

Alföldi Erdőkért Egyesület

KUTATÓI NAP

**TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK A
GYAKORLATBAN**

**SZEGED
2005.**

Megjelent az Alföldi Erdőkért Egyesület gondozásában,
az 2005.november 8.-án tartott Kutatói Nap előadásaiból, a nyomtatáshoz
leadott publikációs anyagok felhasználásával.

A kiadvány az FVM 51324/1/2007 sz. „Ágazati szakmai szervezetek és
képviseltek támogatása” előirányzat terhére, az Egyesület részére nyújtott
költségvetési támogatás felhasználásával készült.

Felelős szerkesztő:
Szulcsán Gábor
Kecskemét, 2007. november 30.

Kiadja: az Alföldi Erdőkért Egyesület
6000 Kecskemét, Külső-Szegedi út 135.
Tel: 76/501-601; Tel/Fax: 76/321-048
e-mail: szulcsang@freemail.hu
<http://www.aee.hu>

2005-évben Alföldi Erdőkért Emlékéremmel kitüntettek névsora

**Prof. Dr. Mészáros
Károly**

okl. erdőmérnök, tanszékvezető
egyetemi tanár

Soós Gyula

okl. erdősztechnikus

Lipóty János

okl. erdősztechnikus

Kovács István

okl. erdősztechnikus

Adorján György

okl. erdősztechnikus

A kitüntetteknek ezúton is szívből gratulálunk!

TARTALOMJEGYZÉK

	Szerző (k)	Cím	ol.sz.
Korábbi előadás javított anyaga	Somogyi Zoltán	Az erdőtelepítések szénkörforgalmának modellezése	5
Előadás	Dr. Borovics Attila	Az erdőművelés hatása a tölgyesek genetikai szerkezetére	13
Előadás	Dr. Rédei Károly–Dr. Balla Ildikó–Osváth-Bujtás Zoltán–Veperdi Irina:	Szövettenyésztésen alapuló mikroszaporítási eljárások alkalmazása az akác szelekciós nemesítésében	22
Előadás	Marosi György – Mayer Balázs	Az energetikai célú faültetvények gazdaságossága	29
Előadás	Ivelics Ramon – Takács Viktor	Erdősávok, energetikai faültetvények	42
Előadás	Kondorné Szenkovics Mariann	A 35 éves nagylózi (Soproni-dombvidék) fafaj-összehasonlító kísérlet eredményei	48
Előadás	Takács Viktor – Dr. Frank Norbert	Az erdősávok áttörtségének meghatározása: az elmúlt fél évszázad alkotásai a digitális technika lehetőségeinek tükrében	62
Előadás	Szulcsán Gábor - Cseke Klára – Dr. Borovics Attila	A vadkörték génmegőrzése – fajazonosság és diverzitás meghatározás izoenzim és DNS vizsgálatok segítségével.	71

AZ ERDŐTELEPÍTÉSEK SZÉNKÖRFORGALMÁNAK MODELLEZÉSE

Somogyi Zoltán

ERTI, Budapest

Abstract

The paper describes a country specific carbon accounting model. It was designed to allow one to estimate the amount of carbon that can be fixed in a forestry system in Hungary, including afforestations established to sequester carbon. The model uses all possible information concerning the growth of trees, silvicultural characteristics of species, and other biomass and carbon related processes that constitute the carbon cycle of the Hungarian forests and that is currently available. The structure of the model is so that it can be used for other countries with similar data structure. The use of the model is user-friendly, which is also made possible by the ample help. The help system documents, both in Hungarian and English, all the information that was used to build the model, how accurate estimates are, how to use the model, and a lot of literature on carbon and forestry related issues.

Bevezetés. A klímaváltozás és létrejöttének fő oka

A Föld légköre melegszik, s ennek okozója mi magunk vagyunk! - még 1979-ben fogalmazták meg ezt a kérdéssel foglalkozó meteorológusok. Nemsokára már a politikusokat is aggasztani kezdte ez az új keletű probléma, akik a lehető legkorszerűbb tudományos állásfoglalást igényelték. Létrehoztak hát egy nemzetközi tudományos testületet, az IPCC-t. Ennek első jelentése (IPCC, 1990) megerősítette a korábbi félelmeket: egyre gyorsuló klímaváltozás fenyeget. Az IPCC második és harmadik jelentése (IPCC, 1995, 2001) további bizonyítékokkal szolgált, sőt a klímaváltozás sebességét a korábbiaknál nagyobbra becsülte, s kijelentette, hogy a klímaváltozás leküzdése csak az egész emberiség összefogásával lehetséges.

A XX. században 0.6 ± 0.2 fokot emelkedett a Föld átlaghőmérséklete, ami a legutóbbi becslések szerint a következő század végére további legalább 1.4, legrosszabb esetben pedig akár 5.8 fokkal is tovább nőhet. A fokozódó hőség sok más kellemetlen következménnyel is együtt járhat. Így pl. hazánkban egyes helyeken jelentősen csökkenhet a (már most is kevés) csapadék, míg a Föld bármely pontján megnőhet a károkat is okozó különféle szélsőséges meteorológiai jelenségek (aszályos időszakok, tornádók, jégesők, nagy

melegek stb.) gyakorisága, és a jégtakaró elolvadása miatt oly mértékben megemelkedhet a tengerek szintje, hogy több száz millió ember lakhelye kerülhet veszélybe.

A földi klímarendszer bonyolultsága miatt egyelőre nem tudjuk megjósolni, hogy hol milyen formában fognak a klíma különböző jellemzői megváltozni, és az is igaz, hogy a klímaváltozásnak egyes helyeken (elsősorban a mostani hideg égöv egyes részein) kedvező hatásai is lehetnek. Összességében azonban a klímaváltozás több kockázatot rejt magába, mint amennyi előnnyel járhat. Minél gyorsabb a klímaváltozás, annál több lehet a ma még fel sem tárt veszély.

A klímaváltozásért elsősorban okolt szén-dioxid légköri koncentrációja ma 30%-kal több, mint két évszázada, a metáné pedig százszorosa a korábbiaknak. A szén-dioxid kibocsátás forrása először az erdőirtás volt, majd a XX. sz. elejétől a fosszilis tüzelőanyagok: a szén, kőolaj és földgáz elégetése. A légkör összetételét ezek a kibocsátások már elég jelentősen megváltoztatták, és a tudósok túlnyomó többségének álláspontja szerint a klímaváltozásnak így az emberi tevékenység a fő előidézője.

A klímaváltozás mérséklése és hatásaihoz való alkalmazkodás

Ha viszont mi idéztük elő a klímaváltozást, akkor legalább elvben tehetünk is valamit a kedvezőtlen folyamatok megfékezésére. Tudósok sokaságának felhívására, és az IPCC említett első jelentésének hatására 1990-ben az ENSZ irányításával megkezdődtek azok a tárgyalások, amelyek végül az ENSZ Klímaváltozási Keretegyezménye (UNFCCC) elfogadásához vezettek. Ezt az igen magas szintű egyezményt, melynek mára a Föld csaknem valamennyi országa (továbbá az Európai Unió is) tagjává vált, 1992-ben fogadták el, és 1994-ben lépett életbe.

Az Egyezmény fő célja az, hogy csökkenjen az üvegházhatású gázok kibocsátása. Ezt azonban leginkább csak az 1997-ben elfogadott, immár jogilag kötelező érvényű kötelezettségeket tartalmazó Kiotói Jegyzőkönyvben (Kyoto Protocol) önként vállalt korlátozással lehet elérni. E jegyzőkönyvben 37 fejlettebb ország vállalta, hogy üvegházhatású gáz kibocsátása a 2008-tól 2012-ig terjedő időszak átlagában mintegy öt százalékkal kell alacsonyabb legyen az 1990-es szinthez képest. Magyarország az 1985-87-es időszak átlagához képest 6% csökkentést vállalt.

Ahhoz, hogy az emisszió tényleges visszafogását elérjük, mindenképpen csökkenteni kell az erőművek, az ipar, a közlekedés és a háztartások kibocsátását. Emellett az is fontos – és ezt a Jegyzőkönyv lehetővé is teszi –, hogy a levegő szén-dioxid tartalmát lekössük erdőtelepítésekkel. Hazánkban az erdők területének növelése az egyetlen hatékony módja annak, hogy a többlet szén-dioxidot tartósan kivonjuk a légkörből (Somogyi, 1997, 2001). Erdősítésekkel a kibocsátás-csökkentési vállalásokhoz képest ugyanis valóban elég nagy mennyiségű szén lekötethető (Somogyi, 2000, 2001).

A Jegyzőkönyv számos további olyan intézményt és eljárást határoz meg, amelyek a kötelezettségek végrehajtását megkönnyíthetik. Ezek között itt megemlítendő két vagy több ország együttműködésének többféle lehetősége, melynek során a kötelezettségek teljesítése más országokban való beruházások segítségével valósítható meg. A Jegyzőkönyvben csak nagy vonalakban említett intézmények és eljárások részletes szabályozását az ún. Marrakeshi Megállapodás (Marrakesh Accords, 2001), továbbá az IPCC jelenleg kidolgozás alatt álló követelményrendszere (IPCC, 2003) rögzíti.

Erdősítések szénkörforgalmának modellezése

Erdősítéseket természetesen sokféle célból lehet végezni, de az egyik cél mindenképpen biomassza termelése, ill. szén lekötése lehet. Ahhoz, hogy megfelelő döntéseket hozzunk erdősítések létesítéséről, megfelelő pontosságú információkkal kell, hogy rendelkezünk. Az, hogy mennyi szén, milyen ütemben és milyen módon kötődik le egy erdősítésben, nem határozható meg könnyen és gyorsan, csak sok számolás eredményeképpen.

Jelenleg többféle modell áll rendelkezésre az egész világon, amelyek alkalmasak e sok számítás elvégzésére, s így erdősítések szénkörforgalmának modellezésére (pl. CO2FIX, GORCAM). Ezek megfelelő paraméterezése azonban nehéz lehet, mivel struktúrájuk nem feltétlenül fogad be olyan adatokat, amelyek rendelkezésre állnak az egyes országokban, így pl. hazánkban. Tekintettel arra, hogy mi nagy lehetőségekkel rendelkezünk akár szénlekötési, vagy biomassza termelési célú erdősítési programokat végrehajtására, célszerűnek látszott egy, a magyar viszonyokhoz illeszkedő modell kifejlesztése. Ez a modell, melynek neve CASMOFOR, mind struktúráját, mind paramétereit tekintve tehát mindenben a magyar viszonyokra lett kialakítva.

CASMOFOR: egy országspecifikus szénkörforgalmi modell

A CASMOFOR szó betűszó, s a modell angol elnevezésének rövidítése: "**C**arbon **S**equestration **M**odel for **F**Orestations", vagyis erdősítések szénlekötésének modellje.

Annak érdekében, hogy megbecsüljük a szénlekötés mértékét, vagy terepi mérésekre, vagy modellekre, vagy mindkettőre szükségünk van. A CASMOFOR-t akkor lehet használni, ha terepi mérések nem állnak rendelkezésünkre, vagy ha azokat nem is lehet beszerezni, pl. amikor prognózisokat készítünk. Ilyen prognózisok szükségesek pl. erdősítések tervezésekor. Azáltal, hogy a CASMOFOR lehetővé teszi, hogy gyorsan összehasonlítsunk különböző erdősítési variációkat, ill. akár egy elképzelés esetén is szolgáltat megfelelő szén-adatokat, a modell ideális döntéstámogató eszköznek tekinthető.

