

Genetikai ismereteink a fekete nyárról

(Hibridek, klónok, magoncok; tények és tévhitek a fekete nyárról)

Katasztrófa vagy sikertörténet?

A fekete nyár az eurázsiai vizes élőhelyek egyik jellegzetes faja felett a XX. század második felében kongatták meg a vészharangot. A folyószabályozások, lápterületi lecsapolások, az intenzív mezőgazdasági termelés térfoglalásával és az ültetvényes erdőgazdálkodás (nyártermesztés) előretörésével párhuzamosan egyre csökkent a korábban Európa-szerte elterjedt faj élőhelye és ezzel természetes előfordulása. Az utóbbi néhány évtized erdőgazdálkodásában egyre nagyobb szerepet játszó ültetvényes nyártermesztés és az ebben jelentős arányt képviselő nemesített nyárklónok szinte a feledés homályába szorították a fajt. Az erdészek körében a korai nyár, óriás nyár és olasz nyár lett a favorit, majd jött a 'Pannónia', 'Kopecky', 'Agathe-F' és még sorolhatnám a sort a legújabb *P. x interamericana* fajtáig. Az élőhelyek elvesztésével párhuzamosan egy másik veszély is leselkedett a fafajra. A nemesített nyárklónok – elsősorban a hímivarúak – az amerikai kontinens nyárfajainak genetikai donorjává váltak. A fekete nyár populációteredékek természetes újlataiban feltűntek a többgenerációs – idegen szóval introgresszált – hibridek, amelyek leromlott (elkorcsosult) egészségi és növekedési tulajdonságait az erdészeti gyakorlat is megismerte. A nyolcvanas években aztán már több szakterület képviselői is jelezték a problémákat.

Egyrészt a nyárnemesítők hívták fel a figyelmet, hogy a génbanki alapgyűjtemények – amelyek az alapját képezik a keresztezéses nemesítői tevékenységnek – génkészlete már nem tudta biztosítani a sikeres nemesítői munkához

szükséges genetikai erőforrásokat. A természetes előfordulásokból a génbankok utánpótlása beszűkült, a kontinens nyugati felében az utolsó egyedek szinte teljes eltűnésével gyakorlatilag meg is szűnt. (Az európai nyárnemesítés jelenleg is hullámvölgyben van.)

Másrészt a vizes élőhelyek védelmére, később azok rehabilitációjára irányuló törekvések állították reflektorfénybe a fajt és annak genetikai problémáit. Jóllehet a faj nem tartozik a védettek közé, de mint a vizes élőhelyek meghatározó faja a létalapját képezi a természetes ökoszisztémák védelmének. Elsősorban ennek köszönhető a hazai fekete nyár megőrzési munkáinak elindítása. Napjainkra a faj biológiai megmentésére irányuló *in situ*, valamint az – elsősorban a genetikai fajazonosságot előtérbe helyező – *ex situ* génmegőrzési munkák révén hazánk fekete nyár populációinak és azok génkészletének megőrzése biztosítottnak látszik. (Az *in situ* kifejezés a helyben, adott területen természetesen, az *ex situ* pedig a mesterségesen kialakított gyűjteményben, génbankban megőrzött fogalmakat takarja.)

Az elmúlt közel másfél évtized sikereiben jelentős részt vállalt az a nemzetközi kutatási és innovációs együttműködés, amelynek alapjait a FAO nemzetközi génmegőrzési intézménye, az IPGRI és annak erdészeti programja (EUFORGEN *Populus nigra* Network), valamint az EUROPOP nevű EU-s kutatási program biztosította. Az elmúlt másfél évtized munkájának legnagyobb sikere, hogy a jelentős genetikai ismeretbővülés révén tudatosabb, összehangoltabb és szervezettebb keretek között folyhatnak a fekete nyárral kapcsolatos nemesítési, erdészeti és természetvédelmi munkák. Ez az írásmű terjedelmi

korlátok miatt csak a legfontosabb információkat tartalmazza, részletesebb információkat a mellékelt irodalmi forrásművekben találhat az érdeklődő.

