



A SZAPORÍTÓANYAG GAZDÁLKODÁS ÉS ERDŐFELÚJÍTÁS GENETIKAI SZEMPONTJAI A TERMÉSZETKÖZELI ERDŐGAZDÁLKODÁSBAN	2
BEVEZETÉS.....	2
A TERMÉSZETES FELÚJÍTÁS KONZERVÁCIÓ-GENETIKAI KÖVETELMÉNYEI	2
<i>A génáramlás hatása az újulat genetikai összetételére.....</i>	<i>2</i>
<i>Felújító bontás hatása a párosodásra.....</i>	<i>3</i>
A természetes felújítás genetikai hatásait illetően összefoglalva megállapíthatjuk a következőket:	4
<i>Gyakorlati következtetések a természetes felújítás végrehajtása szempontjából</i>	<i>5</i>
A MESTERSÉGES FELÚJÍTÁS KONZERVÁCIÓGENETIKAI SZEMPONTJAI	5
<i>A mesterséges felújításához felhasznált szaporítóanyag genetikai követelményei; az őshonosság kérdése.....</i>	<i>6</i>
<i>Az őshonos (helyi) populációk teljesítménye származási kísérletek tapasztalatai alapján</i>	<i>7</i>
GENETIKAI SZEMPONTOK A SZAPORÍTÓANYAGTERMELÉSBEN ÉS FELHASZNÁLÁSBAN	8
<i>A maggyűjtés módjának hatása a génkészletre</i>	<i>8</i>
<i>Csemetenevelés és válogatás genetikai hatásai</i>	<i>9</i>
<i>Genetikailag ellenőrzött szaporítóanyag alkalmazásának hatása a változatosságra....</i>	<i>9</i>
Irodalom	11



A szaporítóanyag gazdálkodás és erdőfelújítás genetikai szempontjai a természetközeli erdőgazdálkodásban

Mátyás Csaba¹ – Bach István² – Borovics Attila

¹NYME Környezettudományi Intézet, Sopron

²Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet, Budapest

³Erdészeti Tudományos Intézet, Sárvár

Bevezetés

Az erdei ökoszisztémák hosszú távú alkalmazkodó-képessége biodiverzitásuk megőrzésétől függ. Az állományalkotó fafajok szintjén ez a genetikai változatosság fenntartását jelenti. A genetikai tartamosság biztosítására a gyakorlatban elsősorban a szaporítóanyag és a felújítási mód megválasztása révén nyílik lehetőség (Mátyás et al. 2004). Az erdészeti irodalom a felújítással befolyásolható szukcesszióval, a termőhelyi feltételeknek megfelelően fafaj-választással részletesen foglalkozik. Tanulmányunkban ezekre a kérdésekre nem térünk ki, hanem elsősorban arra, hogy a felújulási folyamatba való beavatkozás az érintett fajok génkészletére is kihat, ezért nem nélkülözhető a (konzerváció-)genetikai szempontok alaposabb megismerése.

A szaporítóanyagok minőségét két szempontból közelíthetjük meg. Hétköznapi értelemben a „minőség” alatt a szaporítóanyag méretbeli, alakí, külső megjelenését meghatározó tulajdonságait értjük. Ennek jelentősége nagy, de megítélése szabványok és szakmai követelményrendszerek alapján viszonylag egyszerűen megoldható.

„Genetikai minőség” alatt minősített fajták esetében a fajtaazonosságot, fajtatisztaságot (és az ezáltal meghatározott fajtatulajdonságok összességét) értjük. Természetszerű szaporítóanyag-források (magtermelő állományok, származási körzetek magtermő korú állományai) esetén a genetikai minőséget a származás genetikai értéke, vagyis a szülőként szolgáló populáció átörökített változatossága által meghatározott alakí (fenotípusos) és termőhely-állósági tulajdonságok összessége feleltethető meg. A genetikai minőség ellenőrzése fajták esetében alapos vizsgálatokat igényel. Származások, populációk esetében csak molekuláris (DNS-alapú) genetikai módszerek adhatnak utólagos azonosítási lehetőséget. A genetikai minőség felügyeleti-bizonylatolási szavatolására jöttek létre a szaporítóanyag-minősítési rendszerek.