Ha a szénlekötést pontosan akarjuk megbecsülni, akkor arra van szükség, hogy a teljes szén ciklust modellezzük. Az erdőket és a faipart magukba foglaló rendszereken belül sok ún. szénraktár (más néven tároló) található (mint pl. a biomassa, a holt szerves anyag, a fatermékek, a talaj stb.), amiknek a széntartalmát sok folyamat növeli vagy csökkenti (mint pl. a növekedés, a mortalitás, a fakitermelés stb.). E folyamatok eredője változtatja az egész rendszer széntartalmát, mivel a rendszer ún. nyitott rendszer: képes a szén elnyelésére, de kibocsátására is.

A modell használatának legvégső célja annak megbecslése, hogy mennyi szenet von ki a levegőből, ill. mennyit bocsát ki oda a rendszer. Így a modell középpontjában nem az erdők szokásos jellemzői, pl. fatér fogata áll, hanem a különböző tárolók és folyamatok széntartalma van, vagyis az erdők és az (elsődleges) faipar szénkörforgalma. Ezért minden olyan anyagot (pl. szerves anyag), ami keresztülhalad a rendszeren, szénegyenértékre számolunk át és ebben az egyenértékben kezelünk.

Mindazonáltal az erdészeti rendszerre nagyon sokféle tároló és nagyon bonyolult folyamatok jellemzők. Ha ezekhez még hozzávesszük a tárolók térbeli dimenzióit és nagy térbeli diverzitását (a szén inhomogén térbeli elhelyezkedését), valamint a folyamatok időléptékeit (amelyek évtizedes, sőt évszázados egységekben mérhetők), akkor belátható, hogy nagyon nehéz megbecsülni a rendszer különböző részeiben található szénmennyiségek időbeli változását. Ezt a nehézséget nem kívánja elleplezni a CASMOFOR modell, amelynek célja elsősorban az erdők által megkötött szén mennyiségének prognózisa. Az erdősítések kivetelezése, és több évtizedes

fanövekedés után a ténylegesen megkötött szén mennyiségét pontosabban lehet megbecsülni pl. mintavételen alapuló mérések segítségével.

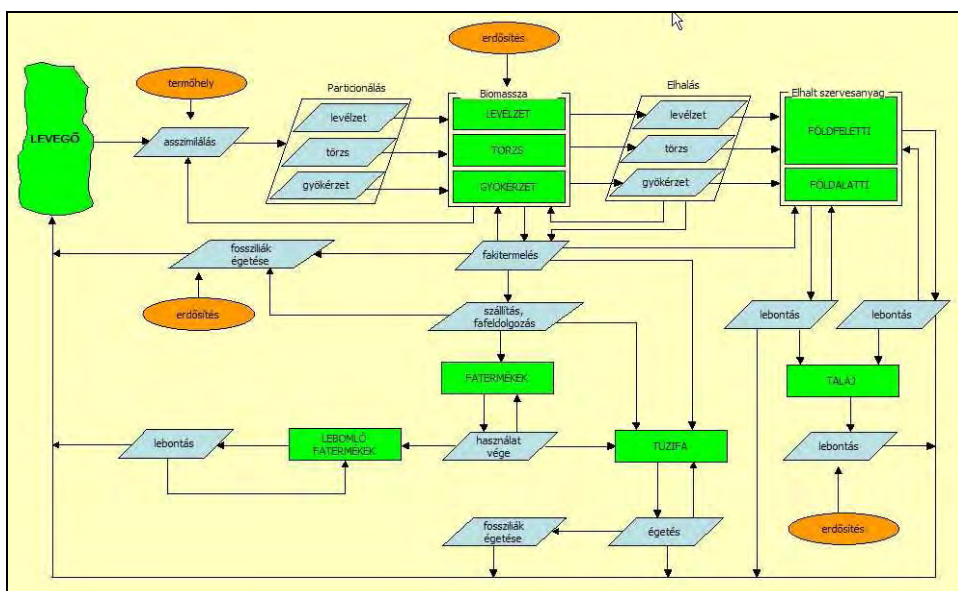
A CASMOFOR modell kifejlesztésének nem volt célja az, hogy a modell az elméletileg elképzelhető legtudományosabb modell legyen. Ellenkezőleg, a modell gyakorlatias megközelítésekkel dolgozik, amelyek révén gyakorlatias és kivitelezhető becsléseket lehet tenni, s amelyek a legfontosabb tárolókra és folyamatokra koncentrálnak, vagyis amelyekben a legtöbb szén található. Az erdősítések legfontosabb célja - szénlekötési szempontból - a szén megkötése és megőrzése középtávon, vagyis több évtizedes időtávlatban. Ezért azok a legfőbb tárolók és folyamatok a modellezés szempontjából, amelyek ebben az időtávlatban tartalmazzák a legtöbb szenet.

A fentiek miatt nem minden tárolót és folyamatot modelleztünk ugyanolyan pontossági szinttel. "Jól" modellezett folyamatok és tárolók azok, amelyeket a legrészletesebben elemeztünk és amelyekre a legtöbb adat (konstans, függvény, tapasztalati érték) áll rendelkezésre. Ugyanakkor erőfeszítéseket tettünk arra, hogy a lehetőség szerint minden olyan információt beépítsünk a biológiai folyamatok modellezésébe, amelyek rendelkezésre állnak a szakirodalomban, hogy a rendszer szempontjából legfontosabb folyamatokat olyan pontosan modellezzünk, amilyen pontosan az csak lehetséges.

Mivel a modellt úgy terveztük, hogy az felhasználható legyen a magyarországi erdősítési programok szénkörforgalmának a modellezésére, a modellben tárolt valamennyi információ magyarországi fafajokra és termőhelyi viszonyokra vonatkozik. Mindazonáltal, ha egy másik ország erdészeti rendszere (pl. gyérítési rendszer, növekedési adatok stb.) hasonló a magyaréhoz, és csak az adatok különböznek, akkor a CASMOFOR struktúráját fel lehet használni ebben az országban is, és csak az adatokat kell kicserélni, hogy a modell ott is alkalmazható legyen.

Azt is meg kell jegyezni, hogy a modell minden, az erdőben megfigyelhető folyamata a fák ültetésekor "kezdődik" és a véghasználattal fejeződik be. Semmilyen egyéb folyamatot (pl. az ültetés előtti talaj előkészítés, vagy az ültetés előtti vagy a véghasználat utáni erózió stb.), amelyek nem részei a normál, az ültetéstől a véghasználatig terjedő erdősítési rendszernek, nem vontunk a modellbe. Habár ezek között a folyamatok között lehetnek olyanok, amelyek fontos emissziós források (pl. sok szén kerülhet a levegőbe a szántás során), ezekkel a CASMOFOR nem foglalkozik.

A tipikus magyar erdészeti rendszerek szénáramlási viszonyainak (folyamatainak) és tárolóinak folyamatábráját az **1. ábra** szemlélteti.



1. ábra. A CASMOFOR folyamatábrája, ahogyan a modell futtatása során a képernyőn megjelenik, bemutatva az összes modellezett széntárolót és a szén mozgását leíró folyamatot.

A modell használatát segítő program- és információs környezet

A modell számos egyenletet (algoritmust) és számot (táblázatot, átszámító tényezőt, paramétert stb.) foglal magába. Ezek, továbbá a modell futtatásához szükséges input adatok és az eredmények kezelése csak úgy képzelhető el, hogy megfelelő programkörnyezetbe ágyazunk minden, a számításhoz szükséges információt. Ezt a feladatot MS Excel környezetben oldottuk meg. Ahhoz pedig, hogy a rendszer felhasználó barát legyen, MS Visual Basic környezetben írt programot írtunk.

Ez azonban nem elég azoknak a követelményeknek a teljesítéséhez, amelyeket a CASMOFOR-hoz hasonló modellekkel szemben, de általában is a szénlekötés (és kibocsátás) mérésével, becslésével szemben támasztanak. Alapvető elvárás az átláthatóság, az igazolhatóság, a minőségbiztosítás és minőség-ellenőrzés, valamint a bizonytalansági tényezők becslése. A modell fejlesztése során mindezekre a szempontokra nagy hangsúlyt fektettünk. Ezért is kapott hangsúlyt a modell megfelelő dokumentálása, valamint felhasználó barát környezet kialakítása.

A modell teljes dokumentálása, továbbá a program használatának segítése érdekében olyan átfogó help rendszer készült, amely tartalmazza: (1) az összes algoritmust, (2) az összes széntároló és az összes, a szénkörforgalomban lényeges folyamat leírását, (3) a felhasznált adatok jellemzését, forrását, (4) továbbá mindazt a kurrens (külföldi és hazai) szakirodalmat, amelyet a témakörben fontosnak és elérhetőnek találtunk. Emellett e help keretében megpróbáltuk jelezni a különböző almodellek pontosságát, ill. bizonytalanságát annak érdekében, hogy a felhasználó meg tudja ítélni, milyen mélységű és pontosságú az egész modell.

A teljes modell és a teljes help rendszer letölthető a www.scientia.hu/casmofoor weblapról, ill. kérésre CD-n beszerezhető a szerzőtől.

Köszönetnyilvánítás

A modell kialakítása az alábbi kutatási programok során történt:

„Szénlekötés becslésére használható modell és szoftver fejlesztése” FVM K+F kutatás (szerződésszám: 96-d/2002. – 609)

„Nemzetközi szerződéseknek eleget tevő, hazai, a klímaváltozás mérséklése céljából végrehajtott erdészeti projektek szénlekötésének becslésére szolgáló modellek kifejlesztése” KVM KAC kutatás (szerződésszám: K-36-02-00055H)

CarboInvent EU 5. keretprogrambeli kutatás (szerződésszám: EVK2-CT-2002-00157)

Hivatkozott irodalom

CO2FIX V2 2001. G.J. Nabuurs, J.F. Garza-Caligaris, M. Kanninen, T. Karjalainen, T. Lapveteläinen, J. Liski, O. Masera, G.M.J. Mohren, A. Pussinen, M.J. Schelhaas. 2001. CO2FIX V2.0 – manual of a model for quantifying carbon sequestration in forest ecosystems and wood products. ALTErra, Wageningen, The Netherlands

GORCAM: Graz / Oak Ridge Carbon Accounting Model.
<http://www.joanneum.ac.at/GORCAM.htm>

IPCC, 1990: Climate Change, The IPCC Scientific Assessment. J.T. Houghton, G.J. Jenkins and J.J. Ephraums (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 365 pp.

IPCC, 1996: Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, and K. Maskell (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 572 pp.

IPCC, 2000 (Penman et al., eds).. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Institute for Global Environmental Strategies, Tokyo, Japan

IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C.A. Johnsons (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 pp.

IPCC, 2003. Good Practice Guidance for Land-Use, Land-Use Change and Forestry. Submitted for approval by COP9. IPCC NGGIP-LULUCF Programme, 2002-2003.

Marrakesh Accords, 2001. www.unfccc.de

Somogyi, Z. 1997. Mitigation Analysis in the Forestry Sector. In: Hungarian Country Studies Team: Hungarian Climate Change Country Study. Systemexpert Consulting Ltd., Budapest, pp. 85-112.

Somogyi, 2000. Possibilities for carbon mitigation in the forestry sector in Hungary. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 4:4.296-299.

