

# AZ ERDŐMŰVELÉS HATÁSA A TÖLGYESEK GENETIKAI SZERKEZETÉRE

**Dr. Borovics Attila**

Erdészeti Tudományos Intézet, Nemesítési Osztály

## ***Bevezetés***

A fafajok genetikai erőforrásainak elapadhatatlanságában a tartamos erdőgazdálkodást folytatók – részben az ismeretek hiánya miatt – sokáig hittek, talán hisznek ma is. A fafajok genetikai szerkezetének feltárása azonban csak az utóbbi időben indult meg, ebből következően az elmúlt évtizedekben a genetikai erőforrások hatékony használatára csak korlátozottan kerülhetett sor. A magtermelő állományok kijelölésével kapcsolatos munkák, amelynek során fontos szempont volt a kiváló genetikai adottságú populációk védelme és fenntartása, képezték az első tudatos lépéseket ez ügyben.

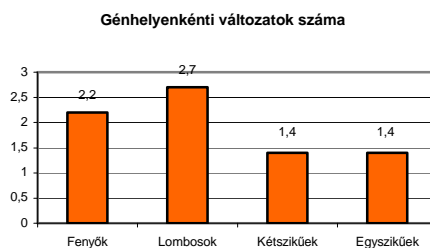
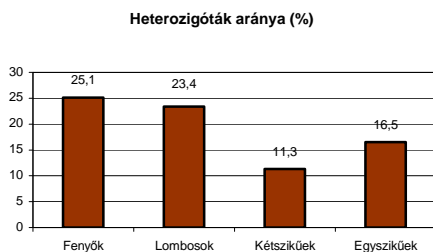
Az erdőgazdálkodás a mezőgazdasági és kertészeti termeléshez képest számos karakteres eltérést mutat, ugyanakkor a tartamosságra törekvés minden más ágazatnál fogékonyabbá teszi az erdőművelőt az alkalmazkodóképesség, az evolúciós képesség megőrzésére. A génmegőrzés szempontjából az alábbi tényezőket emelnénk ki:

### *A. Rendkívül nagy mértékű környezeti heterogenitás*

- Az ökológiai feltételeket, termőhelyi feltételeket nem tudjuk befolyásolni. Az erdőállományokra többnyire természetes környezet, azaz nagyfokú termőhelyi változatosság jellemző.
- Rendkívül változatos és gyakorlatilag kontrollálhatatlan stresszfeltételek között kell gazdálkodnunk, azaz nincs lehetőségünk kármegelőző, elhárító beavatkozásokra. Egyetlen lehetőségünk erdeink természetes védekező képességének, az alkalmazkodóképességnek felhasználása.
- A jövő feltételezett környezeti stresszfeltételeit nehezen tudjuk megjósolni, befolyásolni, azaz nagyfokú bizonytalanságra kell felkészülnünk.

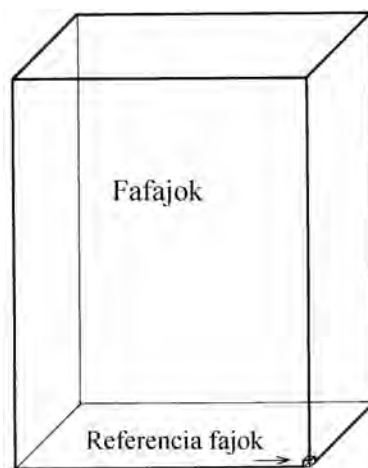
### *B. Az erdővel gazdálkodók döntő mértékben „vad” populációkkal dolgoznak*

A genetikai változatosság az erdei fás növényeknél – minden eddigi emberi hatás ellenére – lényegesen nagyobb, mint a jelen példánkban referencia növényeknek tekintett egy- és kétszikű növények esetében tapasztalt értékek.