A természetes felújítás konzerváció-genetikai követelményei A génáramlás hatása az újulat genetikai összetételére

Tekintettel arra, hogy az erdei fajok zömmel szélporzók, a migráció jelentősége a természetes genetikai mintázat létrehozásában és fenntartásában rendkívül nagy, sem a szaporítóanyag-termesztésben, sem a génmegőrzésben nem hagyható figyelmen kívül. Az állományba kívülről érkező virágpor génkészletet befolyásoló szerepéről ritkán vesznek tudomást a gyakorlatban, pedig a kutatási eredmények azt mutatják, hogy a génáramlás hatása igen számottevő lehet. Ez különösen kis létszámú populációk esetében jelentős, amint azt a következő példa mutatja:

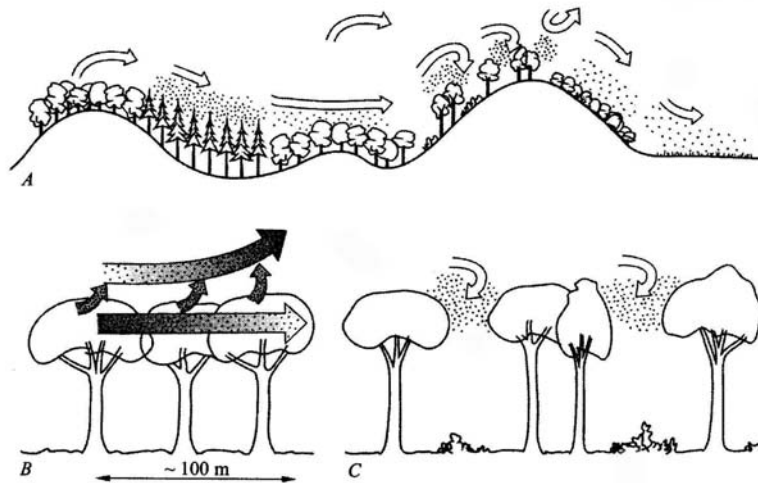
Dow és Ashley (1997) egy 5 hektáros, a szomszédos erdőktől szigetszerűen elkülönülő, vegyes korú *Quercus macrocarpa* állományban végeztek teljes körű felmérést az állományon belüli és a kívülről érkezett génáramlás kimutatására. Három kiválasztott anyafa utódait



vizsgálták, keresve a pollen donorokat, azaz a himivarú szülőket. Az állományban mintázott lehullott makkok és különböző korú csemeték adatai magas, 60%-ot közelítő arányban jelentős külső eredetű génáramlást mutattak. Az utódgeneráció 32%-ánál mindkét szülőt, 62%-ánál csak az egyik szülőt sikerült megtalálni az állományban, míg 6% esetében egyik szülő sem volt ismeretes. Az összes élő utódot elemezve mindössze 4 anyafa adta az utódok mintegy 80%-át úgy, hogy az egyes évjáratokban is hasonló arányokat képviseltek.

Természetes körülmények között tehát az újulat döntő hányadát a bőven termő, azaz magas reprodukív fitneszű egyedek szolgáltatják, amelyek száma és aránya évente is erősen változik. Ebből következően minél jobban elnyújtott felújítási időszakokkal lehet minél több egyed bevonni a következő generációk genetikai bázisának kialakításába.

Az a körülmény, hogy az állományon belüli génáramlás bizonyíthatóan csak kis távolságon belül hatékony (Starke, 1996), ugyanakkor pedig az idegen eredetű pollen jelentős arányban résztvesz a termékenyítésben, csak látszólag ellentmondás. A beporzásban résztvevő szomszédági pollen a koronaszinten belül uralkodó áramlási viszonyok szerint mozog. A virágpor a lombzat szűrő hatása miatt horizontális irányban csak kis távolságra képes terjedni. Ugyanakkor a távolsági pollenszállítás akadálytalanul haladhat nagyobb magasságban, majd a felületi érdességtől függően ülepszik (szedimentálódik) az állományban (1. ábra).



1. ábra. Helyi és távolsági génáramlás közötti viszony. Az idegen eredetű, távolsági pollenszállítás akadálytalanul haladhat nagyobb magasságban, majd a felületi érdességtől függően ülepszik az állományban; B. Állományon belüli pollenmozgás 100 m távolságig számottevő; C. A távolsági pollen ülepedése a lékek környékén a legerősebb (Mátyás, 2002)

Felújító bontás hatása a párosodásra

Természetes felújításokban végzett genetikai vizsgálatok általában igazolják, hogy a hagyásfák távolsága és térbeli elhelyezkedése a párosodás feltételeit, és ezzel az utódnemzedék génkészletét befolyásolja. Az egyenletes bontás inkább a szomszédokkal való párosodásnak kedvez, míg lékekben heterogénebb génkészlettel rendelkező újulat található. Ennek magyarázata feltehetőleg a távolsági pollent szállító légáramlatokban keresendő: a nagyobb felületi érdességű felújítógágás erőteljesebb turbulenciát – ezzel együtt hatékonyabb pollenkeveredést – eredményez.

