‘Magnoliifolia’	Anglia	Anglia
‘Mano’	Magyarország	Barabits Elemér
‘Marbled White’	Anglia	n.a.
‘Mari’	Magyarország	Józsa Miklós
‘Miki’	Magyarország	Barabits Elemér
‘Mount Vernon’	USA	Carlson
‘Novita’	Csehország	Novék J.
‘Otto Luyken’	német	Otto Luyken
‘Piri’	Magyarország	Józsa Miklós
‘Reynvaanii’	Hollandia	A.J. Reynvaan
‘Rotundifolia’	Franciaország	L.C.B.Billard, Barre
‘Schipkaensis’	Bulgária	n.a.
‘Schipkaensis Macrophylla’	Németország	n.a.
‘Sofia’	Magyarország	Németh Gábor
‘Van Nes’	Hollandia	P. van Nes
‘Zabeliana’	Németország	Franz Ludwig Späth
‘Zöldszőnyeg’	Magyarország	Barabits Elemér

forrás: Sütöriné és Schmidt (2014); Tóth (2012); [http4](#); [http3](#); [http8](#); Pap (2019), n.a. nincs adat

3.2. DNS-KIVONÁS ÉS PCR-ANALÍZIS

A növények genomi DNS-tartalmát DNeasy Plant Mini Kit segítségével vontuk ki egészséges, fiatal lomblevelekből, a gyártó (Qiagen, Hilden, Németország) protokollját alkalmazva.

A mikroszatellit régiók amplifikálásához 10 primerpárt használtunk (2. táblázat), amelyeket különböző *Prunus* fajok genomja alapján terveztek. A PCR összetétele 12,5 µl végtérfogatban: 20-70 ng DNS-minta, 10× DreamTaq™ Green puffer; 1,5 mM MgCl₂, 0,2 mM dNTP, 0,4 µM forward és reverz primerből, 0,625 U DreamTaq™ DNS polimeráz, 3% DMSO, 0.01 µg/µl BSA (Thermo Fisher Scientific). A reakció Swift MaxPro thermocycler (ESCO Healthcare, Singapore) készülékben történt. Az *S-RN-áz* gén 1. intron régióját PaConsI-F és PaConsI-R2 primerekkel (Sonneveld és mts., 2006) szaporítottuk fel Halász és mts. (2021a) által leírt paraméterekkel. A PCR programot minden esetben a primerekhez közölt hőmérsékleti profilok alapján állítottuk be.

2. táblázat: A vizsgálatok során felhasznált primerek adatai.

SSR - lókuszt	Referencia	Növényfaj	Ismétlődő motívum	Hossz (bp)
ASSR63	Xu és mts., 2004	mandula	(GAT) ⁵	154
BPTCT 007	Dirlewanger és mts., 2002	őszibarack	(AG) ²² (CG) ² (AG) ⁴	143-151
BPPCT 025	Dirlewanger és mts., 2002	őszibarack	(GA) ²⁹	178-202
BPPCT 039	Dirlewanger és mts., 2002	őszibarack	(GA) ²⁰	154
BPPCT 037	Dirlewanger és mts., 2002	őszibarack	(GA) ²⁵	155
BPPCT 040	Dirlewanger és mts., 2002	őszibarack	(GA) ¹⁴	135
CPSCT 021	Mnejja és mts., 2004	japánszilva	(GA) ¹⁵	139
CPDCT 044	Mnejja és mts., 2005	mandula	(GA) ¹⁵	163-185
CPDCT 045	Mnejja és mts., 2005	japánszilva	(GA) ¹⁶	146-150
CPSCT018	Mnejja és mts., 2005	japánszilva	(CA) ⁵ (CT) ²⁰	162

3.3. FRAGMENTUMHOSSZ-ANALÍZIS ÉS BIOINFORMATIKAI ÉRTÉKELES

A PCR-termékeket először 1 %-os TBE agaróz gélen ellenőriztük (15-20 min 90 V) és etidium-bromidos festéssel, UV-fénnyel átvilágítva dokumentáltuk. A pontos méretmeghatározáshoz a forward primerek FAM-fluoreszcens jelűek voltak, így ABI PRISM 3100 Genetic Analyzer (Applied Biosystems, Foster City, Kalifornia, USA) automata DNS-szekvenátorral az adatokat detektálást követően rögzítettük. A fragmentumhossz analízist szolgáltatásként a Biomi Kft. végezte. A kapott eredményeket a Peak Scanner 3.0 szoftverrel (Applied Biosystems Sizing Analysis Module) elemeztük, GS500 LIZ (Applied Biosystems)

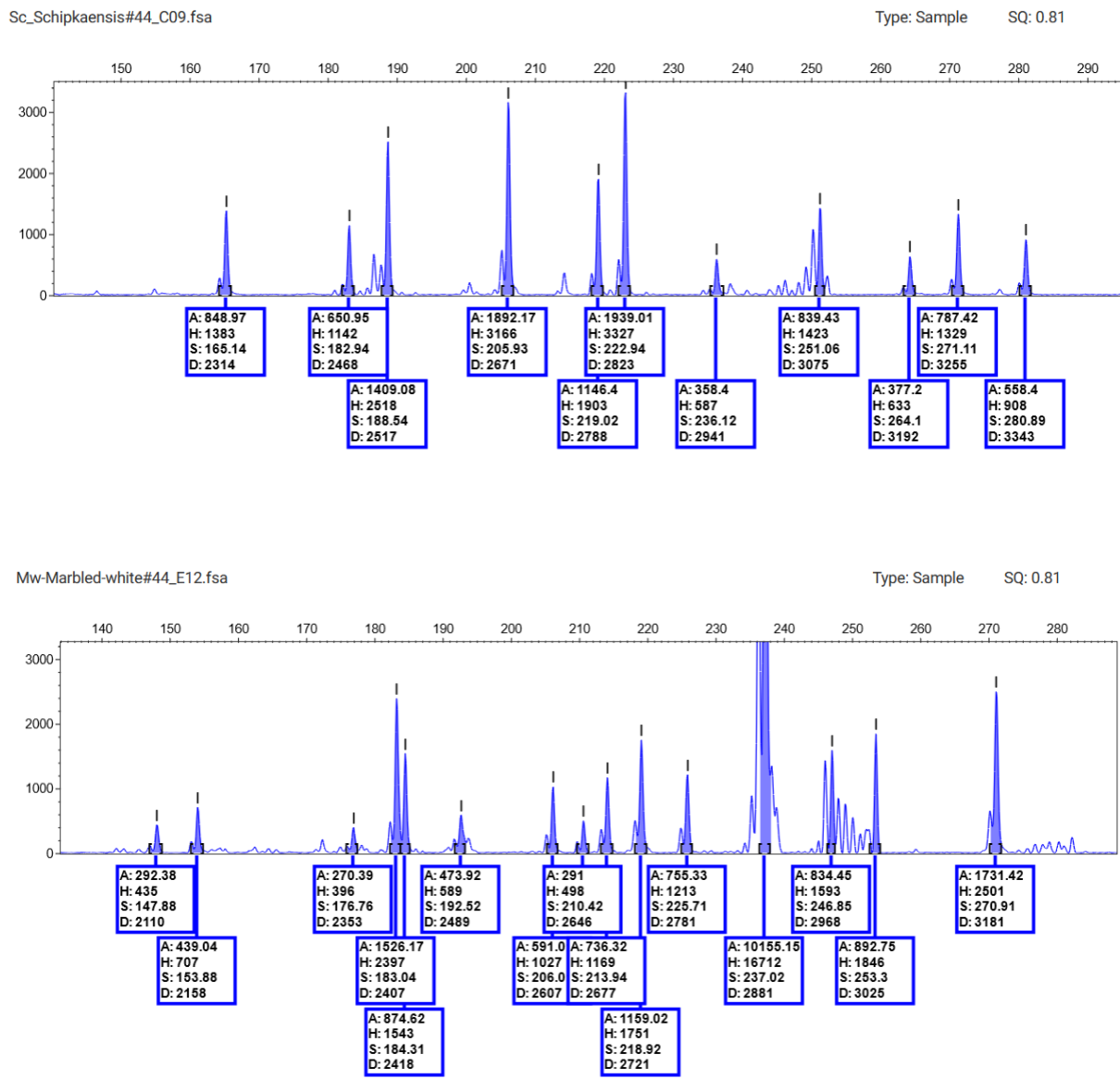
méretmarker mellett. A hierarchikus klaszteranalízishez a fragmentumméreteket bináris formába alakítottuk át, vagyis minden egyes fragmentum jelenlétét 1, míg hiányát 0 kóddal jeleztük. A bináris adatokból a Jaccard-indexen alapuló genetikai távolság mátrix alapján dendrogramot és PCA ábrát szerkesztettünk, a bootstrap értékeket 1000 ismétlésre állítottuk a Paleontological Statistics (PAST) szoftver v.4.03 (Hammer és mts., 2001) segítségével. Az összes allélszámot, az egyedi allélok számát és a polimorf allélok arányát a GenALEx6.5 programmal (Peakall és Smouse, 2012) határoztuk meg a Frequency-based opció használatával.

4. EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

4.1. A POLIMORFIZMUS MÉRTÉKE SSR ÉS ILP-MARKEREKKEL

A vizsgálat során összesen 10 SSR primerpárt alkalmaztunk (**2. táblázat**), melyeket korábban különböző *Prunus* fajok (*P. persica*, *P. dulcis* és *P. salicina*) genomja alapján terveztek és sikeresen alkalmaztak több csonthéjas faj esetében is (Dirlewanger és mts., 2002, Mnejja és mts., 2004, 2005). A *Prunus* fajok termékenyülési rendszerét szabályozó *S-RN-áz* gén intronjai allélspecifikusan eltérő hosszúságot mutatnak, így intronhossz-polimorfizmuson alapuló markerként (ILP: intron length polymorphism) szintén használják genetikai variabilitási vizsgálatokhoz az SSR-markerekkel kapott eredmények kiegészítésére (Gisbert és mts., 2009; Baraket és mts., 2019; Hrotkó és mts., 2020). A vizsgálatunkban az 1. intronrégiót elemeztük, mert a gyümölcstermő babérmeggy genotípusokról ez az adat már ismert volt (Halász és mts., 2021a), így a dísznövényfajták adatait ezekkel össze tudtuk vetni.

Egy extrém ploidisztű faj esetében önmagában az egyedeknél detektált allélok száma nagyon informatív és izgalmas kérdés. Diploid genom esetében legfeljebb két, tetraploid genom esetében legfeljebb 4 allél fordulhat elő. A 22-szeres kromoszómaszerelvénű babérmeggy vizsgált genotípusai között a legnagyobb allélszám egyedenként 18 (1. intron), 17 (BPPCT039), 15 (CPSCT021, CPDCT044), 14 (BPPCT037), 13 (BPPCT025), 12 (BPTCT007, BPPCT040), 9 (CPDCT045), 5 (CPSCT018) és 4 (ASSR63) volt (**3. táblázat, 9. ábra**). Mindeztáig két tanulmány foglalkozott babérmeggyek SSR-profiljával (Hajyzadeh és mts., 2013; Islam és mts., 2023), de sajnos egyik cikkben sem írták le, hogy egyedenként hány allélt detektáltak, így nem tudjuk eredményeinket összehasonlítani, elsőként közöljük ezt az információt. A faj termékenyülési jellegéről is nagyon kevés adat áll rendelkezésre, de a szabadföldi vizsgálatok, valamint a törökországi termesztők megfigyelései arra utalnak, hogy a faj önmeddő (Sulusoglu és Cavusoglu, 2014a,b). A 12-18 allél megjelenése lókuszonként egy egyedben szintén ezt támasztja alá, hiszen öntermékenyülés következtében sokkal több azonos allél halmozódna fel, így ezektől az allélszámoktól feltehetően kevesebbet detektáltunk volna. Az 1. intronrégió vizsgálatáról Halász és mts. (2021a) közöltek már adatokat, összesen 23 török mintát teszteltek, melyeknél 2–9 fragmentum amplifikálódott, így összesen 151 fragmentumot mutattak ki. Ezek között 32 különböző méretű fragmentum volt azonosítható. Néhány esetben csak egy-egy nukleotidos eltérést tapasztaltak. Egymástól egy nukleotidban eltérő allélméreteket ebben a vizsgálatban is találtunk a kromatogramok kiértékelése során.



9. ábra: Az ‘Schipkaensis’, ‘Marbled White’ SSR-mintázatát bemutató kromatogramok a CPDCT044 lókuszbán.

Mindegyik lókuszt polimorfnek bizonyult, lókuszonként 5-90 allélt azonosítottunk. Összesen 499 allélt mutattunk ki a 11 értékelt lókuszbán. A növények felhasználási cél alapján két csoportba sorolhatók, így külön értékeltük a dísnövényként és gyümölcstermő növényként alkalmazott egyedeknél az adatsorokat. Bár nem azonos mintaszám képviselte a csoportokat, mert a dísnövényekből 33, gyümölcstermőből 10 került a vizsgálatba, mégis informatív volt a két csoport ilyen jellegű elemzése is. A dísnövényként termesztett babérmeggyeknél 434 allélt,

vagyis átlagosan 13,15-öt, a gyümölcsstermőknél 272 allélt, átlagosan 27,2-t detektáltunk. Az allélok közül 162 fordult elő mind a két típusban.

Az átlagos allélszám 45,36 volt lókuszonként (**3. táblázat**). A legtöbb allélt a CPDCT0021-es és a BPPCT039-es, illetve a CPDCT044-es lókuszokban azonosítottuk, ez esetben 58-65-77 allél volt detektálható, míg a legkisebb allélszámot a ASSR63 lókusz mutatta, ahol csupán 5 allél volt kimutatható. A 10 SSR-lókusból 9 dinukleotid ismétlődésű, míg az ASSR63 az egyetlen trinukleotid, ami magyarázza a kisebb allélszámot. A trinukleotid lókuszokban kisebb eséllyel következik be olyan mutáció, ami az ismétlődésszámot növeli vagy csökkenti, viszont a kiértékelhetőségük könnyebb, mert kevesebb „dadogós” csúcs jelenik meg, így érdemes a felmérések során bevonni ezeket a vizsgálatba (Song és mts., 2002; Yuan és mts., 2010). Ugyanez a trinukleotid alapú lókusz monomorfnak bizonyult hexa-, penta- és tetraploid *Prunus* fajokon, mert csak egy, a legkisebb méretű allél amplifikálódott (Halász és mts., 2021b). A BPPCT025 lókusznál 52, BPPCT037 lókuszban 46, BPPCT040-ben 38, BPPCT007 27, CPDCT045-ben 23 és a CPDCT018-ban pedig 18 különböző allélt írtunk le. Ugyanezen lókuszok elemzése során a hexa-, penta- és tetraploid *Prunus* fajokon a CPDCT021 mutatta a legnagyobb allélszámot (26), más hexaploid mintáknál pedig a BPPCT039 lókusz bizonyult a legnagyobb allélszámúnak (Makovics-Zsohár és mts., 2017; Urrestarazu és mts., 2018), hasonlóan a mi eredményeinkhez.

3. táblázat: A vizsgált lókuszokban előforduló allélok száma és mérete

Lókuszok	ASSR 63	BPPCT 007	BPPCT 025	BPPCT 039	BPPCT 037	BPPCT 040	CPDCT 021	CPDCT 044	CPDCT 045	CPDCT 018	S-RN-áz 1. intron
Dísznövényfajták allélszáma	5	27	45	49	35	32	50	74	20	14	83
Gyümölcsstermő egyedek allélszáma	4	13	25	40	38	28	36	14	17	7	23
Összes allélszám	5	27	52	65	46	38	58	77	23	18	90
Egyedenként előforduló allélszám	2-4	4-12	5-13	7-17	7-14	5-12	8-15	1-15	3-9	1-5	2-18
Allélméret (bp)	156-167	99-192	147-268	100-242	106-231	113-170	117-185	105-283	117-159	101-162	193-536

A vizsgálatokat 33 dísznövény- és 10 gyümölcsstermő fajtán végeztük el.

A vizsgált 11 lókusz adatait összegezve az SSR lókuszok esetében 99-283 bp között változott az allélok mérete, míg az S-RN-áz alléloknál 193 és 536 bp között. A legnagyobb mérettartománnyal a CPDCT044 lókusz rendelkezett, itt az allélok mérete 105-283 bp között mozgott. A legkisebb mérettartomány a ASSR63 lókuszban volt tapasztalható (156-167 bp). A CPDCT044 szintén a legnagyobb mérettartományt mutatta hexa-, penta- és tetraploid *Prunus*

fajokon (Halász és mts., 2021b), 90 bp különbséggel, ami a babérmeggyeknél még nagyobb mértékű, 178 bp volt. Ugyanezen tanulmányban a legkisebb mérettartomány a BPPCT037 lókusznál mutatkozott, 20 bp, az általunk vizsgált extrém ploiditású mintákon ez 125 bp volt, jóval nagyobb mértékű. A babérmeggy és más poliploid fajok ugyanazon mikroszatellit lókuszaiban elvégzett elemzések eredményeinek összevetését a **4. táblázat** foglalja össze. Mivel az allélszám szinte mindegyik lókuszban jelentős volt, ennek következtében a vizsgált lókuszok polimorfizmusa lehetővé tette az összes genotípus megkülönböztetését, mindegyik egyedi profillal jellemezhető. Korábban semmilyen információ nem volt babérmeggyfajták marker alapú genotipizálásáról, így elsőként határoztuk meg a dísznövényfajták és néhány gyümölcstermő szelekciós vonal egyedi SSR-ujlenyomatát (**1. melléklet**). Segítségével fajtaazonossági kérdésekben érdemi válasz adható, amit a Budai Arborétum fajtagyűjteményével elkezdünk tesztelni. SSR adatbázisok egyedi fajtaazonosításhoz már számos kertészeti fajnál elérhetők, pl. szőlő (Cipriani és mts., 2010), körte (Sehic és mts., 2012), krizantém (Zhang és mts., 2014) és citrom (Hong és mts., 2016). A fajtaazonosság kérdése a gazdaságilag jelentős növények körében fontos tényező, a faiskolai fajtakeveredések, a fajtabejelentések során a DNS-alapú vizsgálatok nagyban megkönnyítik a kérdéses esetek tisztázását.