Somogyi, Z. 2001. Erdő nélkül? L'Harmattan Könyvkiadó, Budapest.

AZ ERDŐMŰVELÉS HATÁSA A TÖLGYESEK GENETIKAI SZERKEZETÉRE

Dr. Borovics Attila

Erdészeti Tudományos Intézet, Nemesítési Osztály

Bevezetés

A fajok genetikai erőforrásainak elapadhatatlanságában a tartamos erdőgazdálkodást folytatók – részben az ismeretek hiánya miatt – sokáig hittek, talán hisznek ma is. A fajok 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.

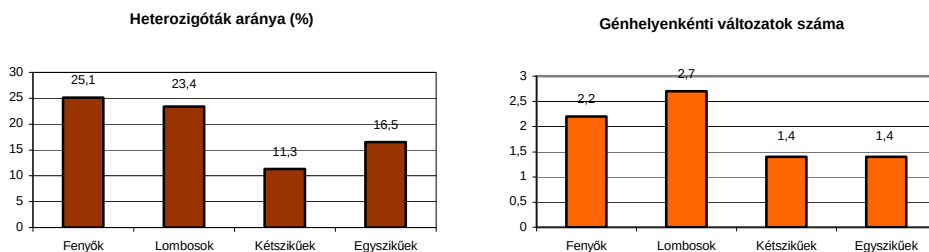
Az erdőgazdálkodás a mezőgazdasági és kertészeti termeléshez képest számos karakteres eltérést mutat, ugyanakkor a tartamosságra törekvés minden más ágazatnál fogékonyabbá teszi az erdőművelőt az alkalmazkodóképesség, az evolúciós képesség megőrzésére. A génmegőrzés szempontjából az alábbi tényezőket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

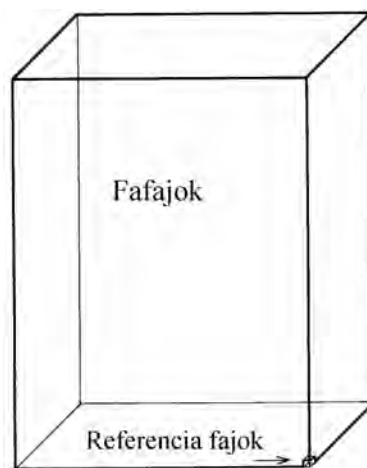
B. Az erdővel gazdálkodók döntő mértékben „vad” populációkkal dolgoznak

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

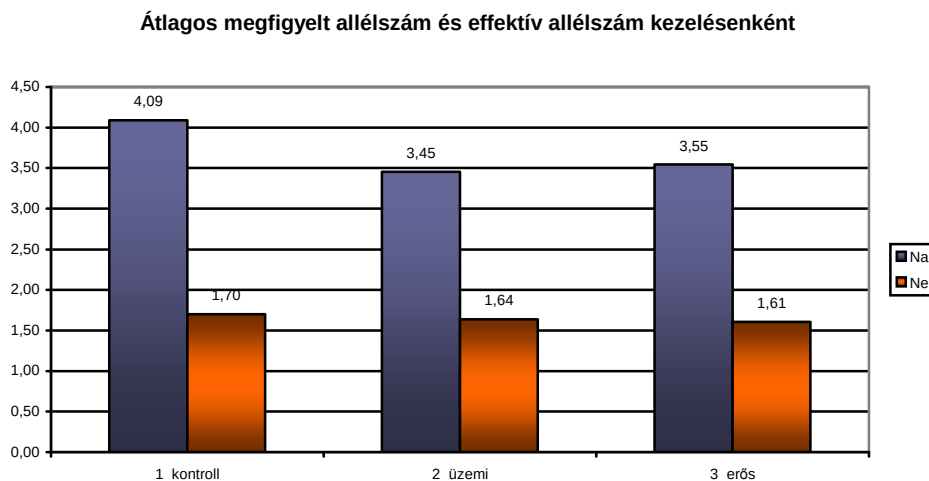


3. erős: legerősebb gyérítési rendszerben kezelt parcella

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

Allélgyakoriságok

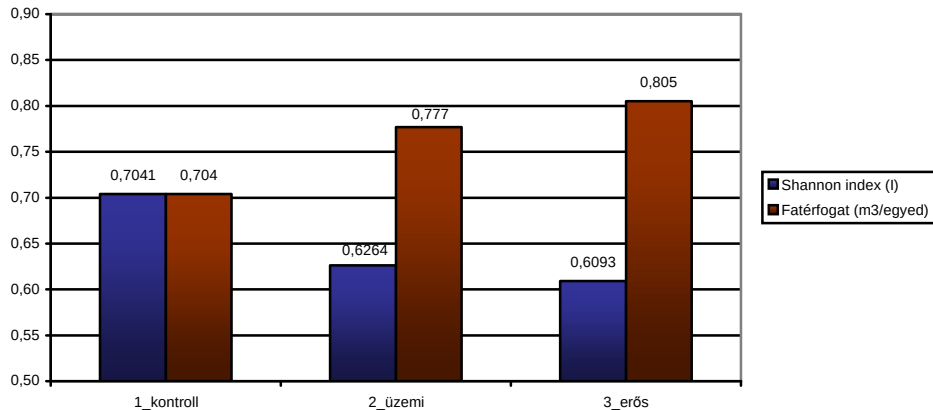
Nyilvánvaló, hogy a ritka, kis gyakorisággal előforduló allélok a legérzékenyebbek a törzsszámcsökkentésre. Így a kontroll parcellában kis gyakorisággal előforduló AP-B1, IDH-A7, MNR-A2, PGI-B1, PGM-A1, PGM-A5 allélok a kezelt parcellákból eltűntek, ill. a mintavétel elkerülte őket. A különböző kezeléseket 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 ábrakon követhető nyomon.



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 gyérítés 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 fatérfogatóját 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 hosszúlejárátú 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.

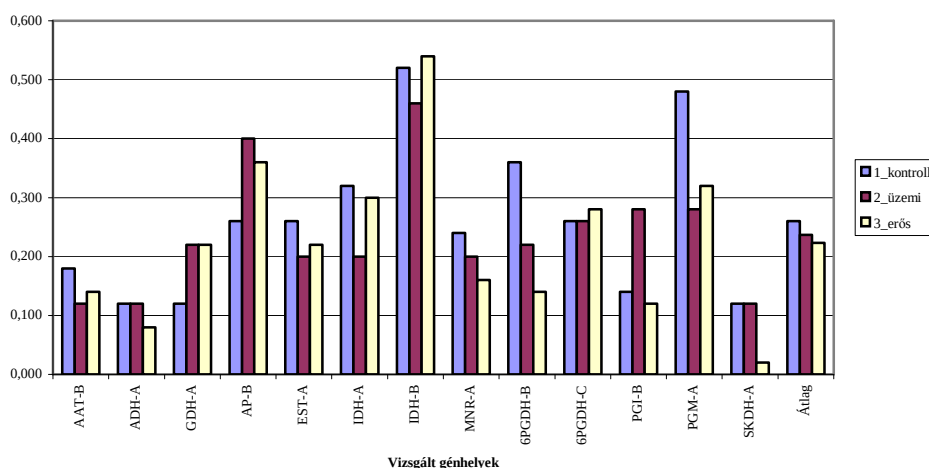
Heterozigócia

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

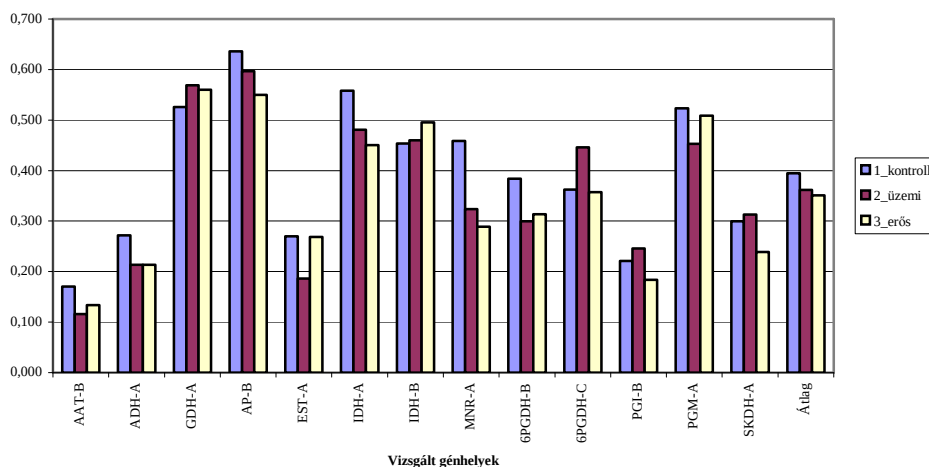
allélgyakoriságok alapján a Hardy-Weinberg egyensúlyból számított érték nem szükségszerűen azonos a populációban ténylegesen megállapított H_{obs} ($obs = observed$, azaz megfigyelt) heterozigózis-értékkel. A két érték különbsége lehetőséget ad a heterozigóták gyakoriságát befolyásoló szelekciós hatások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



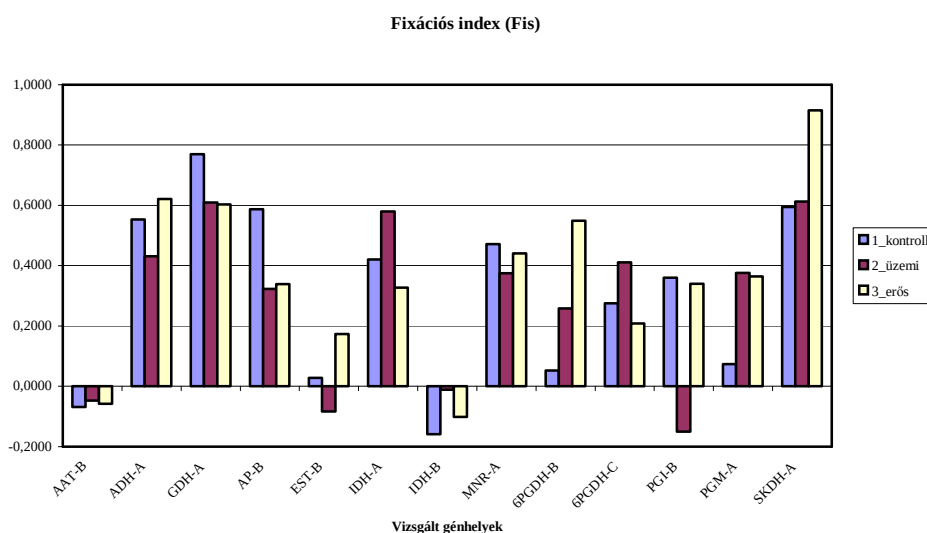
Számított heterozigócia (H_{exp})



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 gyérített 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.

SZÖVETTENYÉSZTÉSEN ALAPULÓ MIKROSZAPORÍTÁSI ELJÁRÁSOK ALKALMAZÁSA AZ AKÁC SZELEKCIÓS NEMESÍTÉSÉBEN

**Dr. Rédei Károly¹, Dr. Balla Ildikó², Osváth-Bujtás Zoltán¹, Dr. Veperdi
Irina¹**

¹Erdészeti Tudományos Intézet, Budapest

²Érdi Gyümölcs- és Dísznövénytermesztési Kutató-Fejlesztő KHT

BEVEZETÉS

A növényélettani, a kísérleti morfológiai és a szövettani kutatások területén az utóbbi évtizedekben talán a növényi szervek, szövetek és sejtek tenyésztésével érték el a leglátványosabb eredményeket. Ezzel a módszerrel egy sejtből, vagy egyetlen pollenből virágzó növényt lehet felnevelni és megoldották egyes fajok és nemzetségek közötti hibridek előállítását is. Izolált szövettenyésztéssel lehetőség van a sejtek, a szövetek anyanövénytől független, bármikor megismételhető és ellenőrizhető tenyésztésére.