Starke (1996) tíz izoenzim-rendszer vizsgálata alapján bükkösökben elemezte a felújítógágás hatását a magtermés és az újulat génkészletére. Kontrollként egy kiritkult, túlkoros állományfolt szerepelt, amelyet lucfenyvesek vettek körül.



Génkészlet-változás a felújulás során idős bükkösökben

	Minta eredete	Lékes felújítás	Ernyős felújítás	Túltartott állomány
Erdőrészlet területe (ha)		8,17	2,07	1,40
Törzsszám felső koronaszintben (db)		1628	103	99
Kor (év)		150	150	250<
Átl. allélszám lokuszonként	áll.	3,1	2,6	2,3
	újul.	3,0	2,5	2,5
	magt.	2,9	2,9	3,1
Elméletileg lehetséges genotípusok diverzitása (V_{gam})	áll.	53,2	45,8	61,9
	újul.	52,3	41,0	59,5
	magt.	58,2	52,8	61,2

Megjegyzés: az adatok 10 polimorf génhely vizsgálatából származnak. A felújítóvágás után visszamaradó anyaállományt (áll.), 3 évvel későbbi újulatát (újul.) és a bontást követő év magtermését (magt.) mintázták meg (Adatok forrása: Starke 1996)

Az adatok értelmezésekor figyelembe kell venni, hogy a makktermés és az újulat genetikai összetétele nem azonos párosodási feltételek eredménye. Az újulat még a bontás előtti párosodási viszonyok tükré, míg a makkok génkészlete már a bontással megváltoztatott beporzási viszonyokat indikálja. A túlkoros állomány genetikai elszegényedését a lokuszonkénti átlagos allélszám (2,3) jelzi. Ugyanakkor a kisméretű ernyős felújítóvágás egyedei is kevesebb allélt hordoznak a lecsökkent egyedszám miatt, mint a nagy területű lékes felújítás. A három erdő részletben begyűjtött makkok allélszáma viszont kiegyenlített, ami erőteljes génáramlásra utal. Különösen feltűnő ennek jótékony hatása a túlkoros, területileg izolált állományban.

Az újulat genetikai változatossága a lékes felújítóvágásban kiugróan magas. Az erős génáramlás mellett ehhez a nagyméretű lékekben kialakuló erősen differenciált mikroklímikus viszonyok is hozzájárulhatnak. A talált allélkészlet alapján elméletileg lehetséges genotípusok diverzitása különösen jól érzékelteti a génáramlás génkészlet-növelő hatását, leginkább a túlkoros erdő részletekben.

Az adatok nemcsak a génáramlás diverzitásnövelő hatását szemléltetik, hanem egyúttal azt a tényt is, hogy ebből adódóan az állomány magtermése genetikailag nem azonos az anyafák génkészletével, mivel a magtermés génkészletét a külső eredetű génáramlás gazdagítja. Az újulatban fellépő természetes szelekció a potenciális genotípusok számát természetesen ismét visszaszorítja.

A természetes felújítás genetikai hatásait illetően összefoglalva megállapíthatjuk a következőket:

1. Az adatok tükrözik a génáramlás génkészlet-növelő hatását, különösen a túlkoros, genetikailag is leromlott erdő részletekben.
2. Az állomány magtermése genetikailag nem azonos az anyafák génkészletével.
3. Az újulat genetikai változatossága a lékes felújítóvágásban kiugróan magas.
4. Az újulatban fellépő természetes szelekció az egyedszámot drasztikusan csökkenti, gyors alkalmazkodási folyamat zajlik le.
5. A szelekciós erők folyamatosan változtatják az allélszerkezetet a külső hatások függvényében.



Gyakorlati következtetések a természetes felújítás végrehajtása szempontjából

A természetes felújítás az a munkafolyamat, ahol a diverzitást faji és genetikai szinten egyaránt legerőteljesebben lehet befolyásolni. Többféle felújítási mód párhuzamos alkalmazása, a felújítás időbeni széthúzása jótékony hatású a genetikai változatosságra.