4. táblázat: A saját adatok összevetése tetra-, penta- és hexaploid *Prunus* fajok azonos SSR-lókuszt eredményeivel

SSR-lókuszt	Tetraploid meggy ^a			Hexaploid szilva ^b			Hexa-, penta- és tetraploid <i>Prunus</i> fajok ^c			Babérmeggy		
	Minták száma	Allélok száma	Mérettartomány	Minták száma	Allélok száma	Mérettartomány	Minták száma	Allélok száma	Mérettartomány	Minták száma	Allélok száma	Mérettartomány
ASSR 63	27	4	150-171	-	-	-	17	1	156	43	5	156-167
BPPCT007	27	4	158-196	55	17	122-154	17	17	122-154	43	27	99-192
BPPCT037	27	13	126-164	55	5	108-130	17	5	100-120	43	46	106-231
BPPCT 025	-	-	-	55	21	150-212	17	7	132-208	43	52	147-268
BPPCT039	27	7	126-148	55	17	114-156	17	7	122-146	43	65	100-242
BPPCT040	27	7	121-145	55	14	118-152	17	12	120-154	43	38	113-170
CPDCT044	-	-	-	55	26	198-268	17	24	162-252	43	77	105-283
CPSCT 021	-	-	-	55	23	120-176	17	26	124-208	43	58	117-185

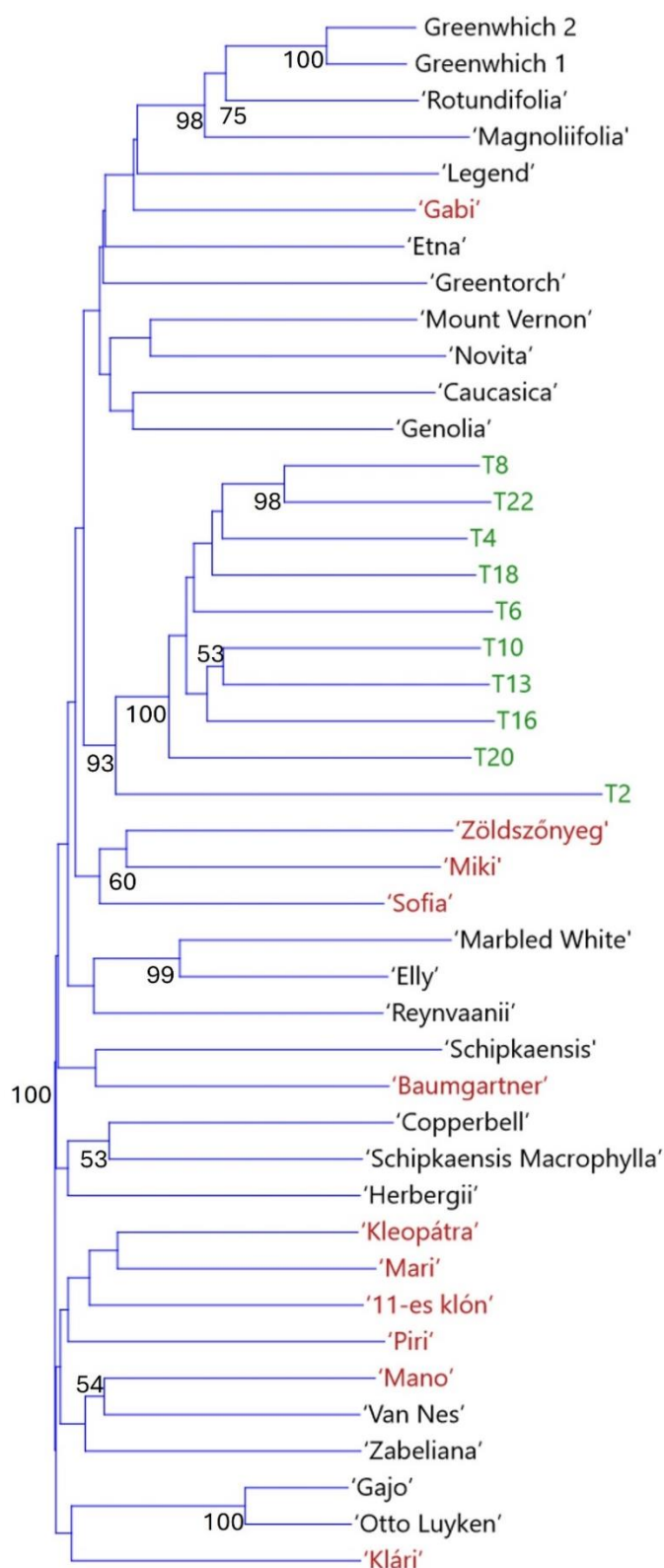
^aTetraploid meggy: Halász (2023)

^bHexaploid szilva: Makovics-Zsolt és mts. (2017)

^cHexa-, penta- és tetraploid *Prunus* fajok: Halász és mts. (2021b)

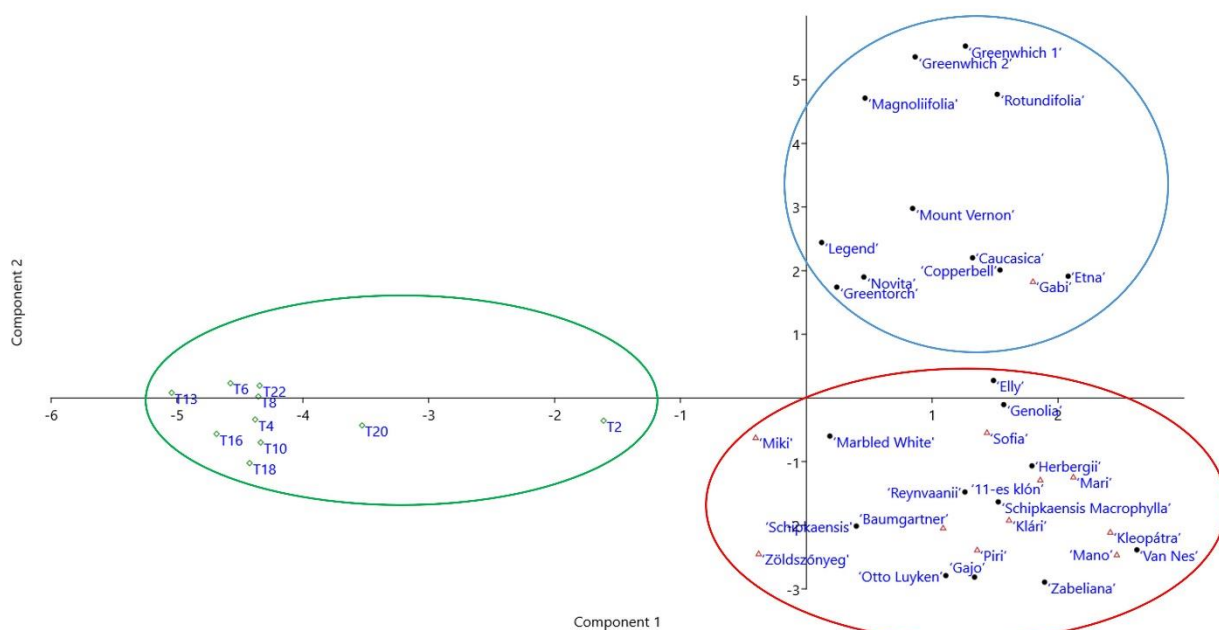
4.2. A VIZSGÁLT EGYEDEK GENETIKAI TÁVOLSÁGA

A 10 mikroszatellit és egy ILP-markerrel kapott adatokkal klaszteranalízist végeztünk a PAST program Jaccard-indexen alapuló genetikai távolság mátrix használatának segítségével, melynek eredményét dendrogram szemlélteti (**10. ábra**). A genetikai távolságok a fajták és egyedek közötti rokonsági kapcsolatokat tükrözik. A gyümölcstermő török minták teljesen elkülönülnek a dísznövényként termesztett babérmeggyektől. Csoportjukban a T2 egyed külcsoporthként jelenik meg. Más SSR-lókuszokban vizsgált 43 török egyed klaszteranalízise két csoportot mutatott, de nem volt összefüggés a hat különböző földrajzi területről származó egyedek mintázatát tekintve, nem a földrajzilag várt csoportok rajzolódtak ki (Islam és mts., 2023). A magyar nemesítésű dísznövények nagyjából közös csoportba rendeződtek, kivéve a ‘Gabi’ fajtát. A fajták pontos pedigréjéről nincs nyilvánosan elérhető adat. Józsa Miklós ‘Kleopátra’, ‘Mari’, ‘Piri’ nevű fajtái és az általa előállított 11-es klón közös csoportba kerültek, feltehetően közeli rokonságban állnak. Barabits Elemér ‘Zöldszőnyeg’ és ‘Miki’ fajtái ugyanígy közeli rokonságot mutatnak. Az angol, francia és holland eredetű fajták is egy csoportba kerültek. Az Angliából, a Greenwichi Királyi Obszervatórium kertjéből gyűjtött két, kifejezetten nagy méretű és kereklevelű fáról gyűjtött minta a törzsfán a ‘Rotundifolia’ és ‘Magnoliifolia’ fajtákhoz közel helyezkedik el.