**Európai fenyők és lombos fák valamint egy- és kétszikű fajok összevetése a heterozigóta génhelyek aránya és a génhelyenkénti allélok átlagos száma alapján**

A fenti adatokból vezethetjük le a genetikailag különböző egyedek lehetséges értékét, amely az erdei fáknál  $9,9 \times 10^{10}$  ellentétben a referencia fajoknál számított  $5,9 \times 10^4$  értékével. Azaz genetikai változatosság, amely elsősorban az egymástól eltérő utódok létrehozásának képességében mutatkozik meg, az őshonos fafajaink esetében több nagyságrenddel nagyobb, mint más, példánkban referencia növényeknek tekintett egy- és kétszikű növényeké.



*A genetikailag különböző egyedek nagyságrendjeinek összehasonlítása az erdei fáknál és a referencia fajoknál (Müller-Starck nyomán)*

Az okok magyarázatában felvetődhet a fafajok rendkívül nagy mértékű környezeti változatossága, de egy olyan szempont is, amely esetenként talán sokunkat gondolkodóba ejtett már. Ez pedig a fák életkora. Az erdei fák ugyanis más élőlényhez képest extrém hosszú életű organizmusok, akár több száz, esetenként néhány ezer évig is élhetnek. A fák és a lehetséges károsítók életciklusa között rendkívül nagy különbség van, amely a fák számára azt a veszélyt rejti magában, hogy egy-egy fa életideje alatt mutáció által rengeteg új, fertőző törzs alakul ki a rövid generációs idejű károsítók között. A fák populációi e sokféle változat ellen úgy védekezhetnek, hogy nagyszámú, genetikailag egymástól eltérő s ezért a károsítókra különböző mértékben érzékeny egyed fennmaradásáról gondoskodnak.

A fenti gondolatmenet megvilágítja az evolúciós stratégia és molekuláris módszerekkel kimutatható genetikai változatosság szoros kapcsolatát és ennek kapcsán az erdei fák speciális helyzetét. A genetikai változatosság

fafajoknál tapasztalt kitüntetett szerepe ellenére a genetika konzervációbiológiai és ökológiai jelentősége egyáltalán nem tekinthető sem közismertnek, sem elfogadottnak. Általános az a felfogás, hogy a természetvédelem és biodiverzitás-megőrzés szempontjából a faj szintű dinamika, a statisztikailag jól megragadható fajösszetétel és demográfiai jellemzők a meghatározók, ezen belül a genetikai szempontok külön figyelembevétele nem szükséges.

### ***A gyérítés okozta törzsszámcsökkentések genetikai szerkezetre gyakorolt hatásai***

Genetikai módszerekkel válik megválaszolhatóvá az egyik fő kérdés az erdőgazdálkodás hatásával kapcsolatban: az erdőművelés beavatkozásai, a természetestől eltérő szelektálási szempontjai vajon mennyiben és hogyan befolyásolják a populációk genetikai összetételét, és ami még fontosabb, alkalmazkodóképességét? A kérdező általában kimondatlanul feltételezi, hogy a „vad” állapotú populáció genetikai összetétele az alkalmazkodottság szempontjából optimális, így az erdőművelési beavatkozás akkor volna leginkább elfogadható, ha az eredeti génösszetételhez képest semmilyen változáson nem menne keresztül az állomány (populáció).

A génösszetétel változásai jellemzésére olyan géneket használunk, amelyek a populációban többféle változatban, ritkább vagy gyakoribb allélok formájában vannak jelen. Amennyiben az erdőnevelés az allélgyakoriságot a természetes (kontroll) állapothoz képest nem változtatja meg jelentősen, a beavatkozást méltán tekinthetjük természetközelinek - ha úgy tetszik, *genetikailag is tartamosnak*.

A tervezett összehasonlításhoz ezért olyan állományokra van szükség, ahol a kontroll és a kezelt populáció kora és eredete azonos, és a beavatkozások több alkalommal, hosszabb időn keresztül, ellenőrzött módon történtek. A hatvanas években hazánkban nagy számban létesült nevelési sorok erre a célra kiválóan megfelelnek és nemzetközi viszonylatban is kiemelkedően érdekes adatokat szolgáltatnak.