A természetes felújítás módjának kiválasztásakor genetikai szempontból figyelembe kell venni a szülőnemzedék egyedszámát és magtermőképességét annak érdekében, hogy az utódnemzedék létrehozásában résztvevő egyedek számát ne csökkentsük a szükséges minimum alá, és elkerüljük a beltenyésztést.

Különös figyelmet érdemel a természetes felújítások során visszahagyott magtermő fák száma és minősége. A felújulás egyfajta *"palacknyak-effektussal"* járhat, amennyiben a felújítás kezdetére kisszámú, gyenge genetikai adottságú anyafát hagynak vissza.

Amennyiben a bontást a magtermés megjelenése, ill. az újulat felverődése után hajtjuk végre, a faállomány összes egyede elvileg részt vehetett az újulat létrehozásában. Mivel ismeretes, hogy az egyes fák részvétele a párosodásban (vagyis hím- és nővirágzásának intenzitása és fenológiai időzítése) évről-évre változó, ezért kedvező hatású, ha az újulatban minél több évjárat képviselteti magát.

A természetes felújítási módok közül az újulatban nagyobb géndiverzitást idéznek elő azok a bontási módok, amelyek erőteljesen tagolják a koronaszintet és erős légköri turbulenciát eredményeznek, így pl. a kulisszás és lékes felújítás, míg az egyenletes, óvatos bontás a szomszédok párosodását segíti. Általában, az újulatra ható szelekciós erők diverzifikálása érdekében minél változatosabb, mozaikos állománystruktúrát kell létrehozni.

A mesterséges felújítás konzervációgenetikai szempontjai

Bármennyire is kedvezőnek tűnhet a természetes felújítás alkalmazása, számos ok vezethet mesterséges, vagy részben mesterséges felújítás alkalmazásához természetközeli erdőgazdálkodás ill. védett terület kezelése során is. Néhány ok a következő:

- *beékelve oda nem illő, esetleg idegenhonos fafaj állománya vagy ültetvénye található, amelynek felváltása tervezett;*
- *a felújításra tervezett faállomány fafaja őshonos, de nyilvánvalóan idegen származású, vagy genetikailag leromlott;*
- *a faállomány elegyessége hiányos, több faj visszatelepítése szükséges;*
- *a helyi termőhelyi feltételek, vagy egyéb okok miatt (pl. erős vadkár) a természetes felújítás nem hajtható végre eredményesen;*
- *a megkezdett felújítás eredménytelen (pl. aszálykár miatt), és a terület elgyomosodása megelőzésére kell mesterséges módszerekhez folyamodni.*

Az erdészeti szaporítóanyag termesztése, forgalmazása és felhasználása azon fajok esetében is genetikai szempontokon nyugvó szabályozást igényel, amelyeknél a termesztés nem fajtákra épül. Ennek során törekedni kell arra, hogy a regionálisan kialakult adaptív genetikai mintázatot megőrizzük, ill. helyreállítsuk. Ennek okai az ökológiai genetikai kutatás eredményei alapján nyilvánvalóak. Kiemeljük a következőket:

- *a természetközeli gazdálkodásban felhasznált növényanyag genetikai homogenizálása nem kívánatos;*
- *kísérletileg is igazolható, hogy eltérő ökológiai feltételek mellett eltérő genetikai összetételű populációk képviselik az optimumot;*



- a helyi, őshonos populációk alkalmazkodottságának megőrzése adaptívan egységes körzetek szintjén valósítható meg mesterséges felújítás alkalmazása esetén.

A mesterséges felújításához felhasznált szaporítóanyag genetikai követelményei; az őshonosság kérdése

A genetika szempontjait is figyelembevevő, természetközeli gazdálkodást az erdőművelési szakemberek nagy része általában a következő három alapelvre épülve látja:

- a fajon belüli genetikai struktúra a termőhelyi feltételeknek megfelelően ökotípusos változatosságot mutat;
- a természetes állapotú populációk az adott termőhelyi feltételekhez optimálisan alkalmazkodtak;
- a génkészlet átörökítése során (azaz a természetes felújulás révén) a populáció génállományát az utódnemzedék változás nélkül magában hordozza.

Fentiek alapján nem kérdés, hogy *a genetikai tartamosságot szem előtt tartó erdőművelés elsősorban a helyi autochton¹ populációk génkészletével kell gazdálkodjon, és ennek különösen a védett területeken kell érvényt szerezni.*

Az őshonosság jelentősége a fajon belül érvényesülő genetikai divergencia (= populációk között kimutatható diverzitás) mértékének függvénye, amely a szelektív erők és a génáramlás dinamikus egyensúlyaként alakul ki. Amennyiben a *szelektív hatások vannak túlsúlyban*, elvárható, hogy a fajon belüli genetikai differenciáltság követi a termőhelyi feltételeket, azaz klínek vagy ökotípusok alakulhatnak ki.