10. ábra: A vizsgált babérmeggyfajták és egyedek genetikai hasonlóságát ábrázoló, szomszédösszevonó (neighbor joining, Jaccard) algoritmussal készített dendrogram (PAST 4.03). Az elágazási pontokon az 50%-nál nagyobb bootstrap értékeket tüntettük fel (%
n=1000). Piros színnel a magyar nemesítésű fajtákat, zöld színnel a török eredetű, gyümölcstermő egyedeket emeltük ki.

A főkomponens-analízis (PCA) még szemléletesebben mutatja a klaszteranalízis során nyert eredményeinket (**11. ábra**), mert három jól elkülöníthető csoportot ábrázol. Az első főkomponens a teljes variabilitás 10,9 %, a második a 9,5 %-át magyarázza meg. A gyümölcstermő babérmeggyek szépen elkülönülő csoportja jelentős genetikai távolságban áll a többi dísznövényként termesztett fajtától. A gyümölcstermő genotípusok elsősorban az első főkomponens mentén különülnek el a többi vizsgált mintától.



11. ábra: A vizsgálatba vont babérmeggyek genetikai távolságát bemutató főkomponens-analízis (PCA) vizsgálat eredménye (PAST 4.03) alapján három csoport különül el. A gyümölcstermő egyedeket zöld négyszög, a magyar fajtákat piros háromszög szimbólum jelöli.

Eredményeink arra utalnak, hogy a babérmeggy termesztésben lévő fajtái széles genetikai háttérből származnak, a gyümölcstermő típusoktól egyértelműen nagyobb távolságot mutatnak. A klaszteranalízissel és főkomponens analízissel kimutatott három, egymástól jelentős mértékben elkülönülő csoport genetikai háttérének részletesebb vizsgálata érdekében az allélgyakoriságok analízisét is elvégeztük a GenALEX program segítségével. A három azonosított csoport jellemző diverzitás paramétereit az **5. táblázat** mutatja.

5. táblázat: A három azonosított csoport jellemző diverzitás paraméterei.

	1. csoport	2. csoport	3. csoport
Allélszám	371	302	243
Egyedi allélok száma	92	41	68
Polimorf allélok aránya	70,9%	57,2%	46,3%

Az allélszám az 1. csoportban (a 11. ábrán piros vonallal körül rajzolt, magyar és külföldi eredetű dísznövényfajtákat tartalmazza) volt a legnagyobb, ami nyilvánvaló összefüggésben van azzal, hogy ennek a csoportnak volt a legnagyobb egyedszáma. A polimorf allélok aránya is ennek megfelelően változott. A 2. (a 11. ábrán kék vonallal körül rajzolt, angol, francia és holland eredetű, dísznövényfajtákat tartalmazza) és a 3. csoport (a 11. ábrán zöld vonallal körül rajzolt, török eredetű, gyümölcstermő szelektált egyedeket tartalmazza) egyedszáma között azonban nem volt jelentős eltérés, miközben a 2. csoportban nagyobb az allélszám, a 3. csoportnál viszont az egyedi allélok száma sokkal nagyobb. Ez a jelenség nyilvánvalóan kapcsolatban áll azzal a ténnyel, hogy a 3. csoportba tartozó egyedeket a növény természetes élőhelyén, a géncentrumban szelektálták vadon élő populációkból a gyümölcs kedvező fogyasztási paraméterei alapján (méret, íz), ami meglehetősen eltérő szempont ahhoz képest, amit a dísznövények szelekciója során alkalmaztak a nemesítők.

Eredményeink jelentős genetikai variabilitást tártak fel mind a dísznövényként, mind a gyümölcstermő növényként hasznosított minták esetében. Ez a sokféleség összhangban áll a faj poliploid genomjával (Meudt és mts., 2021), másrészt valószínűsíti az idegentermékenyülő fenotípust. Ha a meggy esetében leírt öntermékenyülési modell (Hauck és mts., 2006) igaz a babérmeggyre is, az öntermékenyülés csak úgy alakulhat ki, ha legalább 11 funkcióképtelen allél van jelen a dokozaploid babérmeggy genomban. Halász és mts. (2021a) 23 *S-RN*-áz allél között mindössze 3 olyan allélt írtak le, melyek funkcióvesztéses mutációt hordoznak. A pollenfunkciót irányító *S-haplotípus-specifikus F-box* gént eddig nem vizsgálták, feltehetően ezen allélok között is lesznek funkcióképtelen változatok. Ennek ellenére a felhasznált SSR-markerekkel nyert adatsorunk arra utal, hogy a növényfaj feltehetően önmeddő, és ezt támasztja alá a Sulusoglu és Cavusoglu (2014b) által három genotípuson elvégzett önmegporzást követő gyümölcskötődési arány vizsgálata is.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A *Rosaceae* családba tartozó, fás szárú, poliploid babérmeggy nemesítésével manapság sokan foglalkoznak, azonban a faj genetikai háttere extrém magas ploid szintje miatt mindezidáig alig ismert. Hazánkban dísznövényként hasznosítjuk, de Törökországban gyümölcstermő változatait is termesztik. A nemesítési munkát jelentős mértékben segítheti, ha molekuláris markerek alkalmazásával információt kaphatunk a fajták genetikai variabilitásáról, ezek alkalmazásával egymástól objektív módon elkülöníthetők lennének a különböző fajták illetve nemesítési alapanyagok, valamint vizsgálható lenne a különböző hasznosítási célú (dísz- ill. gyümölcstermő egyedek) genetikai rokonsága.

A munkánk során 43 genotípust vizsgáltunk, melyből 33 dísznövényként termesztett fajta, valamint 10 gyümölcstermő szelektált egyed volt. Markerezési eljárásunkhoz a más *Prunus* fajoknál jó eredményt adó kodomináns mikroszatellit (SSR) markereket használtuk, összesen 10 SSR lókuszt vizsgáltunk és az önmeddőséget meghatározó (S) lókuszban található *ribonukleáz* gén allélváltozatait azonosítottuk. A PCR-t követően a pontos fragmentumméretet ABI PRISM 3100 Genetic Analyzer készülékkel határoztattuk meg, majd az adatokat a Peak Scanner 3.0, Paleontological Statistics (PAST) v.4.03 és GenALEx6.5 szoftverekkel értékeltük ki.

A 11 lókuszból mindegyike polimorfnak bizonyult. A primerek segítségével összesen 499 SSR allélt mutattunk ki, a dísznövényként termesztett babérmeggyeknél 434 allélt, vagyis átlagosan 13,5, a gyümölcstermőknél 272 allélt, átlagosan 27,2 allélt detektáltunk. A lókuszonkénti átlagos allélszám 45,36 volt. A legtöbb allélt a CPSC021-es és a BPPCT039-es és a CPDCT044-es lókuszekben találtuk (58-65-77), a legkisebb allélszámot a trinukleotidos ismétlődő motívumokat tartalmazó ASSR63 lókuszból adta (mindösszesen 5 allél). Egyedenként valamennyi lókuszból esetében 1-18 számú allélt figyeltünk meg. A 11 lókuszból összességében 99 - 283 bp közötti allélhossz-mérettartományt adott, a legnagyobb mérettartományt a CPDCT044 lókuszból mutatta (105 – 283 bp) míg a legkisebb mérettartományt az ASSR63 lókuszból detektáltuk (156-169 bp).