A faj genetikai jellemzői

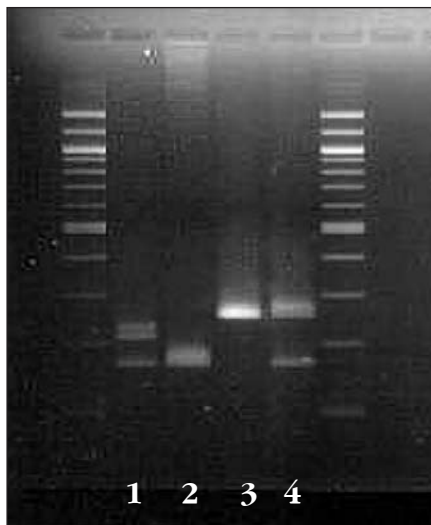
A nyár nemzetség legtöbb fajához hasonlóan a fekete nyár kromoszómaszáma $2n = 38$. Hasonlóan a többi nyárfajhoz, természetes poliploidok – sokszorozott kromoszómaszámú egyedek – a fekete nyár esetében is előfordulhatnak. A poliploidia kérdésköre a nyárnemesítésben kap fontos szerepet, a természetes populációk fennmaradásában valószínűleg nem meghatározó tényező. A fekete nyár kétlaki faj (ivari dimorfizmus), azaz egyszerre nő- és hímivarú egyedeket találunk a természetben. A két nem aránya egy-egy populáción belül meghatározó szerepet játszik az optimális szaporodási stratégia kialakulásában.

A fekete nyár genetikai tulajdonságainak megismerésére, jellemzésére már sokféle vizsgálati módszer áll rendelkezésre. Mivel a két fontos fekete nyár faj – a *P. nigra* és a *P. deltoides* – egy távoli földtörténeti korszakban földrajzi, majd ennek következtében taxonómiai értelemben is szétvált egymástól, egyszerűnek tűnik a genetikai eltérések tisztázása. Sajnos azonban ez koránt sincs így. Elég nehéz éles genetikai határvonalat húzni, mivel a két faj teljes elterjedési területének reprezentatív vizsgálatára és ezáltal megbízható genetikai fajazonosítók (markerek) kidolgozására – a jelentős szellemi és anyagi erőforrás-igény miatt – alig van mód. A jelenleg alkalmazott és megbízhatónak ítélt vizsgálati módszerekről a táblázat ad tájékoztatást.

Markertípusok		Felhasználási terület	
DNS markerek	<i>Sejtmag DNS</i>	Heinze-féle specifikus	Hibriditási szint meghatározása
		Microszatellit DNS	Egyed (klón) azonosítása
		AFLP	Egyed (klón) azonosítása
		RAPD	Egyed (klón) azonosítása
	<i>Kloroplaszt DNS</i>	cpDNS haplotípus	Anyai öröklési vonal kimutatása
Fehérje markerek	<i>Izoenzim markerek</i>	LAP izoenzim	Hibriditási szint meghatározása
		AAT izoenzim	Hibriditási szint meghatározása
		PGM izoenzim	Hibriditási szint meghatározása
		PGI izoenzim	Hibriditási szint meghatározása

Táblázat. A fekete nyár genetikai jellemzőinek meghatározására leggyakrabban használt azonosítók (markerek) kombinált, együttes alkalmazásával kapjuk a legbiztosabb eredményt.

A *Populus deltoides* vagy más nyárfajok irányából történő **bekeresztződés (hibridizálódás), ill. visszakeresztződés (introgresszió) mértékéről teljes biztonsággal** a Heinze-féle sejt-mag DNS-marker, a specifikus izoenzim lókusztok, valamint a kloroplaszt DNS (cpDNS) haplotípusok **együttes, kombinatív alkalmazásával győződhetünk meg.** A Heinze-féle DNS-marker a hazai szaporítóanyag-minősítésben évek óta általánosan elfogadott vizsgálatban használatos (lásd kép), amely eljárás révén a nem fajazonos (hibridizált) fekete nyár szaporítóanyag kizárható a forgalmazásból.



Fekete nyárak Heinze-féle specifikus DNS marker mintázata:

1. *Populus nigra* 'Thevestina', 2. *Populus nigra*, 3. *Populus deltoides*, 4. *Populus x euramericana*

Populáció és faállomány; genotípus és faegyed; szülők és utódok

A felsorolt vizsgálati eljárások segítségével a kilencvenes években ugrásszerűen növekedtek genetikai ismereteink a fajról. A kiterjedt nemzetközi és hazai kutatások eredményeiből levonható fontosabb megállapítások részben megerősítik, részben cáfolják a korábbi feltételezéseket.

Lényeges különbség mutatkozik az egyes országokban és folyórendszerek mentén található fekete nyár populációk genetikai szerkezetében, sőt gyakran egyazon folyórendszer mentén is eltérések találhatók a faj genetikai struktúrájában. A genetikai változatosság mértéke populációról populációra változhat. A genetikai változatosság a folyók folyásirányában haladva nem növekszik (mint eddig feltételezték),

mivel folyásiránnyal ellentétesen is érvényesül a génáramlás, elsősorban a folyóvíz, a folyásiránnyal ellentétes irányú széláramlatok miatt.