A szövettenyésztés különösen azóta áll az érdeklődés homlokterében, amióta segítségével a kertészetben, majd ezt követően részben az erdészetben is lehetővé vált a nehezen szaporítható fajok (fajták) vírusmentes szaporítóanyagának vegetatív előállítása (meriklónos növénysszaporítás).

A meriklónozással rövid idő alatt, kis helyen, nagy mennyiségű, a kiinduló növényen minden tulajdonságban egyező utódokat nyernek. A steril tenyészet táptalaja a megfelelő ásványi tápelemek mellett cukrokat, vitaminokat és serkentőanyagokat (hormonokat) is tartalmaz. A szövettenyésztés kiterjedtebb erdészeti hasznosítása többek között azért is késik, mert a szövettenyészetek genetikai hatásmechanizmusa ma még nem teljes mértékben ismert. Ez érthető, hiszen a szövettenyészetekben a fizikai tényezők (hő, fény, gravitáció, pH stb.), a táplálkozási adottságok, serkentő- és gátló anyagok, polaritás, sebzések stb. mind olyan tényezők, amelyek eltérnek az élő növény természetes anyagcsere-környezetétől.

Az in vitro szaporítás előnyei:

- a szaporítás a vegetációs időszaktól független;
- klónként korlátlan mennyiségű növényegység állítható elő;
- jelentős előrehaladást eredményezhet a nemesítői munkában, megtakarítást jelenthet a poliploidia, haploidia, rezisztenciára nemesítésben időben és anyagi ráfordításban egyaránt;

- lehetővé teszi génbankok létesítését, megkönnyíti a szállítást, a nemzetközi cserét;
- elméletileg megoldható a szomatikus hibridizáció, azaz különböző nemzetségek keresztezése;
- alkalmas a kipusztulóban lévő növényfajok megmentésére;
- megoldható az erdészeti vírusmentesítés (nyáráknál, akácnál);
- felhasználható patogenitás-vizsgálatokra, a rezisztencia kipróbálására (a kórokozó és a gazdanövény összehozására ellenőrzött körülmények között);
- lehetőség nyílik a nehezen gyökeresedő fafajok (tölgyek) vegetatív szaporítására.

A módszer nehézségei:

- felszerelt laboratóriumot, képzett munkaerőt igényel;
- akklimatizáláshoz termesztő berendezés szükséges;
- költségesség.

SZÖVETTENYÉSZTÉSEN ALAPULÓ KLÓNSPECIFICUS AKÁC MIKROSZAPORÍTÁSI TECHNOLOGIÁK KIMUNKÁLÁSA

Az elmúlt 15–20 év kutatási eredményei világszerte igazolták a mikroszaporítási technológia alkalmazásának létjogosultságát az erdészeti növénynemesítésben. Az ERTI és az Érdi GYDKF Kht. ill. jogelődjei közötti kutatási együttműködés során szelektált akác klónok *in vitro* szaporítástechnológiájának kidolgozásában értünk el nemzetközi méretekben is jelentős eredményeket. A mikroszaporítási technológia alkalmazása lehetőséget kínál kiválasztott törzsfák, szelektált klónok, új fajták gyors elszaporítására. Mikroszaporítás céljára csupán néhány, megfelelő fiziológiai állapotban, aktív növekedésben lévő hajtáscsúcs begyűjtése szükséges, mely az anyafát nem károsítja. A hajtáscsúcs megfelelő tápközegebe ültetve növekedésnek indul, mely akár kísérleti mennyiségű, akár tömegszaporítási bázisul szolgálhat.

Ezen módszerrel nagy mennyiségben állíthatók elő genetikailag azonos egyedek. Az akác mikroszaporítási technológiája szerint alkalmazott lépések az alábbiak:

1. Az *in vitro* tenyészet létesítéséhez az anyagnövények optimális fiziológiai állapotának meghatározása.
2. *In vitro* tenyészet létrehozása, melynek során az anyanövény megfelelő állapotú hajtásaiból fertőtlenítési eljárást követően steril tenyészetet hozunk létre.

3. Sokszorozódás indukálása – melynek folyamán a steril *in vitro* állapotú tenyészeteket a mesterséges táptalaj hormonösszetételének változtatásával újabb rügyek differenciálására serkentjük.
4. Megnyújtási szakaszban a differenciálódott rügyekből önálló életre képes hajtások fejlődését indukáljuk. Ez a szakasz egyes növények esetében egybeesik a sokszorozódási szakasszal, másoknál külön fejlődési fázist jelent.
5. Gyökeresítés során a megnyúlt hajtásokat – leválasztva az anyatőről – gyökérfejlődést indukáló táptalajra helyezzük.
6. Akklimatizáció során a steril feltételek között előállított növényeket fokozatosan szoktatjuk az üvegházi fél-steril körülményekhez. A vitalizálás során megfelelőképpen előkezelt mikroorganizmusokkal indukáljuk a növényi védekező rendszert, javítjuk a növények túlélési esélyeit.
7. A mikroszaporítási technológiával előállított növényeket a hagyományos módszerrel előállított növényekkel együtt összehasonlító szabadföldi kísérletbe telepítve értékeljük.

A fent ismertetett lépések közül nagyon kritikus az első és a második lépés, vagyis a steril tenyészet létrehozása. Faj-specifikusnak tekinthető az a fiziológiai állapot, amikor a növény alkalmas/képes a szabadföldi korábbi normál fejlődését *in vitro*, azaz teljes mértékben mesterséges feltételekre váltani. A számos befolyásoló tényező közül alapvetően meghatározó a növény kora, juvenilis vagy kifejlett állapota, növekedési erélye és egészségi állapota. Fiatal, aktív növekedésben levő egyedekről könnyebben létesíthetünk *in vitro* tenyészetet. Különösen az erdészeti fás növények esetében azonban sokszor előfordul, hogy amire a szelekciós célnak megfelelő egyedek kiválasztása megtörténik, már elmúlt az a fiatalkori állapot, amikor még alkalmas lett volna az *in vitro* tenyészet létesítésére. Ilyen esetben *in vivo* vagy *in vitro* rejuvenilizálási szakasz beiktatása szükséges az eredményes tenyészet létesítéséhez. Tovább nehezíti a feladatot, hogy a fajok, és még a klónok fertőtlenítő szerrel szembeni érzékenysége is nagyon különböző.

A sokszorozódási/szaporítási szakasz sikerét alapvetően a tenyészet létesítésének sikere határozza meg. Amennyiben elegendő mennyiségű steril tenyészetet nyertünk, a táptalaj kísérletek sorával határozzuk meg azt az optimális táptalaj összetételt, melyen megfelelő mennyiségű (3–5), és minőségű hajtás fejlődik egy szaporítási ciklus alatt. A szaporodási rátát jelentősen csökkentheti, esetleg lehetetlenné teszi a szaporítást az anyafa, és ennek okán a tenyészet vírusfertőzöttsége. Ugyanakkor a növények fejlődésének figyelemmel kíséréseivel megállapíthatjuk a megnyújtási ciklus beiktatásának szükségességét is.

A szaporítási ciklusokat mindaddig ismételjük, míg a gyökereztetési kísérletekhez megfelelő mennyiségű és minőségű hajtás előállítására sor nem került. Ekkor a táptalaj hormonösszetételét megváltoztatjuk oly módon, hogy az egyesével izolált 15–20 mm nagyságú hajtásokon gyökérkezdemény-differenciálódás induljon meg. Megállapítjuk azt a gyökérfejlődési állapotot, amikor a növény alkalmassá válik az üvegházi körülményekhez való szoktatásra.

Az akklimatizálás feltételei sorában alapvető fontosságú az ültetési közeg összetételének meghatározása. Vizsgálni kell továbbá a mikroszaporított növények fény, hőmérséklet és páratartalom igényét a szoktatási időszak alatt, mely alapvetően meghatározza a mikroszaporítás hatékonyságát.

Sikeres akklimatizálást követően, fóliaházi gondos nevelés, akklimatizálás során konténeres csemeték előállítására kerül sor, amelyek már szabadföldi kiültetésre és továbbnevelésre alkalmasak.

SZÖVETTENYÉSZTÉSSEL ELŐÁLLÍTOTT AKÁCKLÓNOK KORAI ÉRTÉKELÉSE

Az akáctermesztés jövőbeni növekvő magyarországi jelentősége – az új erdőtelepítésekben aránya elérheti a 25–30%-ot – indokolja azt, hogy a fatermesztés számára kedvezőtlenül megváltozott ökológiai feltételek között is lehetővé váljon a minőségi szaporítóanyag előállítására alapozott termesztéstechnológiák továbbfejlesztése, továbbá új akác klónok, illetve törzsfaklónok termesztésbe vonása.

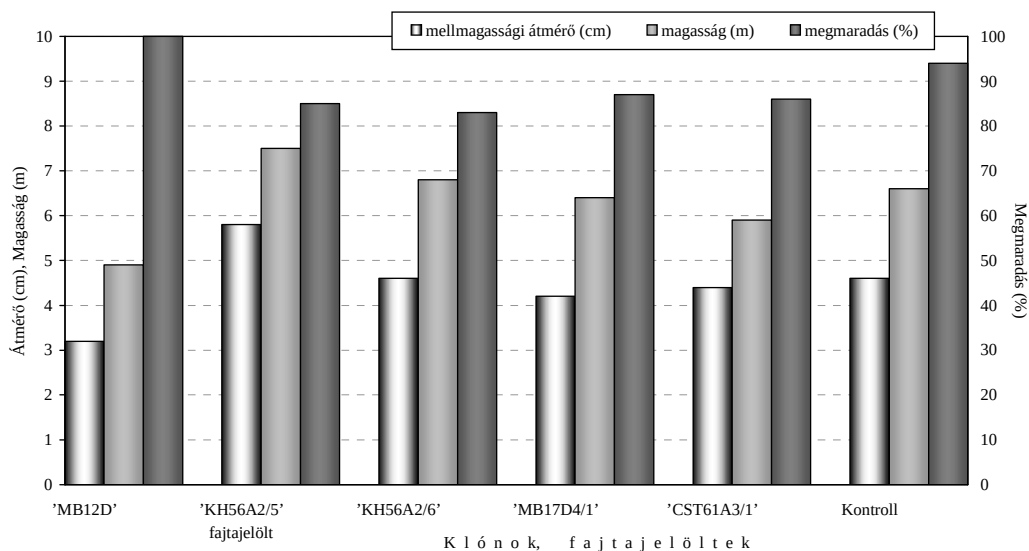
Az Erdészeti Tudományos Intézetben (ERTI) indított részben új akác szelekciós programunkban a kiinduló szaporítóanyag előállítását szövettenyésztéses szaporítási eljárással végezzük. A programnak öt alkalmazási területét emeljük ki e helyen:

1. klónok, törzsfaklónok előállítása,
2. fajtakiválasztó klónkísérletek létesítése,
3. magtermesztő ültetvények (plantázsok) szelektált ültetési anyagának előállítása,
4. magtermelő állományok szelektált ültetési anyagának előállítása (korlátozott területtel),
5. idős, reliktum jellegű akácegyedek génmegőrzése.