A genotípusok rokonsági kapcsolatait a PAST szoftver v.4.03 segítségével elkészített dendrogram és PCA (főkomponens-analízis) alapján értékeltük. Mindkét analízis három fő csoportba sorolta a vizsgált genotípusokat. A gyümölcstermő török minták teljesen elkülönülnek a dísznövényként termesztett babérmeggyektől, ami egyrészt annak a következménye, hogy a török genotípusok közvetlenül a nagy variabilitást mutató géncentrum vadon növő állományjaiból lettek kiemelve, másrészt a kétféle hasznosítási módra alkalmas

változatok nemesítése során alkalmazott, merőben eltérő szelekciós szempontok következménye. A magyar nemesítésű dísnövények nagyjából közös csoportba rendeződtek, kivéve a ‘Gabi’ fajtát. Az angol, francia és holland eredetű fajták is egy csoportba kerültek. A PCA vizsgálat rámutatott arra, hogy a bérmegegy vizsgált genotípusai széles genetikai háttérből származnak.

Az allélgyakoriságok részletes analízise jelentős genetikai variabilitást tárt fel mind a dísnövényként, mind a gyümölcstermő növényként hasznosított minták esetében, ami összhangban áll a poliploid genommal és valószínűsíti a faj idegentermékenyülő fenotípusát.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni mindazoknak, akik a szakdolgozatom megvalósításában és az ehhez vezető úton szembejövő feladatok megoldásában támogattak és segítettek. Mindenekelőtt hálával tartozom konzulensemnek, **Dr. Halász Júlia** egyetemi tanárnak a kutatással járó labormunkálatok, valamint a dolgozatom elkészítése során nyújtott szakmai tanácsaiért, útmutatásáért és határt nem ismerő segítőkészségéért.

Köszönettel tartozom továbbá **Dr. Hegedűs Attila** tanszékvezető úrnak a lehetőségért, hogy a dolgozatomat az egyetem Növénybiotechnológia Tanszékén készíthettem el. Végezetül köszönöm a Növénybiotechnológia Tanszék összes munkatársának és hallgatójának a labormunkám során nyújtott készséges segítségüket és azt a barátságos légkört, amely a tanszéken töltött időmet végig jellemezte.

A növényanyag begyűjtésében nyújtott segítségét köszönjük **Sütöriné Dr. Diószegi Magdolnának** és **Dr. Honfi Péternek** (Budai Arborétum), **Dr. Szafián Zsoltnak** (Prenor Kertészeti és Parképítő Kft.) és **Prof. Sezai Ercislinek** (Atatürk Egyetem, Törökország). A kutatás a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kiemelt Kutatócsoportok Program és az NKFI K_128874 pályázat támogatásával készült.

7. IRODALOMJEGYZÉK

1. Abrahamczyk, S., Otto, J., Böhnert, T., Weigend, M. (2024). Naturalization of *Prunus laurocerasus* in a forest in Germany. *Biological Invasions*, 26, 2379-2386.
2. Agarwal, M., Shrivastava, N., Padh, H. (2008). Advances in molecular marker techniques and their applications in plant sciences. *Plant Cell Reports*, 27: 617-631
3. Ahmar, S., Gill, R. A., Jung, K. H., Faheem, A., Qasim, M. U., Mubeen, M., Zhou, W. (2020). Conventional and molecular techniques from simple breeding to speed breeding in crop plants: recent advances and future outlook. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(7), 2590.
4. Akbulut, M., Ercisli, S., Orhan, E., Yildirim, N., Agar, G., Esitken, A. (2008). Determination of genetic relationships among some cherry laurel (*Laurocerasus officinalis* Roem.) genotypes by using RAPD markers. *Biotechnol Lett*, 13(3), 3698-3702.
5. Amom, T., és Nongdam, P. (2017). The use of molecular marker methods in plants: a review. *International Journal of Current Research and Review*, 9(17), 1-7.
6. Baraket, G., Abdallah, D., Ben Mustapha, S., Ben Tamarzizt, H., Salhi-Hannachi, A. (2019). Combination of simple sequence repeat, *S*-locus polymorphism and phenotypic data for identification of Tunisian plum species (*Prunus* spp.). *Biochem. Genet.*, 57: 673–694.
7. Beyhan, O. (2010). A study on selection of promising native cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) genotypes from Sakarya, Turkey. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 20(4): 231-233.
8. Cipriani, G., Spadotto, A., Jurman, I., Di Gaspero, G., Crespan, M., Meneghetti, S., Testolin, R. (2010). The SSR-based molecular profile of 1005 grapevine (*Vitis vinifera* L.) accessions uncovers new synonymy and parentages, and reveals a large admixture amongst varieties of different geographic origin. *Theoretical and Applied Genetics*, 121, 1569-1585.
9. Contreras, R., Doane, S., Friddle, M. (2018). Development of sterile cherry laurel cultivars. Agricultural Research Foundation. <https://www.oregon.gov>
10. Csikor J. (szerk.) (2020). Magyar nemesítésű díszfák, díszcserjék, örökzöldek, Mezőgazdasági kézikönyv 7. Nemzeti Agrárgazdasági Kamara
11. Dirlewanger, E., Cosson, P., Tavaud, M., Aranzana, M., Poizat, C., Zanetto, A., Arús, P., Laigret, F. (2002). Development of microsatellite markers in peach [*Prunus persica*

- (L.) Batsch] and their use in genetic diversity analysis in peach and sweet cherry (*Prunus avium* L.). Theoretical and Applied Genetics, 105, 127-138.
12. Dufresne, F., Stift, M., Vergilino, R., Mable, B. K. (2014). Recent progress and challenges in population genetics of polyploid organisms: an overview of current state-of-the-art molecular and statistical tools. *Molecular Ecology*, 23(1) 40-69
 13. Durul, M. S., és Unver, H. (2021). Cherry Laurel (*P. laurocerasus* L.) flowering, pollination and fruit set. III. Balkan Agriculture Congress, Edirne, Turkey, Book of abstracts. 1052-1056.
 14. Ercisli, S. (2004). A short review of the fruit germplasm resources of Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 51, 419–435.
 15. Galiba G. (2012): A domesztikáció hatása a mandula genetikai variabilitására. TDK dolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
 16. Gisbert, A.D., Romero, C., Martínez-Calvo, J., Leida, C., Llácer, G., Badenes, M.L. (2009). Genetic diversity evaluation of a loquat (*Eriobotrya japonica* (Thunb) Lindl) germplasm collection by SSRs and S-allele fragments. *Euphytica*, 168: 121–134.
 17. Hajyzadeh, M., Cavusoglu, A., Sulusoglu, M., Unver, T. (2013). DNA SSR fingerprinting analysis among cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) types. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(2), 630-638.
 18. Halász J. (2023). Csonthéjas gyümölcsfajok termékenyülési viszonyainak genetikai háttere, MTA Doktori értekezés, Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem.
 19. Halász, J., Makovics-Zsohár, N., Szőke, F., Ercisli, S., Hegedűs, A. (2021b). Simple sequence repeat and S-Locus genotyping to assist the genetic characterization and breeding of polyploid *Prunus* species, *P. spinosa* and *P. domestica* subsp. *insititia*. *Biochemical Genetics*, 59(4), 1065-1087.
 20. Halász, J., Molnár, A. B., Ilhan, G., Ercisli, S., és Hegedűs, A. (2021a). Identification and molecular analysis of putative self-incompatibility ribonuclease alleles in an extreme polyploid species, *Prunus laurocerasus* L. *Frontiers in Plant Science*, 12, 715414.
 21. Hammer, Ø., és Harper, D. A. (2001). Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1.
 22. Hasan, N., Choudhary, S., Naaz, N., Sharma, N., és Laskar, R. A. (2021). Recent advancements in molecular marker-assisted selection and applications in plant breeding programmes. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 19(1), 128.