Ugyanakkor, ha *a génáramlás kiegyenlítő hatása hatékonyabb*, mint a (termő)helyi szelekció, a helyi differenciáltság mértéke csökken. Ez esetben az őshonosnak tekinthető populációk köre lényegesen nagyobb, fajtól függően akár 100 km-es térséget is átfoghat.

Genetikai értelemben őshonosságról nem beszélhetünk már, ha a faállomány őshonos populációkból szelektált klónokat tartalmaz, kivéve a *szintetikus populáció* esetét, amikor a megfelelően megválasztott és elegendő számú genotípusok együttese szabadon párosodó kollektívumot, azaz genetikai értelemben vett populációt alkot. *Ideálisan a szintetikus populációban foglalt genotípusok száma el kellene érje a legkisebb életképes populáció beltenyészési jellemzők alapján számított egyedszámát.* Az ismertetett elvek gyakorlati alkalmazásának példája a feketenyár génmegőrzésével kapcsolatos tevékenység, amelynek során az első visszatelepítések is megtörténtek már a genetikailag ellenőrzött példányokból álló szintetikus populációkkal (B. C. van Dam 2002).

Az őshonosság kérdését evolúciobiológiai szempontokból szemlélve, az „optimális alkalmazkodottság” kérdésében néhány megszorítással kell élnünk. Ugyanis a termőhelyi alkalmazkodás hatékony kialakulását többféle hatás korlátozza (vagyis nincs tökéletesen alkalmazkodott populáció):

- evolúciós hatások: az evolúció kaotikus jellegéből adódóan;
- párosodás, átörökítés módjából adódó hatások: a tulajdonságok poligénikus jellege, a heterozigóta fölény, kapcsoltság, cserearány hatások stb. miatt;
- ökológiai hatások: a környezet heterogenitása, az ökoszisztémák biológiai komplexitása folytán;
- antropogén hatások: az erdőművelési beavatkozások pozitív vagy negatív következményei miatt.

¹ Autochtonnak, azaz őshonosnak az a természetközeli állapotban előforduló populációkollektívum tekinthető, amely az adott körzetben elegendően nagyszámú generációban újult fel ahhoz, hogy alkalmazkodottnak legyen tekinthető.



Az őshonos (helyi) populációk teljesítménye származási kísérletek tapasztalatai alapján

Az az erdőművelési gyakorlatban elfogadott megállapítás, hogy a helyi populációk alkalmazkodtak a legjobban a helyi ökológiai feltételekhez, elsősorban a származási kísérletek adatai alapján ellenőrizhető.

Az adatok azt mutatják, hogy gyakorlatilag minden kísérletben a helyi származások a jó teljesítményű populációk között vannak, de *korántsem mindig a legjobbak*.

A helyi származások alulmaradása a fenotípusosan stabil, idegen eredetű populációkkal szemben általánosan megfigyelhető a származási kísérletekben. A kísérleti helyszínhez közeli „őshonos, helyi” populációk egyértelmű fölénye viszont az alábbi két esetben észlelhető:

1. Azokban a kísérletekben, amelyek eleve a faj genetikailag kiemelkedő adottságú övezetében fekszenek, ahol a helyi populációkat nagymértékű fenotípusos stabilitás tünteti ki (tehát eleve genetikailag kiemelkedő populációkról van szó, amelyek más területre telepítve is megőrzik kiváló teljesítményüket).
2. A „helyi” származások fölénye olyan kísérletekben is jól érzékelhető, ahol a termőhelyi feltételek, a helyi ökológiai viszonyok szélsőségesek. Ilyen típusú kísérleti helyszíneken a „helyi”, jól alkalmazkodott populációk mellett aránylag kis számú származás mutat jó teljesítményt.

Ugyanakkor a helyi származások lemaradását, és sokszor nagyon távoli származások jó szereplését észleljük különösen azokon a kísérleti területeken, ahol izolációs és drift-hatások miatt (pl. az área peremén) a helyi populációk genetikailag elszegényedtek.