A populációkban gyakoriak a genetikailag azonos sarjcsoportok, ezek száma populációról populációra változhat, de a vegetatív szaporodás mindenképp fontos szerepet tölt be a vizsgált populációk esetében. Egy-egy nagyobb helyi populáció génkészlete mintegy 100-150 független genotípus (nem sarjak) megőrzésével megbízhatóan konzerválható és az ilyen génbanki anyag felelősséggel felhasználható az erdősítésekben.

Az introgresszió és hibridizáció jelensége bizonyítottan fennáll, de jelentősége szerencsére sokkal kisebb a vártnál, az összefüggő, nagyobb állományokban alig számottevő. A *Deltoides* és *Trichocarpa* 'vert' hordozó nemes nyár klónok – tehát az ún. 'interamericana' fajták is – egyaránt introgressziós veszélyforrást jelentenek a *Populus nigra* populációkra. A természetes újulatokban a legmagasabb az introgresszált egyedek száma (5-10% is lehet), a középkorúakban mérsékelt, az idősebb korú természetes hibridegyedek ritkák. Mindez a másodgenerációs hibridek többsége versenyképességének korlátozottságára, azok magas mortalitására utal. Az introgresszió helyi mértékét a beporzásban részt venni képes hímnemű fekete nyárak egyedszáma határozza meg. A legmagasabb introgressziós mérték magányosan álló, nőnemű fekete nyárak újulatában tapasztalható.

A pánmixia, azaz a véletlen és egyenlő esélyű beporzás jelenségét a vizsgálatok nem igazolták. Az egyes vírágport adó (donor) hím egyedek eltérő eséllyel, ma még ismeretlen preferenciák alapján vesznek részt az átörökítésben. Nagyszámú hím egyed közül is csak néhánynak genetikai készlete öröklődik egy-egy évjárat utódnemzedékében. Ennek következtében egy-egy nőegyed utódai között csak néhány beporzó apa hatása mutatható ki. A tényleges génáramlás eltér a potenciálisan lehetségestől, a pollenfelhőt izoláló hatásoktól függően. Az éppen a beporzás vagy termésérés időszakában uralkodó szélirány miatt a pollenáramlás és a maghullás, azaz a génáramlás iránya nehezen prognosztizálható.

Ritka allélok és/vagy genotípusok eltűnésének veszélye egy-egy évjárat utódgenerációjában jelentős lehet. Amennyiben egy ritka cpDNS haplotípust csak hímivarú egyedek képviselnek, a generatív utódok nem képesek

megőrizni azokat az anyai (maternális) öröklésmenten miatt. A Magyarországon eddig talált 8 cpDNS haplotípusból 6 újnak bizonyult (az eddigi nyugat-európai vizsgálatokból hiányoznak). Ez a hazai populációk génmegőrzésének fontosságát hangsúlyozza.

A természetes újulatokban előfordulhatnak nemesnyár-magoncok. A cpDNS és izoenzim markerek együttes elemzésével kimutathatóak voltak a nőivarú hibrid nyárklónok (pl. I-214, Pannónia stb.) irányából származó hibridizációs folyamatok is. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy a nőnemű nemes nyárak is okozhatnak introgressziót. Az áradások alkalmával a nemesnyár egyedekről származó ágak, tuskók és gyökerek jelentős távolságra is eljuthatnak és az ezekből kifejlődő sarjak (vegetatív utódok) introgressziós forrásként jelenhetnek meg a védett területeken is. Tapasztalatok szerint a vegetatív hibrid csemeték kezdeti gyorsabb növekedésük révén ökológiai előnybe kerülnek a vetényülésekben a fekete nyár magonc egyedekkel szemben.

Génmegőrzés, a genetikai erőforrások hasznosítása. Quo vadis *Populus nigra*?