A következőkben egy, Kiss Rezső által létesített kocsányos tölgy erdőnevelési sor vizsgálati eredményeit mutatjuk be. A Bogdása 18/A erdőrészletben 1962-ban létesített kísérlet öt 0,25 hektáros (50 x 50 m-es) parcellát tartalmaz, amelyeket 20 m-es védősáv választ el. Az öt parcellából az alábbiakat választottuk ki a vizsgálatainkhoz:



**1. kontroll: ellenőrző, vagy más néven nullparcella**



**2. üzemi: általában közepes, kombinált (felső- és alsó rétegű) nevelővágások**



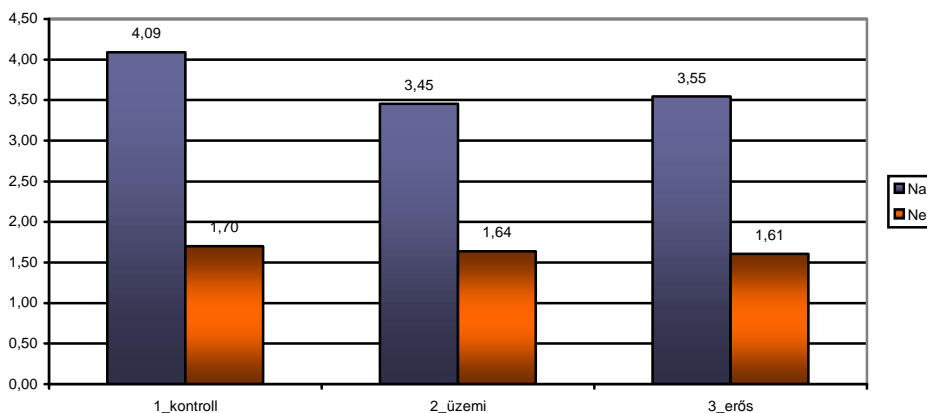
**3. erős: legerősebb gyérítési rendszerben kezelt parcella**

A parcellánként 50 egyed mintájából az ERTI sárvári genetikai laboratóriumában 13 kódoló izoenzim génhelyet (lokuszt) vizsgáltunk meg.

### *Allélgyakoriságok*

Nyilvánvaló, hogy a ritka, kis gyakorisággal előforduló allélok a legérzékenyebbek a törzsszámcsökkentésre. Így a kontroll parcellában kis gyakorisággal előforduló AP-B1, IDH-A7, MNR-A2, PGI-B1, PGM-A1, PGM-A5 allélok a kezelt parcellákból eltűntek, ill. a mintavétel elkerülte őket. A különböző kezeléseket kapott populációk egybevetéséhez az erdészeti genetikában általánosan alkalmazott statisztikai mérőszámokat alkalmaztuk. A ténylegesen talált, azaz megfigyelt allélszám ( $N_a$ ) mellett pontosabb összehasonlítást tesz lehetővé az effektív allélszám ( $N_e$ ), figyelembe veszi, hogy az allélok eltérő gyakoriságuk miatt eltérő valószínűséggel vesznek részt a párosodásban, ezért az allélikus diverzitás értékelésében realisabban ismerteti a populációk közötti viszonyokat. Az allélszám alakulása a három parcellában az alábbi ábrákon követhető nyomon.