23. Hong, J. H., Chae, C. W., Choi, K. J., Kwon, Y. S. (2016). A database of simple sequence repeat (SSR) marker-based DNA profiles of citrus and related cultivars and germplasm. *Horticultural Science & Technology*, 34(1), 142-153.
24. Hrotkó, K., Feng, Y., Halász, J. (2020). Spontaneous hybrids of *Prunus fruticosa* Pall. in Hungary. *Genet. Res. Crop Evol.*, 67(2): 489–502.
25. Islam, A., Orta, H., Kaçar, Y. A., Dönmez, D. (2023). Genetic Diversity of Cherry Laurel (*Laurocerasus officinalis* Roemer) BY SSR Markers. *Journal of Agricultural Sciences*, 29(1), 239-248.
26. Jo, I. H., Kim, Y. C., Kim, D. H., Kim, K. H., Hyun, T. K., Ryu, H., és Bang, K. H. (2017). Applications of molecular markers in the discrimination of *Panax* species and Korean ginseng cultivars (*Panax ginseng*). *Journal of Ginseng Research*, 41(4), 444-449.
27. Kalkman, C. (1966). The Old World species of *Prunus* subg. *Laurocerasus* including those formerly referred to *Pygeum*. *Blumea: Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants*, 13(1), 1-115.
28. Leitch, I. J., és Bennett, M. D. (1997). Polyploidy in angiosperms. *Trends in Plant Science*, 2(12), 470-476.
29. Macit, I. (2021). Evaluation of agronomic, bioactive and element status of promising cherry laurel (*P. laurocerasus*) accessions in the genetic collection by multivariate analysis. *Scientia Horticulturae*, 287, 110253.
30. Macit, I., és Demirsoy, H. (2012). New promising cherry Laurel (*Prunus laurocerasus* L.) genotypes in Turkey. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18(1), 77-82.
31. Makovics-Zsohár, N., Tóth, M., Surányi, D., Kovács, S., Hegedűs, A., Halász, J. (2017). Simple sequence repeat markers reveal Hungarian plum (*Prunus domestica* L.) germplasm as a valuable gene resource. *HortScience*, 52(12), 1655-1660.
32. Meudt, H. M., Albach, D. C., Tanentzap, A. J., Igea, J., Newmarch, S. C., Brandt, A. J., Tate, J. A. (2021). Polyploidy on islands: its emergence and importance for diversification. *Frontiers in Plant Science*, 12, 637214.
33. Mnejja, M., Garcia-Mas, J., Howad, W., Badenes, M. L., Arús, P. (2004). Simple-sequence repeat (SSR) markers of Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.) are highly polymorphic and transferable to peach and almond. *Molecular ecology notes*, 4(2), 163-166.
34. Nair, R. J., és Pandey, M. K. (2024). Role of Molecular Markers in Crop Breeding: A Review. *Agricultural Reviews*, 45(1).

35. Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (2023). Dísznövények, Nemzeti fajtajegyzék. Fajtajegyzék. (Budapest), 19 p.
36. Pap E. (2019). Magyar siker a zunderti Groot Groen Plus kiállításon. Magyarmezőgazdaság.hu. Letöltés dátuma:2024.10.21.
37. Peakall, R., Smouse, P.E. (2012). GenAlEx 6.5: genetic analysis in excel. Population genetic software for teaching and research-an update. Bioinformatics, 28, 2537–2539.
38. Raghunath, S. (2022). Application of Bioinformatics resources for mining of simple sequence repeats (SSRs) marker in plant genomes: An Overview. Research Journal of Biotechnology 17: 8.
39. Rónai G. (2022). Fajtahasználat változás az elmúlt 10-15 évben. Díszkertész Szakmai Napok, Balatonfüred, 21p.
40. Rusterholz, H. P., Schneuwly, J., Baur, B. (2018). Invasion of the alien shrub *Prunus laurocerasus* in suburban deciduous forests: Effects on native vegetation and soil properties. Acta Oecologica, 92, 44-51.
41. Sandalli, C., Beris, F. S., Çanakçı, S., Demirbağ, Z., Beldüz, A. O. (2005). RAPD analysis of three cultivars and a wild form in *Prunus laurocerasus* (Rosaceae). Biologia, Bratislava, 60(1), 83-7.
42. Sattler, M. C., Carvalho, C. R., Carindo, W. R. (2016). The poliploidy and its key role in plant breeding. Planta, 243: 281-296.
43. Schmidt G. (szerk.). (2002). Növényházi dísznövények termesztése. Budapest. Mezőgazda Kiadó.
44. Schmidt G. (szerk.). 2003. Növények a kertépítészetben. Budapest. Mezőgazda Kiadó.
45. Sehic, J., Garkava-Gustavsson, L., Fernández-Fernández, F., Nybom, H. (2012). Genetic diversity in a collection of European pear (*Pyrus communis*) cultivars determined with SSR markers chosen by ECPGR. Scientia Horticulturae, 145, 39-45.
46. Song, Q. J., Fickus, E. W., Cregan, P. B. (2002). Characterization of trinucleotide SSR motifs in wheat. Theoretical and Applied Genetics, 104, 286-293.
47. Sonneveld, T., Robbins, T. P., Tobutt, K. R. (2006). Improved discrimination of self-incompatibility *S-RNase* alleles in cherry and high throughput genotyping by automated sizing of first intron polymerase chain reaction products. Plant Breeding 125, 305–307.
48. Sulusoglu, M. (2011). The cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) tree selection. African Journal of Agricultural Research 6(15), 3574–3582.

49. Sulusoglu, M., és Cavusoglu, A. (2014a). In vitro pollen viability and pollen germination in cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.). The Scientific World Journal, 2014(1), 657123.
50. Sulusoglu, M., és Cavusoglu, A. (2014b). Pollination biology of cherry laurel and pollinizer effects on fruit characteristics. Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 24(3), 280-289.
51. Sulusuglo, M., Cavusuglo, A. (2010). Vegetative propagation of charry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) using semi-hardwood cuttings. African Journal of Agricultural Research. 5(23), 3196-3202.
52. Sütöriné Diószegi M., Schmidt G. (2014). *Prunus laurocerasus* fajták télállóságának összehasonlító vizsgálata. XX. Növénynevelési Tudományos Nap, Növénynevelés a megújuló mezőgazdaságban. 409-413.
53. Taheri, S., Lee Abdullah, T., Yusop, M. R., Hanafi, M. M., Sahebi, M., Azizi, P., Shamshiri, R. R. (2018). Mining and development of novel SSR markers using next generation sequencing (NGS) data in plants. Molecules, 23(2), 399.
54. Tóth I. (2012). Lomblevelű Díszfák Díszcserjék kézikönyve. Tarkavirág Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., Dunaharaszti, 789 p.
55. Urrestarazu J, Errea P, Miranda C, Santesteban LG, Pina A (2018). Genetic diversity of Spanish *Prunus domestica* L. germplasm reveals a complex genetic structure underlying. PLoS ONE 13:e0195591.
56. Vieira, M. L. C., Santini, L., Diniz, A. L., Munhoz, C. D. F. (2016). Microsatellite markers: what they mean and why they are so useful. Genetics and molecular biology, 39, 312-328.
57. Xu, Y., Ma, R. C., Xie, H., Liu, J. T., Cao, M. Q. (2004). Development of SSR markers for the phylogenetic analysis of almond trees from China and the Mediterranean region. Genome, 47(6), 1091-1104.
58. Yazıcıa, K., Kazaz, S., és Çakır, B. (2011). An Important Genetic Resource for Turkey: Cherry Laurel (*Laurocerasus officinalis* Roemer). Acta Hort. 890, 261-265.
59. Yuan, M., Gong, L., Meng, R., Li, S., Dang, P., Guo, B., He, G. (2010). Development of trinucleotide (GGC) n SSR markers in peanut (*Arachis hypogaea* L.). Electronic Journal of Biotechnology, 13(6), 5-6.
60. Zhang, Y., Dai, S., Hong, Y., Song, X. (2014). Application of genomic SSR locus polymorphisms on the identification and classification of chrysanthemum cultivars in China. PLoS One, 9(8), e104856.

61. Zhao, L., Jiang, X. W., Zuo, Y. J., Liu, X. L., Chin, S. W., Haberle, R., Potter, D., Chang, Z. Y., Wen, J. (2016). Multiple events of allopolyploidy in the evolution of the racemose lineages in *Prunus* (Rosaceae) based on integrated evidence from nuclear and plastid data. PLoS One, 11(6), e0157123.

Internetes források:

1. http1 PictureThis honlapja. Letöltés dátuma: 2024.10.21. forrás: https://www.picturethisai.com/wiki/Prunus_laurocerasus.html
2. http2 Egzotikus dísznövények: *Prunus laurocerasus* 'Novita' Letöltés: 2024.10.21. forrás: <https://www.egzotikusdisznovenyek.hu/bolt/evelok/babermeggy-prunus-lauroc-novita/>
3. http3 Kertelünk kft.: Tipikus mediterrán növény a babérmeggy. letöltés dátuma: 2024.04.10. forrás: <https://www.kertelunk.hu/tipikus-mediterran-soveny-a-babermeggy.html>
4. http4 Plantipp honlapja. Letöltés dátuma: 2024.10.21. forrás: <https://plantipp.eu/uk/varieties>
5. http5 Nemzetközi Dendrológiai alapítvány. Letöltés dátuma: 2024.10.21. forrás: <https://dendrologia.eu/altalanos-lombos-fajok/prunus-laurocerasus-cv-zold-szonyeg-habitus-a-nyugat-magyarorszag-egyetem>
6. http6 InnoFlora: Dr Józsa Miklós fajtái. Letöltés: 2024.10.21. forrás: <https://www.innoflora.hu/dr-jozsa-miklos-fajtai>
7. http7 Széchényi István Városi Könyvtár honlapja. Letöltés dátuma: 2024. 10. 21. forrás: <https://www.szivk.hu/barabits-elemer/>
8. http8 A turulmadár nyomán: Ambrózy-Migazzy-István letöltés: 2024.10.21. forrás: <https://turul.info/napok/ambrozy>
9. http9 Oázis kertészet honlapja. Letöltés dátuma: 2024. 10. 21. forrás: <https://oasis.hu/>
10. http10 Zahradnictví Milan Havlis: *Prunus laurocerasus* (syn. Castlewellan) 'Marbled White'. Letöltés dátuma 2024.10. 21. forrás: <https://www.havlis.cz/>