Az ismertett genetikai törvényszerűségekből következően a tudatosan és tervszerűen folytatott, folyamatosan monitorozott génmegőrzés a fekete nyár esetében elsőrendű fontosságú. A vizes élőhelyek fekete nyár állományainak kizárólagos *in situ* megőrzése, fenntartása nem biztosíthatja teljes biztonsággal az adott populáció génkészletének fajazonos és kellően változatos formában történő fennmaradását. Ugyanakkor nem jelenthet kizárólagos megoldást az *ex situ* gényűjtemények, génbankok kialakítása és fenntartása sem. **Az ún. aktív génmegőrzési rendszer mindig az adott terület – folyóvíz, nemzeti park, tájvédelmi körzet stb. – környezeti sajátosságait kell, hogy figyelembe vegye és ennek megfelelően, valamint az ott természetesen előforduló populáció genetikai adottságaira alapozva kell az *in situ* és az *ex situ* módszerek optimális arányát meghatározni.** Egy nagyobb területen, például egy tájvédelmi körzetben a fekete nyár visszatelepítése nem történhet csak kizárólag egy-két anyafa azonos évjáratú magoncainak elültetésével, csakúgy, mint egy távoli folyóvízből származó állomány gyökerező dugványainak ültetvényeszerű, monokultúrás betelepítésével. Az

említett két szélsőséges eset rövid távon, vagy katasztrófahelyzetben, de csak átmeneti megoldásként kerülhet szóba.

A hazai viszonyokra kidolgozott gemenci fekete nyár génmegőrzési program optimális megoldásnak látszik. A program ill. bizonyos részeinek adaptálása más európai országokban most folyik. Terjedelmi korlátok miatt csak röviden ismertetjük a program alapját.

A megőrzésre kiválasztott fákat morfológiai bélyegek alapján nagy biztonsággal szelektálhatjuk. A morfológiai leírással egyidejűleg törzskönyvezett fákat DNS és/vagy izoenzim markerekkel bevizsgáljuk és a hibrid egyedeket a további megőrzésből kizárjuk. A fajazonosnak bizonyult egyedeket vegetatív úton – dugványozás, esetleg mikroszaporítás – génbanki gyűjteménybe helyezzük. A sok száz gemenci genotípus klónozott (dugványozott) szaporítóanyagát klónkeverék formájában kitelepítjük. Termőhelyenként legalább 100 helyi származású genotípus kihelyezése javasolt, elegyítve fehér (szürke) nyár, fehér fűz, pannon kőrös, esetleg éger csemetékkel, szimulálva a természetes vetényülések fajösszetételét. Az erdősítésnél kerülni kell az ültetvényyszerű, tág növényterület hálózatot. Az erdősítést pótolni csak szélsőséges záródásihiány esetén érdemes, mivel a fajnak alkalmatlan, mozaikszerűen változó termőhelyi foltokon a fekete nyár erőltetése értelmetlen. Egy nagyobb kiterjedésű, 30 – 100 hektáros nemes nyáras tömb átalakítása után az ilyen elegyes nyáras társulás kellően biztosítja a terület adottságaihoz adaptálódott fekete nyár génkészlet *in situ* fenntartását. A területen későbbiekben kialakuló fekete nyár vetényüléseket érdemes szűrőpróbaszerűen, esetleg szisztematikusan genetikai vizsgálattal ellenőrizni. Az introgresszált egyedekkel borított területeken javasolt a vetényülést felszámolni és ellenőrzött csemetével újraerdősíteni. Dugványcsemeték helyett lehet plantázsból vagy ellenőrzött anyafáról származó magoncscsemetét is alkalmazni, elsősorban a rövid idejű, durva hordalékos elárasztású területeken, ahol a magoncok túlélési rátája magasabb, mint a vegetatív csemetéké.

Az ismertetett génmegőrzési séma sajnos még ma is csak elméleti rendszer. Jóllehet a fekete nyár populációk géngyűjteményi elmentése az elmúlt években látványos sikereket hozott, a teljes folyamat néhány helyen meg-megszakad. A teljesség igénye nélkül említjük az OMMI által kezdeményezett géngyűjteményt (*Bényi Sándor*, Fadd és Tolna, mintegy 1200 genotípus) és az ERTI kezelésében álló

gyűjteményt (Sárvár-Bajti, mintegy 300 genotípus). Mindkét gyűjtemény szaporítóanyag-forrásként hasznosul, a megtermelhető gyökeres dugvány mennyisége évi több százezres szinten mozog, a kisebb helyi anyatelepek kapacitásával akár milliós szintre is emelhető. A vizsgált és igazolt szaporítóanyag tehát rendelkezésre áll az erdősítésekhez. Azonban a programban résztvevő szakemberek eltérő érdekeltsége – sajnos sokszor rajtuk kívülálló vagy rájuk kényszerített okok – miatt a csemetekerti szakasztól kezdődően az erdősítések javasolt kivitelezése, ápolása, fenntartása, esetleg a nagyméretű, összefüggő tömbök kialakítása, természetvédelmi kezelése vagy éppen genetikai monitoringja nem működik zökkenőmentesen. Ugyan az elmúlt évtizedben elért eredmények büszkeségre adhatnak okot, elégedettek nem lehetünk egy 70-80 százalékosan, apró hiányosságokkal működő rendszerrel. A természet már sokszor bizonyította, hogy az ember által jelentéktelennek minősített, apró részletek (is) okozhatnak vészhelyzetet, természeti katasztrófát. Hogy sikerül-e a fekete nyár faji identitását és természetes állományait megőriznünk az utókor számára, tehát leginkább rajtunk, (szak)embereken múlik.