A fentebb ismertetett kísérleti eredmények alapján kijelenthetjük, hogy *az őshonosság értéke, illetve jelentősége nem minden esetben azonos, hanem azt a termőhelyi viszonyok és a populációk genetikai minősége is relativálhatja*.

Ezek alapján a minél közelebbi, a termőhelyhez jól alkalmazkodott autochton populációk szaporítóanyagának felhasználása akkor indokolt különösképpen, ha a termőhelyi viszonyok a faj(ok) szempontjából kedvezőtlenek, szélsőségesek.

Kedvezőtlen adottságú területek felújításánál tehát különösképpen ragaszkodni kell a lehetőleg közeli, ekvivalens élőhelyről származó, genetikailag jó minőségű szaporítóanyaghoz.

Az átlagosnál jobb adottságú termőhelyeken nincs különösebb indok arra, hogy az őshonosság fenti meghatározásában szereplő adaptívan egységes körzeteknél² szűkebb, szigorúbb követelményt támasszunk a szaporítóanyag származást illetően. Az adaptívan homogén körzeteknek az erdészeti gyakorlat származási körzetei felelnek meg. Jobb termőhelyeken tehát, amennyiben nem áll rendelkezésre megfelelő, a közvetlen környékből származó szaporítóanyag, elegendő a szaporítóanyag-rendeletben meghatározott származási körzetek betartása. Ezen belül törekedni kell a körzeten belüli legjobb, őshonosnak feltételezhető állományok (elsősorban génrezervátumok, magtermelő állományok) továbbszaporítására, mert ezzel a génmegőrzés feladatának is eleget teszünk.

A helyi populációk értéke, felújításban való felhasználása viszont mindazon esetekben vitatható, ahol genetikailag leromlott, gyenge minőségű populációról van szó.

Ezek a szempontok természetesen inkább a fatermesztőt foglalkoztatják, míg a természetvédő az őshonosság szempontjából előtérbe helyezhet olyan tulajdonságokat, amelyeknek csekély adaptív jelentőség tulajdonítható, pl. ritka allélokkal rendelkező

² Adaptívan egységes körzet alatt azt a populációkollektívumot (erdőállományok összességét) értjük, amelyen belül a populációk alkalmazkodottsága számottevően nem tér el, és feltételezhető, hogy génkészletük hasonló (Mátyás, 2002).



populációk, vagy valamilyen morfológiai tulajdonság meglétét stb. Az őshonosság kérdésének eldöntésében tehát a stratégiai célkitűzések is szerepet kapnak.

Genetikai szempontok a szaporítóanyagtermelésben és felhasználásban

Az erdészeti szaporítóanyag-felhasználás nem nélkülözheti a genetikai alapelvek figyelembevételét. Ennek okai a következők:

- Egy olyan termesztési folyamat során, amely akár egy évszázadig eltarthat, alapkövetelmény, hogy a szaporítóanyag minősége a termőhelyi feltételeknek optimálisan megfeleljen;
- Az erdőgazdálkodás extenzív jellege miatt az emberi beavatkozás, a korrekció lehetősége korlátozott: a termesztés biztonságát maga a növényanyag kell szavatolja;
- A védett területeken az erdőállományokat természetközeli módon kezelik, ami azt jelenti, hogy a természetes genetikai változatosság megőrzése a gazdálkodás során is követelmény.

A szaporítóanyag-gazdálkodást úgy kell irányítani, hogy az eredeti földrajzi genetikai mintázatot lehetőség szerint fenntartsuk, illetve helyreállítsuk.

A mesterséges felújítás azon eseteit, amikor helyi szaporítóanyagot használnak fel, makkvetés ill. magvetés formájában, a természetes felújítással genetikailag egyenértékűnek kell tekintenünk. A sarjzartatás esetében a helyzet hasonló, hiszen a sarjak a szülőnemzedék génkészletét, pontosabban: genotípusait viszik tovább (bár meg kell állapítani, hogy a sarjadási képesség eltérései miatt a génkészlet módosulása valószínűsíthető). Ültetés esetén a szaporítóanyag forrásának megválasztása dönti el a felújított faállomány génkészletét, genetikai minőségét.

A maggyűjtés módjának hatása a génkészletre

A gyenge magtermésű években gyűjtött magtételek, ill. az ekkor létrejövő újulat nemcsak mennyiségében és minőségében marad el a jó magtermő évektől, hanem génkészletét tekintve is, hiszen a párosodó egyedek száma lecsökken, a populáción belüli és populációk közötti génáramlás gyenge.