2000. tavaszán öt klónnal ('Kéleshalom 56A 2/5' (fajtajelölt), 'Kéleshalom 56A 2/6', 'Mikebuda 12 D', 'Császártöltés 61A 3/1' és 'Mikebuda 17D 4/1' jelűek) létesítettünk klónkísérleteket Kecskemét, illetve Isaszeg és Hajdúhadház

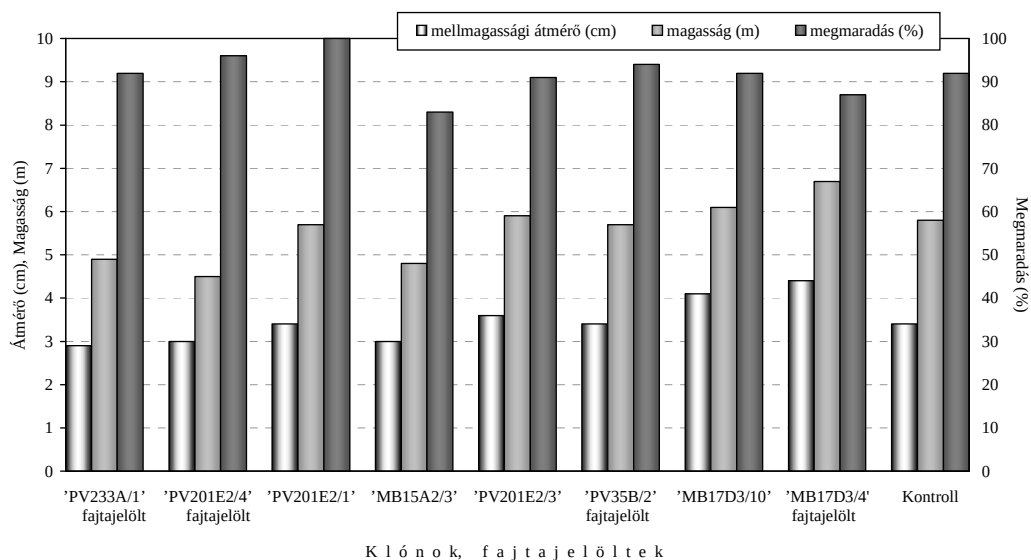
határában. A kecskeméti klónkísérletet 2002 tavaszán további nyolc klónnal ('PV 233A/1' (fajtajelölt), 'PV 201E 2/4', 'PV 201E 2/1' (fajtajelölt), 'MB 15A 2/3', 'PV 201E 2/3', 'PV 35B/2' (fajtajelölt), 'MB 17D 3/10' és 'MB 17D 3/4' (fajtajelölt) jelűek) bővítettük.

Az 1. ábrán a Kecskemét-ERTI csemetekertben 2000 tavaszán létesített klónkísérlet (I. ütem) 5. éves korban mért mellmagassági átmérő, magassági valamint a megmaradási %-ára vonatkozó adatokat mutatjuk be.



1. ábra. Szövettenyésztéssel előállított akácklónok ötödik éves mellmagassági átmérő, magassági és a faegyedek megmaradási (%) adatai (parcella-átlagok) (Kecskemét)

A 2. ábrán a 2001. őszén létesített klónkísérlet (II. ütem) 3 éves korban mért mellmagassági átmérő, magassági és a fák megmaradási %-ára vonatkozó adatai láthatók.



2. ábra. Szövettenyésztéssel előállított akácklónok harmadik éves mellmagassági átmérő, magassági és faegyedek megmaradási (%) adatai (parcella-átlagok) (Kecskemét)

Az ábrák adatai alapján megállapítható, hogy a faegyedek megmaradási aránya mind a 3., mind az 5. évben igen jónak mondható (83–100 % között változik a parcella-átlagok alapján).

A magassági növekedés vonatkozásában 5 éves korban a két kéleshalmi klón ('KH 56A 2/5', 'KH 56A 2/6'), 3 éves korban pedig a 'Mikebuda 17D 3/10' ('MB 17D 3/10') és a 'Mikebuda 17D 3/4' ('MB 17D 3/4') jelű klónok adták a legmagasabb értékeket. $P=5\%$ -on szignifikáns különbséget 5 éves korban a 'Kéleshalom 56A 2/5' (fajtajelölt), illetve a 'Mikebuda 12D' jelű klón között, 3 éves korban pedig a 'Mikebuda 17D 3/10' és a 'Pusztavacs 201 E 2/4' jelű klón között találtunk.

A vastagsági növekedés (mellmagassági átmérő) vizsgálata alapján 5 éves korban ugyancsak a két kéleshalmi klón, 3 éves korban pedig a 'Mikebuda 17D 3/10' klón és a 'Mikebuda 17D 3/4' fajtajelölt klón érték el a legjobb eredményeket.

A magassági és a vastagsági növekedésben megmutatkozó különbségek a kísérleti terület mozaikszerűen változó talajviszonyain túlmenően részben a szárazságtűrési hajlamra is utalhatnak, amit a párhuzamosan folyó terepi műszeres vizsgálatokkal fokozatosan regisztrálunk.

Az 5. éves kori morfológiai értékelés alapján legjobb törzsalakkal a 'CST 61A 3/1', valamint a 'KH 56A 2/5' és a 'KH 56A 2/6' jelű klón rendelkezik. A lombfakadás intenzitása és a lombozat sűrűsége tekintetében a 'KH 56A 2/5' jelű klón kapta a legmagasabb értékeket. A villásság és az ágasság mértéke a klónok többségénél közel kiegyenlített volt, 1,1–1, 2, illetve 2, 0–2, 1 értékekkel.

A 3 éves kori értékelés alapján, a törzsalak tekintetében az ugyancsak fajtajelölt klónok ('PV 233 A/1', 'PV 201 E 2/1', 'PV 35 B/2' és 'MB 17D 3/4' jelűek) kapták a legjobb minősítést. A többi, az előzőekben is említett morfológiai tulajdonság vonatkozásában az egyes klónok átlagértékei közel kiegyenlítettek.

Az egészségi állapot tekintetében minden klón és a kontroll, közönséges akác egyedeit is kisebb-nagyobb mértékben károsította az akácaknázó hólyagosmoly (*Parectopa robinella*) és az akáclevél aknázómoly (*Phyllonorycter robinella*). Abiotikus károsítást nem észleltünk a kísérletekben.

Megkezdjük Pilis község határában egy *akác magtermesztő ültetvény* kivitelezését is, ahol első ízben kerül sor oltványklónok helyett szövettenyésztéssel előállított csemeték alkalmazására.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők e helyen is köszönetüket fejezik ki az Országos Tudományos Kutatási Alapnak (témaszám: OTKA T043321) és a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztériumnak (témaszám: 43109/2004), valamint az Állami Erdészeti Szolgálat Kecskeméti Igazgatóságának és a Nyírerdő Rt-nek, hogy az előzőekben bemutatott kutató-fejlesztő munkánk eredményes végrehajtásához pénzügyi forrásokat biztosítanak.

ENERGETIKAI CÉLÚ FAÜLTETVÉNYEK GAZDASÁGOSSÁGA¹

Marosi György- Mayer Balázs

ERTI Soproni kísérleti Állomás

Összefoglaló

Az utóbbi két évben Magyarországon jelentősen megnőtt a fatüzelésű hőerőművi kapacitás. A piaci feszültségek csökkentésére megoldás lehet, hogy új energia célú erdőtelepítéseket hozunk létre. Az intézet kísérleteinek adatait alapul véve előre tudjuk jelezni az ilyen erdők gazdaságosságát különböző telepítési hálózatban és termőhelyeken, a leginkább szóbjövő akác és nemesnyár fafajok esetén. Így segítjük döntést a földhasznosítás megválasztásához, illetve a leggazdaságosabb változat kiválasztását telepítés esetén.

Kulcsszavak: tűzifa termelés, energiaerdő, gazdaságosság, Magyarország, akác, nemesnyár, ültetési hálózat

Abstract

In the last two years in Hungary the capacity of electric energy gaining from biomass increased significantly. Thus demand for fuel wood also increased and shortage is expected. At this point a good solution is to plant energy forests. In our institute we have the experimental data for predict rentability at different planting grids and sites for Robinia Pseudoacacia and Populus x euramericana clones, which are the best species for this goal in Hungary. This study helps to decide how to use arable, and which plantation form is best if preferring energy forest.

Keywords: fuel wood, energy forest, afforestation rentability, Hungary, Robinia Pseudoacacia, Populus x euramericana, planting grid.

¹ A Mecseki Erdészeti Rt. megbízásából készített tanulmány aktualizált (hely, idő) és rövidített változata.

Bevezetés és kiinduló feltételek

Az utóbbi két évben több jelentős teljesítményű erőmű is átállt fatüzelésre. A változás eredményeként nőtt a lakósági tűzifa ára és feszültség keletkezett a hazai falemez ipar alapanyag ellátásában. Ebben a helyzetben ésszerűnek tűnik mezőgazdasági művelés (szántó) alatt álló területen végzett erdőtelepítéssel bővíteni az energetikai célú faanyag mennyiségét. Ezek az erdőtelepítések kizárólag ezt a célt szolgálják, ezért viszonylag egyszerű a velük szemben támasztott követelményeket megfogalmazni:

A lehető legrövidebb idő alatt, a lehető legkisebb ráfordítással, minél nagyobb fatömeget adjanak.

A tanulmány célja az, hogy előkalkuláció segítségével bemutassa a szóba jöhető fafajok (elsősorban akác és nemes nyár) eltérő ültetési hálózat és vágáskor szerint differenciált jövedelmezőségét. Az elemzés eredménye segítséget nyújt a földhasznosítás módjának megválasztásához (erdő vagy szántó), és erdőtelepítés esetén a különböző variációk közötti döntéshez.

A gazdaságossági számítások eredményei azonban csak a döntéshez szükséges információk egy részét jelentik. Nem elhanyagolható továbbá az sem, hogy a földterület erdővel történő hasznosításából egyéb előnyök is származnak. Mezőgazdasági holt idényben ad munkát, és hosszabb távon is biztosra vehető jövedelmet biztosít, valamint javítja a meglévő gépek kapacitásának kihasználását. Gyakran parlag területek hasznosítását teszi lehetővé.

A kalkulációkat a gyors növekedésű akác és nemes nyár fafajokra készítettük el. Nagy valószínűséggel főleg ezek a fafajok játszanak szerepet az erdőtelepítés során. Mivel az akác szárazabb és melegebb termőhelyet igényel, így a két faj egymáshoz való hasonlításának nincsen sok értelme.

A különböző vágásfordulóval kezelhető **energetikai célú ültetvények** közül csak 10 éves periódusra készítettünk kalkulációt. A 2-5 év alatt letermelhető faállomány betakarítása praktikusán egyedi – kombájn típusú – gépet igényel. Jelenleg még nincsenek megbízható információk ilyen technikáról, így az erre épített kalkulációk is túl nagy bizonytalansággal terheltek. Az 5 évnél idősebb gyorsan növekvő fafajok már az erdészeti gyakorlatban alkalmazott módon is kezelhetők. Az állományok 10 éves korára az öngyérülés következtében az „erdőhöz” közel álló állapot alakul ki. Így a kitermelés és

felkészítés költségei a gyakorlati tapasztalatok alapján viszonylag nagy biztonsággal becsülhetők.