MELLÉKLET: A babérmeggyfajták és gyümölcstermő egyedek SSR-profiljai

lókuszok	ASSR63					BPTCT007																										
allélok	1.	2.	3.	4.	5.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
'Schipkaensis'	156		160	163	167		101					112		114	116		120	122	124		128			134						146		
'Magnoliifolia'	156	159		163	167	99	101					112		114	116	118			124													
'Zöldszőnyeg'	156		160	163	167	99	101					112			116		120		124	126	128	130										
'Miki'	156		160	163	167	99	101	106				112		114	116		120		124													
'Marbled White'	156		160	163		99	101					112		114	116		120	122	124													
'11-es klón'	156		160	163	167	99			107			112				118	120	122	124													
'Baumgartner'	156		160	163	167	99						112			116		120		124		128		134				142					
'Caucasica'	156	159		163	167	99	101			108	110	112		114	116	118			124						138							
'Copperbell'		159		163	167	99					110	112		114	116	118			122	124									145		147	
'Elly'	156		160	163	167	99	101					112		114	116		120	122	124						138							
'Etna'	156		160	163	167	99	101				110		113		116	118	120		124	126			134								147	
'Gabi'	156		160	163	167			107				112			116			122	124	126												
'Gajo'	156		160	163	167	99	101				110	112		114	116		120	122			128											
'Genolia'	156		160	163	167	99	101				110	112		114	116			124	128		132		136	138								
'Greentorch'	156	159		163	167	99	101				110	112		114	116		120	122	124													
'Herbergii'			160	163	167	99	101					112			116	118		122			128		134									
'Klári'			160	163	167	99					110	112		114			120	122	124	126	128	130	132									
'Kleopátra'	156		160	163	167	99			108			112		114	116	118			124	128											146	
'Legend'				163	167	99	101					112		114	116	118			124	126												
'Mano'	156		160	163	167	99		107				112			116		120			126	128		134									
'Mari'	156			163	167	99		107				112		114		118	120														146	
'Mount Vernon'		159		163	167	99	101					112		114	116	118	120								138							
'Novita' sz			160	163	167		101	107				112		114	116										138	140						
'Otto Luyken'	156		160	163	167	99	101				110	112		114	116		120	122			128											
'Piri'	156		160	163	167	99			108		112				118		122	124	126	128			134									
'Reynvaanii'	156		160	163	167																											
'Rotundifolia'	156	159		163	167	99	101				110	112		114	116	118		122	124													
'Sofia'	156		160	163	167	99	101					112		114	116				124	126			132	134								
'Van Nes'	156		160	163	167	99				110		113		116		120	122		126	128								142				
'Zabelianna'	156		160	163	167	99	101					112		114	116		120	122		128	130		134									
'Schipkaensis Macrophylla'			160	163	167	99	101				110	112		114	116		120		124		128	130		134						147		
Greenwhich 2	156	159		163	167	99	101					112		114	116	118			124													192
Greenwhich 1	156	159		163	167	99	101					112		114	116	118			124													
T2	156	159				99	101																									
T4	156		160	163		99	101					112							124													
T6			160	163		99	101								116					126												
T8	156		160	163		99	101					112			116					128												
T10	156		160	163		99	101					112		114						128		132										
T13			160	163		99	101					112						122					132									
T16			160	163		99	101	106									120			128												
T18	156		160	163		99	101					112					120			128												
T20	156		160	163		99	101					112						122		126												
T22	156		160	163		99	101			110					116				124													

lókuszok	BPPCT025																																																				
allélok	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
'Schipkaensis'				156					163	165		167							175		178													191	193											209	211		248				
'Magnoliifolia'									163	166			170				173		175					180			183							191	193		195		197				203	205									
'Zöld:önyeg'										165		167	169					174						178	180		182								192				197	199					203	205							
'Miki'	147								163			167	170										178	180		182			185		187				188		191			194	196				206					212			
'Marbled White'				156				162				167	170				173				177													188		191			194	196				203	205								
'11-es klon'										165	167					172		174								182		184	186		187		189	191			194																
'Baumgartner'				156					163	165	167			171		174									182		184	185	187				188		191	193																	
'Caucasica'										165	167		170	172			175									183	185	187							191		193																
'Copperbell'											166	169				173	175		178							183			187		189	191														203	205						
'Elly'				156			162				167	170			173		175			177								183						189	191					196			200		203	205							
'Etna'									163	166		170			173		175							180				183							191	193		196								206					248		
'Gabi'									163	166		170					174										183				187	189			191		193		196														
'Gajo'				156					163	165	167	170					174										182								187	189													197			201	
'Genolia'				156						165			170			173	175	177												185	187																						
'Greentorch'				156							166		170			173	175									181	183																									248	
'Herbergii'				156						165	167	170					174										183									191	193															248	
'Klári'									163	165	167	169					174								180	182											193																
'Kleopátra'				156					163	165	167			171		174										182					187	189		191																			
'Legend'									163		167	169			172																						193																
'Mano'				156					163				170			173				177							182								187	189															248		
'Mari'				156						165		167	169				174								180	182					187	189		191	193		195														248		
'Mount Vernon'									163	166	169			172			175	177							180										191	193																	248
'Novita' sz					159				163	166	169						175	177							180		183		186					191	193												206						248
'Otto Luyken'				156					163	165	167	170					174								180	182																											
'Piri'				156					163	165	167				172	174											183					187	189																				
'Reynvaanii'				156						165			170	172		175	177																	188		191																	
'Rotundifolia'									163	166		170				173	175								180		183								191	193		195		197	199		201	203									
'Sofia'											167	170					174									182		185								192			195		197												
'Van Nes'				156					163		167		171			174			177																191					196								206					248
'Zabeliana'				156						165	167	169		171																					187					192													
'Schipkaensis Macrophylla'				156								167					173	175								182								189	191																248	268	
Greenwich 2									163	166		170				173	175								180		183								191	193		195		197											248		
Greenwich 1									163	166		170				173	175								180		183								191	193		195		197													
T2		153	155	157																																																	
T4												167	169							176		179				182	184							189	191																		
T6											163	166	169							176		179				182			184					187	189																		
T8											163		167	169						176		179		181											191																		
T10									161	163	165		170			173				176		179				182							187																				
T13					159				161	163		169			173				177		179					182		184					188	190																			
T16									161	163		169			173	175					179						184					187																					
T18									161		169										179					181								187																			
T20									161		163	165		170		173					179					182			185		187	189																					
T22										163	165		169							176		179	181													191																	

[illegible]

lókuszok	BPPCT037																																																	
allélok	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46				
'Schipkaensis'						116	118								126		129				133		135																											
'Magnoliifolia'			112				118						124				128				132					139									155															
'Zöldszőnyeg'						116		119		121								129									140	142																						
'Miki'		111				116	118				122				126			129			132					139		142																						
'Marbled White'		111				116						123					129										140			146																				
'11-es klón'				113		116	118				122		124		126												135										160			178					187					
'Baumgartner'				113		116	118		120			123			126		128										135										160			178					187					
'Caucasica'						116	118		120				124			127		129			132																160			178					187					
'Copperbell'						116	118					124			126						132																160								187					
'Elly'		111				116					122	123						129																			160								187					
'Etna'				113		116					122				126			129																			160			178	181					187				
'Gabi'				113		116	118				122		124				129			132						135										160		178				187	215							
'Gajo'						116		119			122				126			129																			160		178						187					
'Genolia'						116	118					124					129			132																	160			178					187					
'Greentorch'				112		116	118		120		122		124		126			129																			160								187					
'Herbergii'	106					116	118								125		127	129																			160			178					187					
'Klari'						116	118								125		127	129		131																	160			178					187					
'Kleopátra'				113		116	118					123					127																				160			178					187					
'Legend'			112			116	118				122		124								132																160								187					
'Mano'				113		116	118						124		126			129																			160			178					187	215				
'Mari'				113		116	118			121			124		126																						160			178					187	215				
'Mount Vernon'						116	118				122		124			127		129			132																160			178					187					
'Novita' sz			112		114	116		119		121			124						131																		160			178	181				187					
'Otto Luyken'						116		119			122				126			129																			160			178					187					
'Piri'						116						123						129																			160			178					187	215				
'Reynvaanii'						116				121		123				127		129																				160			178					187				
'Rotundifolia'			112			116	118				122		124		126		128			132																	160			178					187					
'Sofia'						116		119			122				126			129																				160			178					187				
'Van Nes'			112			116						123						129																			160			178					187	215				
'Zabeliana'						116		119				123						129																			160			178					187					
'Schipkaensis Macrophylla'						116					122								131																		160			178					187	215				
Greenwich 2			112			116	118				122		124				128			131																	160			178					187					
Greenwich 1		111				116	118				122		124				128			131																	160			178					187					
T2																																																		
T4	106		112			116			120						126			129			132																													
T6	106		112		114	116		119		121			124					129																																
T8			112			116	118					124		126				129		131																														
T10		111				116	118				122								130	131																														
T13			112			116	118			121			124			127		129		131																														
T16			112			116		119				123			126				131																															
T18		111				116				121		123			126			129		131																														
T20	106		112			116	118					123				127					132																													
T22			112			116							124					129			132																													