A magtermés nagyságától, a gyűjtés mértékétől függően az egyes években gyűjtött magtételek nem teljesen azonosak azonos maggyűjtési egységen belül. Nem ritkaság, hogy genetikai vizsgálatok során szignifikáns eltéréseket állapítanak meg a magtermés-évjáratok között.

A begyűjtésre kiválasztott fák száma elsősorban olyan fajok ill. populációk esetében játszik fontos szerepet, ahol nagyszámú ritka allélra lehet számítani. Egy vörösfenyőn végzett modellvizsgálat során megállapították, hogy 5 egyed begyűjtése a lehetséges genotípusok mindössze 50%-át reprezentálja, míg 20 egyed magtermése már 80%-ot (Konnert, Behm 1999 in: Máttyás 2002).

Az ökonómiai és technológiai szempontok mellett tehát a genetikai megfontolások is amellettszólnak, hogy magot gyűjteni jó magtermésű években kívánatos. (Ez érvényes a természetes felújításra is.) Emellett a következő szempontok figyelembevétele szükséges:

- A szaporítóanyag gyűjtés olyan állományokra korlátozódjon, ahol az egyedszám a beltenyésztés lehetőségét a minimumon tartja. Lehetőleg minél több egyedről (minimum: 20 fa) kell magot gyűjteni, az erdőrészlet egész területén elosztva;



- Egy-egy körzetben több állomány egyidejű gyűjtése kívánatos, ugyanígy a különböző gyűjtési évek magkészletének elegyítése célszerű (ha ezt minőségi okok nem akadályozzák).
- A vetőmag hosszú idejű tárolása nemcsak a csírázóképeség, hanem a génkészlet romlása miatt sem javasolt.

Csemetenevelés és válogatás genetikai hatásai

A csemeteállomány genetikai összetétele a csemetenevelési módszerével összefüggésben van. Extenzív termesztés mellett más genotípusok jutnak előnyhöz, mint pl. fólia- vagy üvegházban, homogenizált termesztési körülmények között. A termesztési feltételek és a szaporítóanyag genetikai összetételének összefüggését bükk csíracsemeték esetében sikerült bebizonyítani (Ziehe et al. in: Mátyás, 1999).

A csemetetermesztést a génkészlet minél változatosabb fenntartása érdekében célszerű az alábbi alapelvek szerint megszervezni:

- a vetést célszerű lenne a mag méret szerinti osztályozása után, elkülönítve végezni;
- a természeteshez közelálló szelekciós hatások érdekében a csemetekert ökológiai feltételei ne legyenek túl mesterségesek (optimális a szabadföldi csemetenevelés, kisméretű erdei kertekben);
- mesterséges (vegyszeres) kezelések korlátozása ajánlatos;
- a csemeteméret szerinti válogatást a lehetséges minimumra célszerű korlátozni.

Genetikailag ellenőrzött szaporítóanyag alkalmazásának hatása a változatosságra

Speciális kérdés a klónozott szaporítóanyaggal létrehozott ültetvény. Létrehozása természetközeli gazdálkodás mellett, illetve védett erdőterületen csak kivételesen lehet cél (pl. feketenyár esetében), ezért a továbbiakban csak az ivaros szaporított fajokkal foglalkozunk. A variabilitás alakulására a diverzitást jellemző genetikai paraméterek (allélszám, polimorf génhelyek aránya, heterozigócia) alakulásából következtethetünk. A kérdés fontossága miatt számos fafajra készítették összehasonlításokat. A vizsgálatok természetes állapotú állományok mintáira, és a fenotípusos szelekció során kiválasztott törzsfákra, illetve az azokból létesített magtermesztő ültetvényekre vonatkoznak. Az összehasonlítás alapján megállapítható, hogy az izoenzim markerek segítségével nem mutatható ki genetikai diverzitás veszteség egyik fajban sem (eddig azonban kizárólag fenyőfélék vizsgálata történt meg), sőt a számított heterozigócia-értékek azt mutatják, hogy a szelektált populációk értékei magasabbak. Ennek a jelenségnek egyik magyarázata lehetne, hogy míg a természetes kontroll egyedek egyetlen populációból származnak, a szelektált egyedek rendszerint több populációt, így nagyobb génkészletet képviselnek.

Elvileg kockázatnövelő tényezőként jelenik meg az a körülmény, hogy a szülők száma pl. egy magtermesztő ültetvényben jóval kisebb, mint egy szelektálatlan erdőállományban. Ennek hatását azonban az első generációban mindenképpen kompenzálja a szélesebb szelekciós bázis. További kiegyenlítést jelent a génáramlás következtében jelentős mennyiségű külső pollen kivédhetetlen hatása (pollen kontamináció).