Az értékelés másik tárgya a 20 évenként kitermelhető **energetikai célú erdő (energia erdő)**. Ebben az esetben a megszokott fakitermelés szükséges paraméterei változatlan formában alkalmazhatók.

Csak a két fafaj szempontjából jó és közepes termőhelyi körülményeket vettünk figyelembe. A fatermőképesség rohamosan csökken a termőhely romlásával, ezért ennél gyengébb területeken semmi értelme nincs az energetikai célú erdőtelepítésnek. A 10 éves vágásforduló fatermését – jó és közepes termőhelyre – a korábbi ERTI kísérletek (Halupa, 1996) adták. A 20 éves vágásforduló természetes hozamait az erdőnevelési modellek és a fatermési táblák alapján becsültük. A jó termőhely esetén a II. fatermési osztály, a közepesnél pedig a IV. FTO adataira építettünk.

Az erdőtelepítés ültetési hálózataánál minden esetben 2,50 m-es sortávolsággal kalkuláltunk. Ennek oka egyrészt a legalább 10 éves vágásforduló, másrészt a különböző gépek alkalmazási lehetősége. Ez utóbbi a takarékos költség felhasználást segíti.

Az állomány létesítési költségeit a tábla mérete is befolyásolja. Kis terület esetén (2 ha>) jelentősen nőnek a költségek. Az egyben művelt terület nagyságának emelkedése pedig jótékonyan csökkenti az 1 ha-ra jutó ráfordításokat.

Mint minden előkalkuláció, ez az elemzés is bizonytalansággal terhelt. Az ebből eredő kockázat csökkentése érdekében a faállomány létesítésénél a minimálisan szükséges, de viszonylag nagy biztonsággal eredményt adó mértékben állítottuk be a kalkulációba az egyes beavatkozásokat. A költség szint a 2005. év alföldi helyzetét igyekszik tükrözni. A számításokat elvégeztük a közvetlen költségek szintjén és + 20 % általános költséggel terhelt is. Ennek azért láttuk értelmét, mert a változások a rezsi nélküli szinten követhetők megbízhatóbban, és a magántulajdonosok saját munkája ebben a körben értékelhető. Hasonló megfontolásból hagytuk el az ÁFA-t is.

Az akác energetikai célú hasznosítása.

A létesítési költségeket az ERTI korábbi munkái során összeállított munkarendszerekre építve adjuk meg.

Az egyes munkarendszerek között csak a felhasznált szaporítóanyag mennyiségében (ültetési hálózat) van különbség.

Művelet

I. Terület előkészítés

- Termőhely vizsgálat

- Terület előkészítés

- bozótirtás
- parlag területen gyeptörés vagy gyephántás

- Talaj előkészítés

- mélyszántás 35-40 cm mélyen,
- talajfelszín elegyengetése

II. Ültetés

- sorjelölés
- ültetés
- pótlás

III. Ápolás

IV. Az egyes letermeléseket követő erdőművelési beavatkozások

- Talajlazítás, levegőztetés

- Ápolás

Megjegyzés

Az erdősítés sikeressége érdekében mindig szükséges. A mérték a terület adottságaitól és nagyságától függ.

A cserjék, magas kórók és egyéb lágyszárúak elleni védekezés.

Művelt szántókon elhagyható.

A csemeték megeredését, a termőréteg hasznosítását, a talaj víz-háztartásának javítását szolgálja.

Az ültetési hálózatot célszerű úgy megválasztani, hogy az lehetővé tegye a gépi munkavégzést.

Csak az első két évben szükséges. A sort kézzel, a sorközöket géppel célszerű ápolni.

Legegyszerűbb megoldás a sorközök tárcsázása.

A sorokból a nem kívánatos fafajok, cserjék eltávolítása az első és a második évben (az esetek 50%-ban).

Vágásforduló: 5x10 év, vagy 3x20 év

A létesítési költségek egy része magántulajdonosok esetén megtakarítható. A tényleges pénzkidadás csökkenthető saját munkával a szükséges csemete

megtermelése és a kézi ápolás esetében. A csemetéhez azonban jó minőségű, ellenőrzött mag szükséges.

Akác erdő átalakítása energetikai célú erdővé. Sortávolság 2,50 m

I. A véghasználat után vágástakarítás

II. Gyökérszaggatás

35 cm – 40 cm mélyen, 2,5 m sortávolságban

III. Ápolás

A nem kívánatos fafajok, cserjék eltávolítása az esetek 50 %-ban (az első és a második évben egyszer-egyszer)

Vágásforduló: 4x10 év

Fatermés és jövedelmezőség

A jövedelmezőségi számításokat az alábbi fatermesztési modellekre készítettük el.

a./ 2,50 m x 0,5 m ültetési hálózat, 5 x 10 éves vágásforduló, jó és közepes termőhely, a közvetlen költségek és az összes költség szintjén.

Ezek együtt $2 \times 2 = 4$ db modellt adnak.

b./ 2,50 m x 1,0 m ültetési hálózat, 5 x 10 éves és 3 x 20 éves vágásforduló, jó és közepes termőhely, a közvetlen költségek és az összes költség szintjén.

Ezek együtt $2 \times 2 \times 2 = 8$ db modellt adtak.

c./ 2,50 m x 2,0 m ültetési hálózat, 5 x 10 éves és 3 x 20 éves vágásforduló, jó és közepes termőhely, a közvetlen költségek és az összes költség szintjén.

Ezek együtt $2 \times 2 \times 2 = 8$ db modellt adtak.

d./ Meglévő akác erdő véghasználat utáni átalakítása energetikai célú felhasználásra, 2,50 m-es sortáv, jó és közepes termőhely, a közvetlen költségek és az összes költség szintjén.

Ezek együtt $2 \times 2 = 4$ db modellt adnak.

e./ Nem energetikai célú, sarjzatatott akácos fatermesztési modellje jó és közepes termőhelyen, a közvetlen költségek és az összes költség szintjén.

Ezek együtt $2 \times 2 = 4$ modellt adnak.

Akác fatermesztési modellek összesen: 28 db.

A modellekből követhető vágásfordulónként a bruttó, és a nettó fatérfogat, valamint az értékesíthető fatömeg. Az egyszerűség kedvéért a fajlagos tömeget 1 t/nm^3 -re vettük.

Látható a modellekből a vágásfordulónként elérhető jövedelem, és a teljes, többszörös ciklus jövedelme is.

Az eltérő vágásfordulók és ültetési hálózatok összehasonlíthatóságát az éves átlagos jövedelem és a belső kamatláb teszi lehetővé. Ez utóbbinak az előnye, hogy érzékletesen megjeleníti az idő hatását.

A belső kamatláb a vágásforduló (pontosabban a többszörös vágásforduló, vagyis a teljes ciklus) alatt, különböző időben történő ráfordítások és a szintén eltérő időben elérhető hozamok különbségeként megkapott nyereség hányadát jelenti. Ha a hozamokat és a költségeket a belső kamatláb segítségével az erdősítés induló időpontjára diszkontáljuk és előjel helyesen összevonjuk, eredményül nullát kapunk. Ezzel a módszerrel a teljes ciklus eltérő nagyságát kiküszöbölő jövedelmezőségi értéksorrendhez jutunk. Az egyes változatok közötti választásnak ez az egyik legfontosabb támpontja, mivel jellemzően a befektetés-hozam szemléletet tükrözi.

Az éves átlagos jövedelemnek akkor van igazán jelentősége, ha elegendően nagy terület esetén, minden évben hozzájuthatunk ehhez a hozamhoz. Ebben az esetben a teljes ciklus jövedelmének egy évre számított értéke valósághűbb képet fest az értékarányokról, mint a belső kamatláb. Ezt az állapotot azonban nem könnyű elérni.

A fatermesztési modellekből levonható tanulságok.

A fatermés

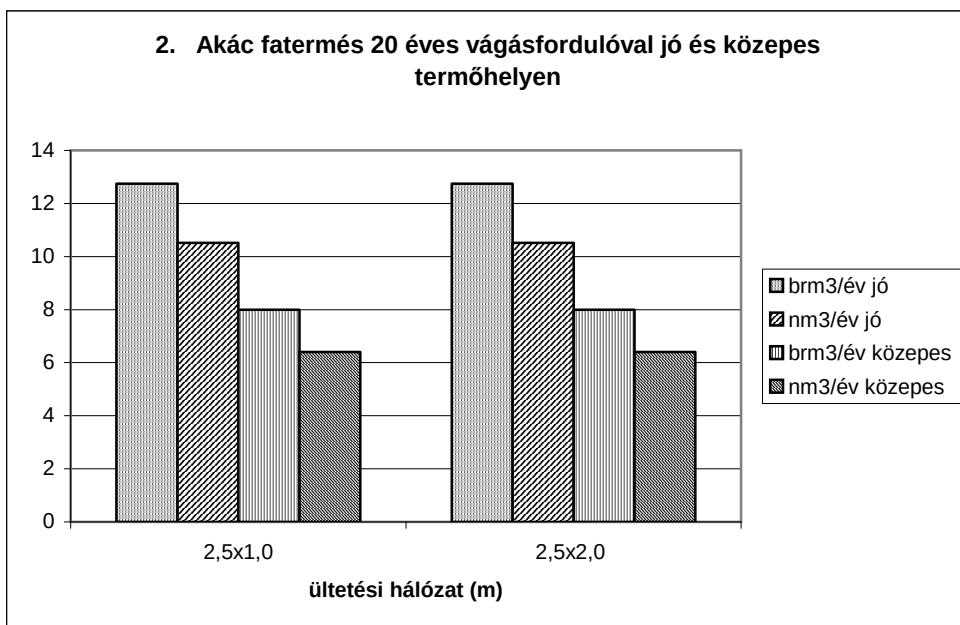
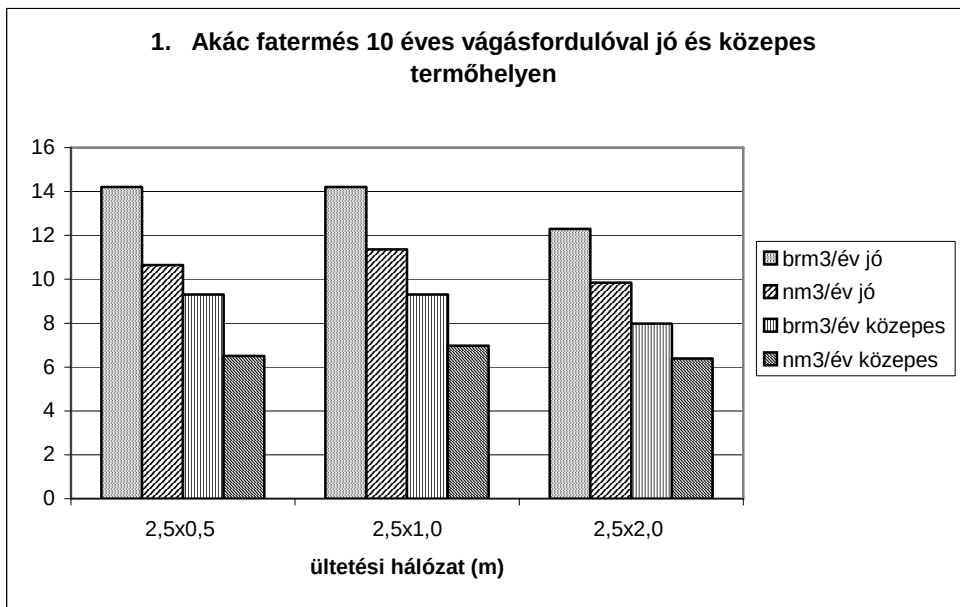
A különböző fatermesztési változatok közötti választásban fontos szempont az elérhető fatermés mennyisége. Ez természetesen adódik a faanyag energetikai célú felhasználásából.