Helyreigazító

Sajnálatos módon az áprilisi számban a „Gondolatok egy kiállítás kapcsán” c. írásból (130. oldal) egy mondat kimaradt. Helyesen:

„A fentiek mellett számos kép emlékezetembe idézte Majer professzor úr Erdősztétika című előadássorozatát és „Az erdő poézise” című antológiájának (az OEE gondozásában 1993-ban jelent meg) verseit, képeit. Mág csodálattal és meghatódottsággal gondolok vissza Tóni bácsira, aki az erdő biológiai működésének alapos megismertetésén túl a mérnökjelölteket már az 1960-as években a festészet, költészet és zene irányába is terelgette.”

* * *

Az Erdészeti Lapok főszerkesztőjének a figyelmét is elkerülhetik olykor a lapban megjelenő cikkek elírásai, de azért a 2004. év márciusi számában a 76. oldal közepén leírtak szemet szúrhattak volna. A középső oszlop első bekezdésének végén arról tájékoztatják az olvasókat, hogy: „... a második világháborút lezáró trianoni békediktátumig.”

Mindig szomorúan veszem tudomásul, hogy szakfolyóiratunkban is téves

Irodalmi források

Bordács, S., A. Borovics, I. Bach [2002]: Genetic diversity of natural populations and gene bank of Black Poplar in Hungary. In: van Dam, B.C., and S. Bordács ed.: Genetic diversity in river populations of European Black Poplar. (Implications for riparian ecosystem management,) Csiszár Nyomda, Budapest 2002. p. 93-106.

Bordács S., Borovics A. [2002]: Fekete nyár. In: Mátyás Cs. szerk.: Erdészeti – természetvédelmi genetika. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2002. p. 352-356

Borovics A., Gergác J., Bordács S., Bach I., Bagaméry G., Gabnai E. [1999]: A fekete nyár génmegőrzésben elért eredmények Erdészeti Kutatások. 89., 135-148.

Gergác J., Borovics A. [1998]: A fekete nyár génmegőrzési alapelvei. In: Bach I.-Bordács S.-Mátyás Cs.(szerk.): Az erdei fás növények génmegőrzési alapelveinek kidolgozása. Kézirat. Budapest, 1998. 78-82.

F. Lefevre, S. Bordács, J. Cottrell, K. Gebhardt, M.J.M. Smulders, A. Vanden Broeck, B. Vornam, B. van Dam [2002]: Recommendation for riparian ecosystem management based on the general frame defined in EUFORGEN and results from EUROPOP In: van Dam, B.C., and S. Bordács ed.: Genetic diversity in river populations of European Black Poplar. (Implications for riparian ecosystem management), Csiszár Nyomda, Budapest 2002. p. 157-161.

adatok jelennek meg hazánk földterület művelési ágankénti megoszlásáról. Most a 80. oldal alján látható táblázatot kifogásolom.

Az Állami Erdészeti Szolgálat – bizonyára nem kis pénz felhasználásával – évenként aktualizálja az Országos Erdőállomány Adattár adatait. Eszerint az erdő művelési ágú terület (a faállománnyal borított és felújítás alatt álló területek együttes összege) 1990. január 1-én 1674 eha, 2000-ben 1773 eha, 2001-ben 1787 eha, 2002-ben 1804 eha. Nincs okom kételkedni ezen adatok helyességében. Azt viszont nem értem, hogy a KSH-hoz miért nem jutnak el naprakészen ezen információk. A KSH hibás adatait nemcsak a félretájékoztatás miatt fájjalom, hanem azért is, mert szakpolitikai nehézségeket is okozhatnak. Hogyan magyarázzuk meg mondjuk költségvetési tárgyalás során a nem szakmabelieknek, hogy a 2000–2002-es években (a maguktól újra erdőült területeket nem számítva) évenként 10-15 eha erdő telepítéséről számoltunk be és ennek ellenére a KSH adatai szerint ezen időszakban összesen 12 eha-ral nőtt az erdő művelési ágú területek nagysága.

Virágh János