A leírtak alapján, amennyiben a fenotípusosan szelektált ültetvény magja az egyéb genetikai elvárásokat teljesíti (ellenőrzött, megfelelő származás), felhasználásra javasolható, akár védett területeken is.



Utóvizsgálattal ellenőrzött, vagyis genotípusos szelekción átesett mesterséges populációk (ún. második generációs magtermesztő ültetvények) esetében azonban már kimutatható, hogy a genetikai diverzitás csökken, ezért ezt a szaporítóanyagot inkább ültetvényes termesztésben kell alkalmazni.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy az alkalmazkodó képesség attól függ, hogy milyen nagy genetikai diverzitást hordoz a populáció. Vagyis a genetikai változatosság megléte a faj alkalmazkodóképességének elengedhetetlen előfeltétele. A környezethez való alkalmazkodást kiváltó természetes szelekció csak akkor működőképes, ha elegendő genetikai diverzitás áll rendelkezésre, amelyet alapvetően befolyásol az induló állomány egyedszáma.

A fitness-különbségek okozta mortalitás (öngyérülés) a legerősebb a felújulási szakasz első évtizedében, ahol nem ritka az 1:10.000 ~ 1:100.000 arányú megmaradás egy jó magtermés utáni években. A mesterséges felújításokban jelenleg alkalmazott csemetes szám nem teszi lehetővé fenti folyamatot, így kisebb ökológiai tűrőképességgel kell számolni, ami a gyakorlatban csökkent versenyképességet és ellenálló-képességet jelent.

A felújításhoz felhasznált szaporítóanyagot ezért nagyon körültekintően kell megválasztani. A maggyűjtést állományonként legkevesebb 20, de inkább 50-100 fáról végezzük el. A kiválasztott fák legalább 30-50 m távolságban legyenek egymástól. (Mesterséges eredetű állományok esetében ennek nincs különösebb jelentősége.) A maggyűjtésre javasolt egyedek kiválasztásánál a fatermesztési szempontok mellett (méret, törzsalak) a változatosság, pl. fenológiai eltérések megfelelő reprezentáltságát is minél nagyobb mértékben figyelembe kell venni. A csemetenevelést extenzív körülmények között kell célszerű folytatni, valamint a csemeték szelektálását lehetőleg mellőzni kell.

Törekedni kell arra, hogy a pénzügyi és technológiai lehetőségek határain belül a mesterséges felújításokban maximális csemetes számot alkalmazzunk, és azokat a vadkártól megvédjük annak érdekében, hogy a természetes szelekció hatása minél jobban érvényesüljön. Amennyiben a létrehozandó állomány célja lehetőleg minél nagyobb genetikai diverzitás fenntartása (magtermelő utódállomány, génrezervátum felújítás), úgy az üzemi csemetes számokat lényegesen meghaladó egyedszámot kell alkalmazni. Az alkalmazkodó-képesség megőrzése szempontjából, hasonló okok miatt, a közvetlen magvetést kedvezőbbnek kell ítélni, mint a csemeteültetést.



Irodalom

- Dow, B.D., M.V. Ashley 1997. Population structure and mating system of bur oak, characterised by DNA microsatellite analysis. In: Diversity and adaptation in oak species. Proc., 2nd Conf. IUFRO W. P. on Genetics of Quercus, State College, Pennsylvania, USA (1997 1–8 p.)
- B. C.van Dam (2002): EUROPOP: genetic diversity in river populations of European black poplar for evaluation of biodiversity, conservation strategies, nature development and genetic improvement. First synthesis of the project. In: van Dam, B. C.–S. Bordács (eds.) 2002 15–32 p.
- Mátyás Cs. (1999): Forest genetics and sustainability. Kluwer, Dordrecht.
- Mátyás Cs. (2002): Erdészeti- természetvédelmi genetika. Mezőgazda Kiadó, Bp.
- Mátyás Cs., Borovics A., Nagy L. (2004): A minőségi szaporítóanyag jelentősége a védett területeken lévő erdők kezelésében. Részjelentés, ERDŐ-FA projekt. Sopron – Sárvár.
- Starke R. (1996): Die Reproduktion der Buche unter verschiedenen waldbaulichen Gegebenheiten. In: Müller-Starck, G. (ed.) 1996 135–159 p.