Az 1. és 2. számú ábrákon látható az első 20 akác modell naturális (fatérfogat és fatömeg) hozama.

A 10 éves vágásfordulóval kezelt faültetvények 50 év alatti fatermése a legnagyobb értéket ($\text{nm}^3 = \text{t}$) a $2,50 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$ ültetési hálózat mellett produkálják jó termőhelyen. A sűrűbb és a ritkább induló hálózat is

alacsonyabb értéket ad. A magasabb vágáskor esetén nincs eltérés a fatermésben, így nyilván a kisebb induló csemete szám a kedvezőbb.

A közepes termőhelyeken már lényegesen kiegyenlítettebb a helyzet.



Az egyes változatok összehasonlítására a másik lehetőséget a **jövedelmezőség** adja.

Ezt az éves átlagos jövedelemmel és a belső kamatlábbal értékelhetjük. Az éves átlagos jövedelmet kalkuláltuk a közvetlen költségek (3. ábra) és az összes költség (4. ábra) szintjén is. Az utóbbi 20 %-os költség többletre különösen a közepes termőhely esetén mutat érzékelhető különbséget.

Az 5. és 6. ábrákon láthatók a modellek alapján számított belső kamatlábak.

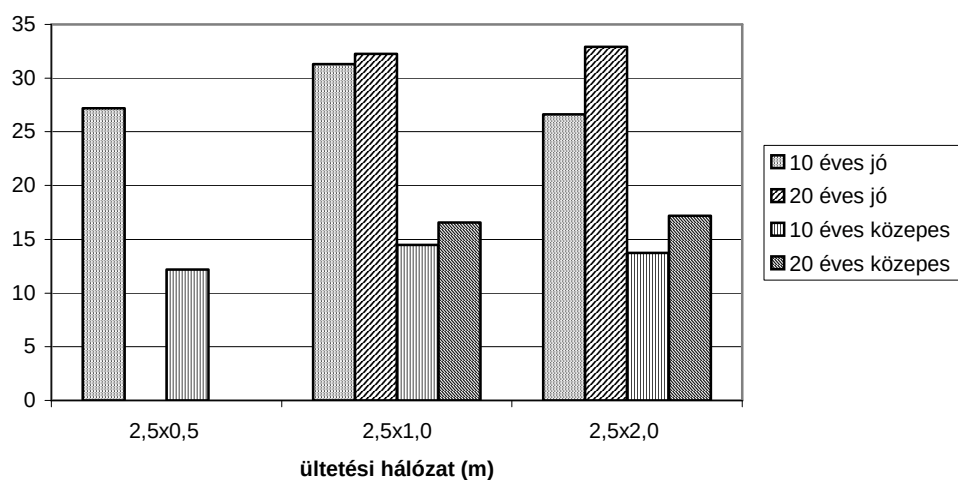
Összegezésként a fatermés, az éves átlagos jövedelem és a belső kamatláb együttes figyelembe vétele alapján az ajánlható modellek sorrendje a következő.

Jó termőhelyen (közvetlen ktg. szint) - az ismérvek szerinti sorrend

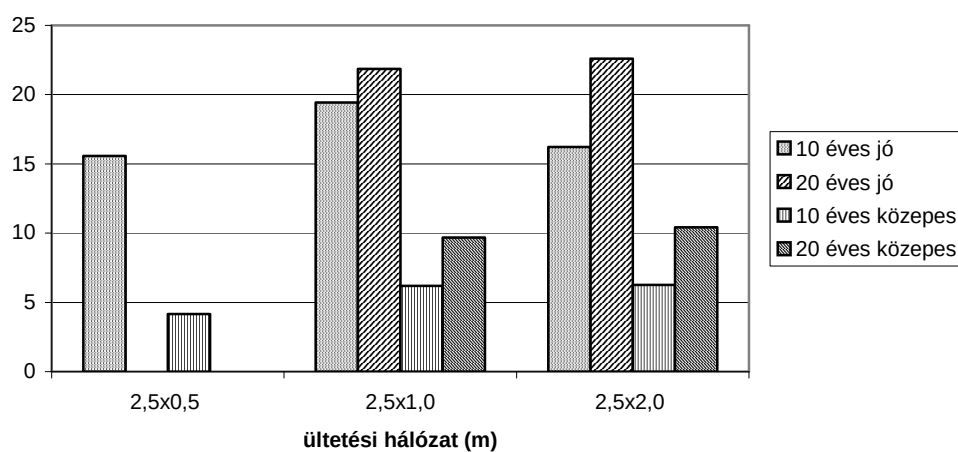
	Fatermés (t)	Éves átlagos jövedelem	Belső kamatláb	Összes helyezési szám
2,50m x 0,50 m, 10 éves	2	4	4	10
2,50m x 1,0 m, 10 éves	1	3	1	5
2,50m x 2,0 m, 10 éves	5	5	2	12
2,50m x 1,0 m, 20 éves	3,4	2	5	10,5
2,50m x 2,0 m, 20 éves	3,4	1	3	7,5

Bár ez egy kissé elnagyolt összehasonlítás, hiszen az egyes ismérvek egymáshoz mért súlya nem jelenik meg, azért megközelítőleg megfelelő tájékoztatást kaphatunk az ajánlható értéksorrendről. Minél alacsonyabb az összes helyezési szám, annál kedvezőbb a változat. Természetesen a döntés függhet attól is, hogy mely ismérvek tulajdonítunk nagyobb jelentőséget.

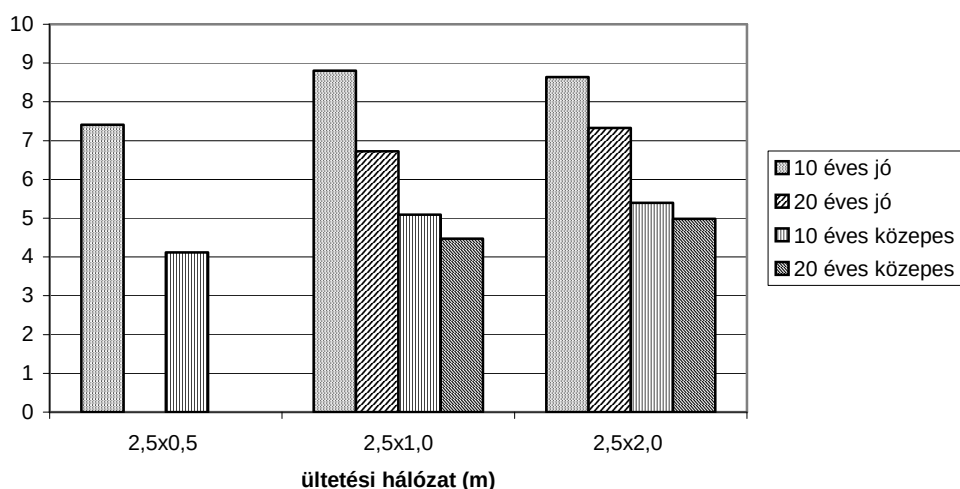
**3. Akác éves átlagos jövedelem 10 és 20 éves vágásfordulóval
közvetlen költség szinten, jó és közepes termőhelyen (eFt/ha/év)**



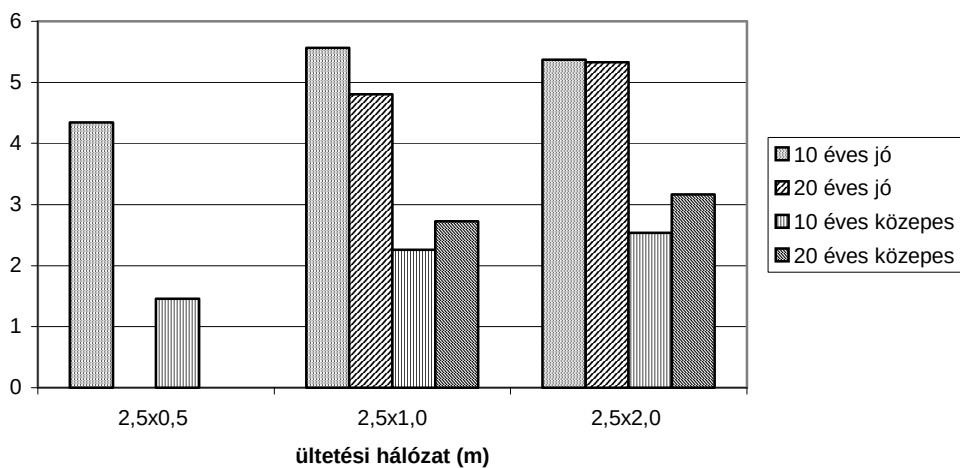
**4. Akác, éves átlagos jövedelem, 10 és 20 éves
vágásfordulókkal, jó és közepes termőhelyen, összes költség
szinten (eFt/ha/év)**



5. Akác belső kamatláb, 10 és 20 éves vágásfordulóval, jó és közepes termőhelyen, közvetlen költség szinten (%)



6. Akác belső kamatláb, 10 és 20 éves vágásfordulókkal, jó és közepes termőhelyen, összes költség szinten (%)



Közepes termőhelyen - az ismérvek szerinti sorrend

	Fatermés (t)	Éves átlagos jövedelem	Belső kamatláb	Összes helyezési szám
2,50 m x 0,5 m, 10 éves	2	5	5	12
2,50 m x 1,0 m, 10 éves	1	3	3	7
2,50 m x 2,0 m, 10 éves	5	4	1	10
2,50 m x 1,0 m, 20 éves	3,4	2	4	9,5
2,50 m x 2,0 m, 20 éves	3,4	1	2	6,5

A két termőhelyre kapott sorrend összevetése is azt erősíti, hogy a gyengébb termőhelyen hosszabb ideig célszerű fenntartani az állományt. A választható hálózattól pedig inkább az alacsonyabb csemeteszám ajánlható.

Az energetikai célra átalakított akácok jövedelmezősége.

Külön kalkuláltuk az energia ültetvénné átalakítható állományok fatermési és jövedelmi helyzetét.

Az eredmények összevetettük egyrészt a 2,50 m x 0,5 m hálózatú, 5 x10 éves ciklusban kezelt ültetvénnel, másrészt a természetes felújítással kezelt hagyományos akáccsal.

Az előbbi összevetésben az éves átlagos fatermés (m^3 vagy t) valamivel kedvezőbb az átalakított állományoknál. Az éves átlagos jövedelemben már nagyobb mértékű az előny. Még ennél is kedvezőbb a helyzet a belső kamatláb esetén, különösen a közepes termőhelyen.

Tehát, ha van rá lehetőség célszerű ezt a módszert választani az erdőtelepítés helyett. Bár a hátránya egyértelműen az, hogy fatömeg szempontjából lényegesen kisebb forrás bővülést jelent, mint az új erdő (ültetvény) létesítése.