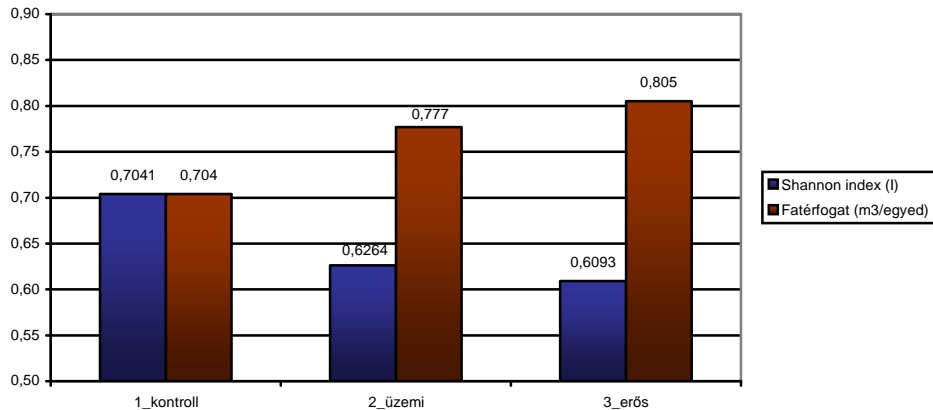
Átlagos megfigyelt allélszám és effektív allélszám kezelésenként



### **A megfigyelt allélszám ( $N_a$ ) és effektív allélszám ( $N_e$ ) allélszám alakulása a három parcellában**

Az *effektív allélszám* esetében csökkenő a tendencia nyilvánvaló a növekvő erélyű beavatkozás hatására. Tovább pontosíthatja a gyérités genetikai diverzitásra gyakorolt hatásának megértését, ha a természetvédelemben általánosan használt egyik diverzitás mutatót (Shannon index) is meghatározzuk az allélszerkezet alapján. Ennek során összehasonlításként a parcellákban megmintázott fák átlagos fatérfogatát is megadjuk.

Shannon index és átlagos fatérfogat kezelésenként



A gyérítés hatására a visszamaradó fák átlagos fatérfogata növekszik, a nagyobb növtér hatására bekövetkező erőteljesebb átmérőnövekedés következtében. Ezzel egyidőben viszont a genetikai diverzitás csökken. A genetikai adatok birtokában lehet olyan gyérítési módszereket kimunkálni, amelyek megalapozzák a minőségi fatermesztést szolgáló, de genetikailag is tartamos erdőgazdálkodást. A hosszúlejáratú nevelési kísérletek genetikai leltározásaival esélyünk lehet megválaszolni, hogy mely állománytípusban, milyen egyensúlyi állapot az, amely szolgálja a minőségi fatermesztést, de egyidejűleg a genetikai változatosságot is. Más lehet ez az állapot a génrezervátumokban, magtermelő állományokban és az elsődlegesen fatermesztési célú gazdasági erdőkben.