lókuszok	BPPCT040																																						
allélok	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	
'Schipkaensis'					125		128						135				142			146								156									166		
'Magnoliifolia'				123											138										153		155				160				164				
'Zöldszőnyeg'				123								134		136	138		144							152		154			157		160								
'Miki'				123												140					148								157										
'Marbled White'				123																			151		153			156		158	160								
'11-es klón'	113			123	125															146			151				155	156		158								170	
'Baumgartner'	113			125									135		138	140				146						154	156		158										
'Caucasica'	113			123	125											140		144							153						160		162		166				
'Copperbell'	113			123		126									138		142						151			154					160					168	170		
'Elly'	113			123																					153				158	160				164	166				
'Etna'	113			123											138					146					153				157				162	164	168				
'Gabi'	113			123	125										138					146					153				157		160			164	168	170			
'Gajo'	113			123								134						142	144	146																			
'Genolia'	113			123															144											158			162						
'Greentorch'	113			123	125								134			140													157			162	164						
'Herbergii'	113	115		123				129						136	138		142			146		150			153				158										
'Klári'	113			123														144									156		158										
'Kleopátra'	113	115		123											138					146			151			154				159									
'Legend'	113			123	125																				153				157				162	164		168			
'Mano'	113	115		123	125																		151		153				158									170	
'Mari'	113																144								153			157				162							
'Mount Vernon'	113			123																					153			157				162							
'Novita' sz	113			123	125												142								153				158				164						
'Otto Luyken'	113			123								134		136			142	144																					
'Piri'	113											134						144	146						153				157										
'Reynvaanii'	113			123												140		144											157										
'Rotundifolia'	113			123				129									140	144	146										157				162	164					
'Sofia'	113															140	144								153			157											
'Van Nes'	113	115		123	125											140			146						153					158									
'Zabeliana'	113	115		123									136			142												156											
'Schipkaensis Macrophylla'	113			123										136		142					150				154		156		158									170	
Greenwich 2	113			123											138									152			156		160		162	164	166	168					
Greenwich 1	113			123	125										138										153		155	157		160		162	164	166					
T2	113		118																																				
T4	113			123							131				138	140	142				148		151				155					162		166					
T6	113	115		123	125				130							140											155				160		162	164	166				
T8	113			123			128					133		136	138		142				148						155					161		164	166				
T10	113			123	125							133				140				146				152						160				166					
T13	113			123	125							133				140				148			152								160			162					
T16	113			123				130			134					140				146	148		152								160		162		166			170	
T18	113			123	125							134	136	138	140	142					148			152									164	166					
T20	113			123	125		129		131							142		145					152					157		160		162							
T22	113			123	125							134	136	138		142					148						155						164	166					

[illegible]

Jókusok allíðok	CPSC2021																																																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
'Schipkaensis'							131	133	135	137			140		143				146				152		154							160				168				174							180			184								
'Magnoliifolia'								133	135	137			139			142				146			148			153		154	156			160						170								174				180			182		184			
'Zeldzönyag'								133	135	137						142				146						153		154		156			158		160			164	166					172			174				182							
'Miki'	119							133	135	137						142					146		148	150							158						164	166						172			174				182		184					
'Marbled White'	119							133	135						140					146		148			152						158										170				174						182		184					
'11-es klón'	119							133	135	137											146		148			151	153					158															173					182						
'Baumgartner'								133	135						140			143							151	153								161	161																180			182				
'Caucasica'							131	133	135								145								151	153						158		161	161			165		168								180				182						
'Copperbell'	119						131	133	135							142	144								151	153		154					160				164		165		168		170							181								
'Elly'	119							133	135						140					146		148			151					157		159						168					173							182								
'Etna'								133	135						140									151	153					159						166			168			170								182								
'Gabi'	119						131	133					139									148				153						159						167			170																	
'Gojo'	119							133							140			144		146			149	151	153	155		158																						182								
'Genolia'								133	135						140			143		145					151	153						159					165						173				179		181			184						
'Greentorch'								133	135				139							145			149	151	153							158					165		168									181			184							
'Herbergii'	119							133	135					140				144						151		154					159					165		168									180			181		184						
'Klári'								133	135				139		141		144		146					151	154						159					164	166			167							173			182								
'Kleopátra'						131		135						140		143								151	154						159							164	166			167							173			182						
'Legend'						131	133	135						140										148		151	154					159															178	180			182							
'Máno'	119							135	137							143							148			151	154					159								169										182								
'Mári'	119						131		135	137					141		144								154							159																			182	184						
'Mount Vernon'	119	121					131	133					139			142							148		151							159					165			169											182	184						
'Novita' sz								133								142			145						153		153	155			158		160													175	177			182	184							
'Otto Luyken'	119							133						140			144		146			149	151	153	155		158																															
'Piri'	119							133	135						141					146				151	154							159								167							173											
'Reyvaaniti'	119							133	135					140		143					147		151		154						159																											
'Rotundifolia'							131	133	135				139		141							148			153							159								168			171						180			184						
'Sofia'								133		137						142				146	148			151	154						159						163						173						180		184							
'Van Nes'	119						131	133	135					140			144							151	154						159																				182		184					
'Zabeliana'	119							133	135					140										151		154					159				161																							
'Schipkaensis Macrophylla'	119							133	135	137			139											151	154						159	160						164																				
Greenwich 2							131	133	135			139		141		144						148		153							159								169										178		181		184					
Greenwich 1							131	133	135			139			142	144						148			153							159							168										178		180		182		184			
T2			120	128												142				146		149			154										163																183	185						
T4							129	131		135	138									146		149			154												163														183	185						
T6							129	131	133	135					141		144		146		149				154						158					162	164					171	173							183	185							
T8	117						129	131	133	135										146		149		151		154					158					162	162	164			169		172							183	185							
T10							129	131	133	135					141					146		149		151		154						158				160	162	164			169									183	185							
T13	117						129	131	133	135									144	146		149				154	155	157					158		160		163			169										183	185							
T16								131		135	137									144	146					154	156			159		161		163				169														183	185					
T18							129	133	135							142	144	146			149				155		158										164			170		173								183	185							
T20							129	131	133	135	137					142				146		149				157						160					164			169		171		173														
T22	117						129	131	133	135											149					155		158								162			169											183	185							

Íókuszok	CPDCT045																							CPSCT018																	
allélok	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
'Schipkaensis'	117			123	125				129		131						142	144																		158					
'Magnoliifolia'	117		121	123	125		127		129		131			135																						158			162		
'Zöldszőnyeg'	117	119		123	125				129		131							144		150														154		158					
'Miki'	117	119		123	125				129		131			135		138																		154		158					
'Marbled White'	117			123	125						131		133	135		138																							162		
'11-es klon'	117			123	125				129		131					138																				154		158			
'Baumgartner'	117			123	125						130														101					102	104					154		158			
'Caucasica'	117					126					130		132												101								111			154			159		
'Copperbell'	117	119	121	123	125				129																												158		162		
'Elly'	117			123	125						131		133	135		138																						162			
'Etna'	117		121	123	125				129																												158		161		
'Gabi'	117			123		126					130		132	135		138																		153			158		162		
'Gajo'	117			123	125				129							138																			152			157			
'Genolia'	117			123	125				129																												158		161		
'Greentorch'	117		121	123	125				129					135																				152			158		161		
'Herbergii'	117			123	125						130			135				144																				157			
'Klári'	117		121	123	125				129		131																								154		157				
'Kleopátra'	117	119		123	125				129		131								146																	157		159			
'Legend'	117			123		126					130			135																					145		153				
'Mano'	117			123	125				129							138																				152		157			
'Mari'	117	119		123	125						130					138																			152		154		159		
'Mount Vernon'	117			123			127		129		131		133	135							157															154		158		162	
'Novita' sz	117			123	125		127		129		131		133				142																				154		158		162
'Otto Luyken'	117			123	125				129							138																				152		154		157	
'Piri'	117			123	125		127		129		131					138																			152		154		157		
'Reynvaanii'	117			123	125				129		131					138																				154					
'Rotundifolia'	117		121	123	125		127				130			135																								158		162	
'Sofia'	117	119		123	125				129									144																	154		158				
'Van Nes'	117			123	125				129		131					138																									

[illegible]