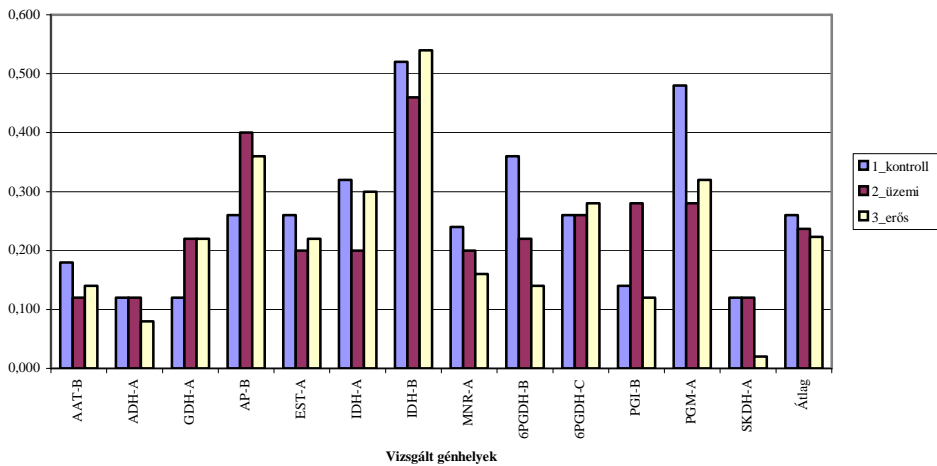
### *Heterozigócia*

Fontos kérdés az allélgyakoriságon túl, hogy a vizsgált egyedek génhelyei milyen mértékben heterozigóták, vagyis milyen a heterozigóta genotípusok részaránya. A heterozigócia csökkenése ugyanis a génkészlet beszűkülését és végső soron az alkalmazkodóképesség csökkenését indikálja. Szelekciós hatásoktól mentes populációkban a homo- és heterozigóta egyedek aránya az allélgyakoriságok függvényében alakul a Hardy-Weinberg törvény szerint. A valóságban azonban ritkán azonos a ténylegesen talált heterozigóták száma az allélgyakoriságból számítható heterozigóta aránnyal. Az eltérés — a mintavételi bizonytalanság mellett — a populációban fellépő szelekciós hatásokra utal. Az értékeket egy-egy adott génlokuszra számítjuk, de magadhatjuk az összes génlokuszon mért érték átlagát is. A  $H_{exp}$  alsó indexe (exp = expected, vagyis számított, elvárt érték) arra utal, hogy az

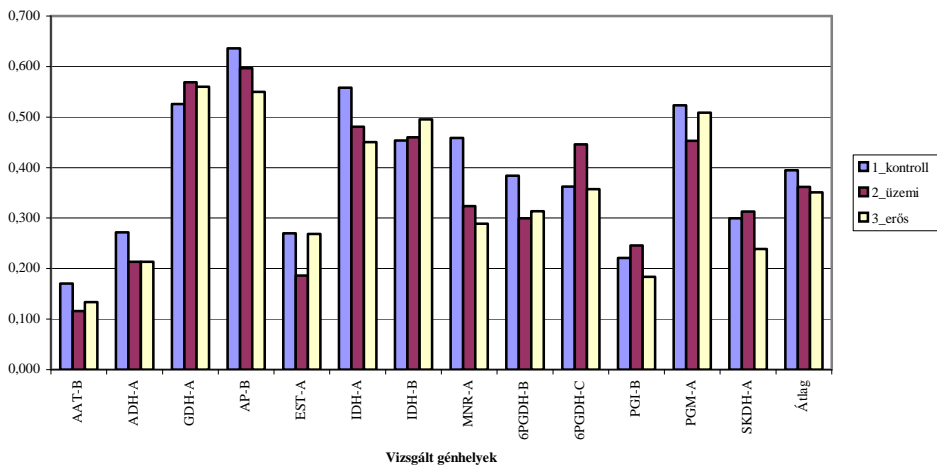
allégyakoriságok alapján a Hardy-Weinberg egyensúlyból számított érték nem szükségszerűen azonos a populációban ténylegesen megállapított Hobs (obs = observed, azaz megfigyelt) heterozigózis-értékkel. A két érték különbsége lehetőséget ad a heterozigóták gyakoriságát befolyásoló szelekciós hatások elemzésére.

A beavatkozás erélyének növekedésével a *heterozigóta egyedek aránya* átlagosan csökken, bár egyes génhelyeken lehetnek eltérő tendenciájú hatások is. A legnagyobb heterozigócia egyértelműen a kontroll parcellában található mind a megfigyelt, mind a számított értékeket figyelembe véve.

Megfigyelt heterozigócia (Hobs)



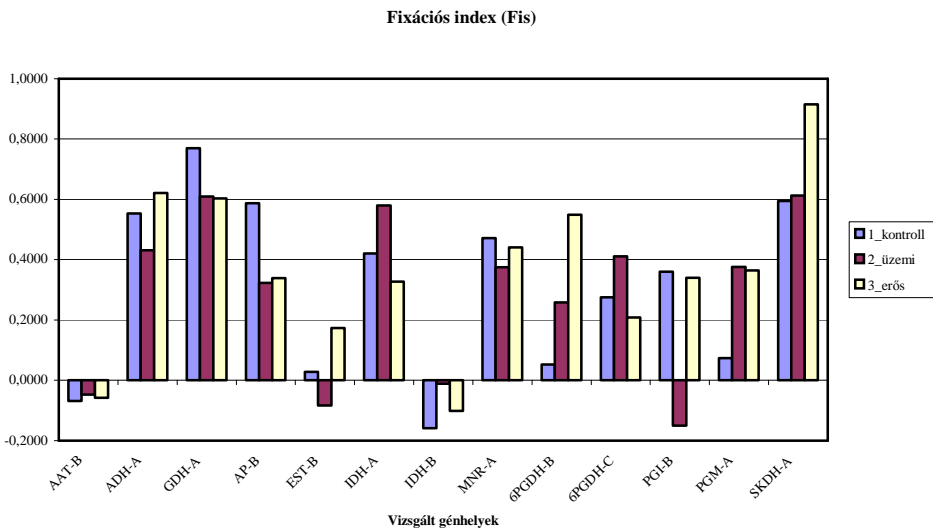
Számított heterozigócia (Hexp)



**Megfigyelt és számított heterozigóta arányok parcellánként,  
különböző génhelyen és átlagosan**

A heterozigózis-jellemzők felhasználásával számítható ki populáción belül, egyedek közötti változatosságot jellemző Fis hányados vagy más néven fixációs index. Az Fis érték a Hardy-Weinberg egyensúlytól való eltérés mértékét adják meg populáción belül. Pozitív értékek a heterozigóták hiányát, negatívak heterozigóta-többletet jeleznek. Teljes fixációt feltételezve, vagyis ha kizárólag homozigóták fordulnak elő a populációban, az Fis értéke pedig 1 lenne.

A génhelyeket külön-külön elemezve megállapítható, hogy egyes gének esetében a számított értékekhez képest hiány, mások esetében többlet mutatkozott. Hogy a heterozigóták hátránya vagy fölénye valóban összefügg-e a populációkban alkalmazott törzsszámcsökkentés módjával, ezt egyetlen kísérletsor adatai alapján egyértelműen eldönteni nem lehet, ehhez további nevelési sorok elemzésére lesz szükség. Az mindenesetre megállapítható, hogy a kontroll parcellában voltak átlagosan legkevésbé kiugró adatokat szolgáltató génhelyek, vagyis a genetikai egyensúlyt megközelítő állapot itt a legvalószínűbb.



A 6PGDH-B és SKDH-A génhelyeken az Fis értékek kiugróan magasak az erősen gyérintett parcellában, amelyek a Hardy-Weinberg egyensúlyi populációtól való nagyfokú homozigóta többletet jelentő eltérést indikálják. Ugyanakkor az EST-B és PGI-B génhelyeken a szakszerű, mérsékelt



egyedszám csökkentés eredményeképpen az üzemi parcellában heterozigóta többlet alakult ki. Itt valószínűsíthetjük, hogy a szelekció az adott génhelyre nézve heterozigóta egyedek arányának növekedésével járt. A heterozigóták általános és helyenkénti erős hiánya a beltenyésztődésre utaló jel, amely a magforrások viszonylag szűk bázisára épülő mesterséges felújításra utalhat.

### **Összefoglalás**

A kapott adatokból megállapítható, hogy *a mérsékelt, szakszerű törzsszámcsökkentés (tisztítás, gyérítés) a kontroll parcellához képest kis mértékben csökkenti a genetikai diverzitást a vizsgált KST nevelési sorban.* Ugyanakkor a modellnél erőteljesebb, *erélyes beavatkozás mind az allélszám (effektív allélszám), mind a heterozigóta egyedek aránya (számított) tekintetében kedvezőtlen hatású volt,* amely a populáció további alkalmazkodóképességének feltételeit korlátozza. Az itt bemutatott eredmények arra mutatnak, hogy a minőségi fatermesztési célokat szolgáló, szakmailag elvárható gondossággal végrehajtott, mérsékelt törzsszámcsökkentések hatása a természetes szelekciós folyamatoktól kevésbé eltérő eredményre vezetnek.