A másik viszonyítási alapot jelentheti a hagyományos erdőkezeléssel való összevetés. Ebben az esetben már kissé más eredményt kapunk. Az éves átlagos jövedelemben a termőhely romlásával közeledik egymáshoz a két kezelési mód, de marad az energetikai célú használat előnye.

A belső kamatláb esetén azonban megmarad az energetikai faültetvény tetemes előnye.

Ez annak köszönhető, hogy ez utóbbiban már 10 évenként megjelennek a hozamok, szemben a hagyományos kezeléssel. Itt ugyanis a jövedelem főleg a véghasználatból (40. év ill. 30. év) adódik.

Még egyszer célszerű azonban hangsúlyozni, hogy jövedelmi helyzet egyértelmű javulása mellett az átalakítás – famennyiségben – jelentős forrásbővülést nem eredményez.

A nemes nyár jövedelmezősége

Az akáchoz hasonlóan modelleztük a nemes nyár energetikai célú hasznosítását is. A részletek ismertetése nélkül a végeredmények a következők:

Jó termőhelyen - a különböző ismérvek alapján az összesített sorrend:

Ültetési hálózat	Éves átlagos fatermés	Éves átlagos jövedelem	Belső kamatláb	Együtt
2,50 m x 0,5 m, 4x10 év	2	3	2	7
2,50 m x 2,0 m, 4x10 év	1	1	1	3
2,50 m x 2,0 m, 2x20 év	3	2	3	8

A három ismerv alapján egyértelműen ajánlható a 2,50 m x 2,0 m ültetési hálózattal indított, és 4x10 éves vágásfordulóban letermelt energetikai faültetvény. A másik két változat az elsőtől lemaradva, egymáshoz közel áll. Nem feledkezhetünk azonban meg arról, hogy a 20 éves vágásfordulóval kezelt faállomány első kitermelésekor már eléggé vastag törzsek is előfordulnak ($d_{1..3} > 35$ cm). Ebből az anyagból már értékesebb választék is letermelhető, ami egyértelműen javítja a jövedelmezőséget.

Közepes termőhelyen

Ültetési hálózat	Éves átlagos fatermés	Éves átlagos jövedelem	Belső kamatláb	Együtt
2,50 m x 0,50 m 4x10 év	3	3	3	9
2,50 m x 2,0 m, 4x10 év	1	1	1	3
2,50 m x 2,0 m, 2x20 év	3	2	2	6

A sorrend teljesen egyértelmű. A nemes nyár szempontjából közepes termőhelyre tehát nem érdemes sűrű hálózatot telepíteni.

ERDŐSÁVOK, ENERGETIKAI FAÜLTETVÉNYEK

Ivelics Ramon¹ – Takács Viktor²

1. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar
Erdészeti-Műszaki és Környezettechnikai Intézet
e-mail: ivelicsr@emk.nyme.hu
2. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar
Erdőművelés Tanszék
e-mail: vik@emk.nyme.hu

A közúton közlekedőknek és az utakat üzemeltetőknek is meglepetést okozott a hirtelen beálló 2005. január-márciusi igazi tél, amely számos útvonalat tett járhatatlanná és településeket zárt el a külvilágtól. Főként a nyugat-kelet irányú intenzív hófúvások a már utakról eltávolított és a közelben deponált havat is visszahordták a pályára, a folyamatos gépi takarítás ellenére.

A járhatatlan utakat nem a kevés emberi- és gépi erő okozta, hanem a kedvezőtlen időjárás által kialakult közúti szükségállapotok, hiszen ezek túlnyomórészt ott állandósultak, ahol más hófogó objektum hiányában – a megváltozott áramlási viszonyok miatt – maga az útpálya és környezete (árok, közlekedési táblák, fák) szolgáltak hófogóként.

A legtöbb veszélynek kitett útszakaszon természetesen találkozhattunk szabályszerűen elhelyezett hófogó rácsokkal, amelyek feltöltődésükig ellátták a feladatukat, de azon túlmenően az állandóan fújó erős szél, a hó mennyisége és porszerű szerkezete miatt már nem érvényesült a hatásuk.

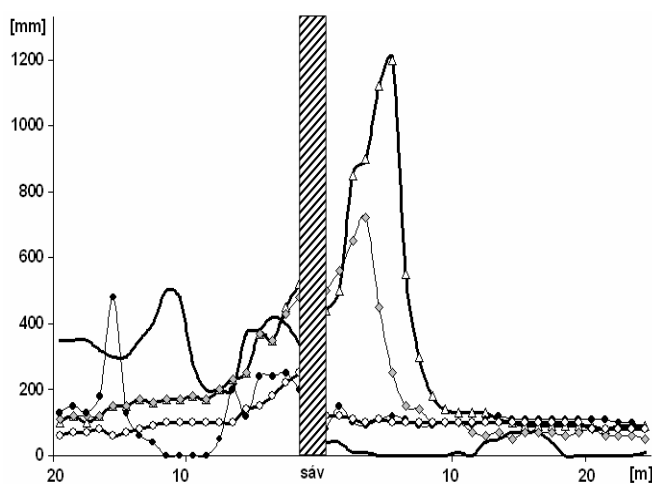
Az 1950-es években meginduló ország-fásítás egyik kiemelkedő pontja a közlekedési utak védelmi fásítása volt. Az ekkortájt tervezett és telepített (1990-ig) hófogó erdősávok és cserjések területe 29 400 hektárra volt tehető, mai adatok szerint a védőfásítások területe 16 416 hektárra csökkent [6]. A Győr-Moson-Sopron megyében hivatalosan nyilvántartott hófogó erdősávok területe csupán 36 ha, amely 17 km hosszon védi a különösen hófúvásveszélyes szakaszokat. Az erdősávterület csökkenése számos gazdasági és történeti okra vezethető vissza. Ezen okok feltárását nem tekintjük célunknak, de meggyőződésünk, hogy a hófogó erdősávok területének növelésével, új fa- és cserjesorok telepítésével kezelhetőek lennének az évről évre visszatérő téli problémák. Egy fasor vagy hófogó rács önmagában még nem megoldás, de erdősávval kombinálva jó eredmény

érhető el. A mezőgazdaság érdekeit is szem előtt tartva olyan megoldást szeretnénk közzétenni, amely részben eloszlatja az erdősávokkal és védelmi szerepet is betöltő fasorokkal szembeni ellenszenvet és jövedelmezőséget is biztosít annak, akinek területén elhelyezésre kerül.

Az erdősávok előnyei

Az erdősávtelepítési program megindulását követően többen vizsgálták az erdősávok mikroklímára és ezáltal a terménynövekedésre gyakorolt kedvező hatásait és a hófogó erdősávok viselkedését. Az erdősávok jótékony hatásait azáltal érik el, hogy a szél sebességét lecsökkentve a talaj- és hórészecskék mozgási energiáját, a növényi felületeken és a talajfelszínen az erős párologtatást fékezik.

Az erdősávokat alakjuk és áttörtségük szerint tervezzük és osztályozzuk, figyelmen kívül hagyva majd minden más környezeti tényezőt. Tudomásunk szerint nincs olyan a gyakorlatban jól használható számítási módszer, amely figyelembe vesz minden meteorológiai és környezeti paramétert.



1. ábra Az erdősávok hólerakó képessége

Nyilvánvaló, hogy bizonyos szélsőséges tartományban, kedvezőtlen szélirány és bizonyos hómennyiség esetén az erdősáv, akárcsak minden más hófogó objektum, elveszti hatását. Az átlagos téli csapadékmennyiség (az elmúlt években

egyszeri 6-10 mm, a vizsgált nyílt területen) és jellemző széljárás

(északias, 1-5 Bft) esetén azonban már az 1-2 soros cserjesáv is nagy mennyiségű havat (befoglaló méreteitől függően) fog meg és deponál a közvetlen környezetében. Ez a közvetlen környezet, vagyis a hófogók – az **1. ábra** által szemléltetett – pufferezónája, tapasztalataink szerint cserjéknél 5-10 méter, több soros hófogó sávok esetén 20-25 méter széles.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy a kísérleteinkben szereplő erdősávok esetén [5], a hófogó tulajdonságot nem maga az áttörtség, hanem a fák magassága, az erdősáv és a környező felületek tagoltsága befolyásolja.

Minél összetettebb akadályt állítunk fel a szél irányára lehetőleg merőlegesen, annál jobb a várható eredmény. Téli idején a közlekedési út mellett kellő távolságban (min. 20 méter) elhelyezett, fasorral és cserjeszegéllyel kombinált összetett (például a 2 részre tagolt) erdősáv jobb hatást fejt ki a maga 4 sorával, mint egy 8-10 sorból álló hagyományos mezővédő erdősáv. A tagolt szerkezet és a hatására kialakuló turbulencia megváltoztatja a szélvektorok mozgási irányát és az általa szállított részecskék energiáját, lerakva azokat a sáv szélnek kitett oldalán, 20 méteren, a sávban, a sáv és a fasor (cserjesor) közti szabad területen és a fasor-út közti árokparton. Sok esetben a spontán létrejövő hóakadályok (szalmabálák, nyesett ágakból rakott máglya) is nagy szolgálatot tesznek.

Az ültetvényszerű erdősávok

Az ültetvényszerű erdősávok olyan, elsősorban védelmi funkciót ellátó, rövid vágásfordulójú, vonalszerűen elhelyezkedő faültetvények, amelyek mezőgazdasági területen telepíthetők az energetikai faültetvényeknek megfelelő sor és tőtávolsággal.

Az ültetvényszerű erdősávokat csoportosíthatjuk a betöltendő funkciójuk alapján, amelyek a következők: hófogó, mezővédő, hófogó-energetikai, mezővédő-energetikai, kombinált ültetvényszerű erdősávok. A szélességi kiterjedés alapján elkülöníthetünk egy- illetve többsoros ültetvényszerű erdősávokat.

Ezek az erdősávok telepíthetők gyorsan növekvő fafajokból (nemesnyár, fűz, akác, platán, esetleg bálványfa, stb.), amelyeken 3 éves vágásfordulóval, I. termesztési osztályú területeken, 15-20 tonna/ha/év hozam érhető el. Az **1. képen** a két éves nemesnyár ültetvény látható. A következő táblázatban a hazai kísérleti rövid vágásfordulójú faültetvények fontosabb adatait láthatjuk (**1. táblázat**).



1. kép: Két éves nemes nyár

Az energetikai faültetvények két ikersoros telepítéssel javasolhatók hófogó erdősávnak, amelyben az ikersorok középpontjának távolsága több, mint 3 m, az ikersorokban a sorok távolsága pedig 0,75 m.

A sorokban az egyes egyedeket fél méterre ajánlott ültetni. A betakarítási technológia miatt pedig a két ikersort egy év különbséggel szükséges létrehozni, így a két ikersor letermelés is egy évvel eltolódik egymástól, ezért nem lesz olyan időszak, hogy az adott évben nem található hófogó faültetvény. Az ültetvények tájolása befolyásolja a telepítést, hiszen az időben eltolt ültetés, betakarítás miatti árnyékolás a későbbiekben lecsökkentheti a hozamokat. A **2. ábra** az ültetvényszerű erdősáv – keresztmetszete és a javasolt telepítési (T) és betakarítási évek (B1 és B2) – tervezett profilja látható.

Nyilván az utak környezetében kialakuló speciális körülmények (levegő- és talajszennyezés) és a téli erős mechanikai hatások miatt a hófogó faültetvények hozamai lecsökkennek, ezért nem lehet annyi fatömeget

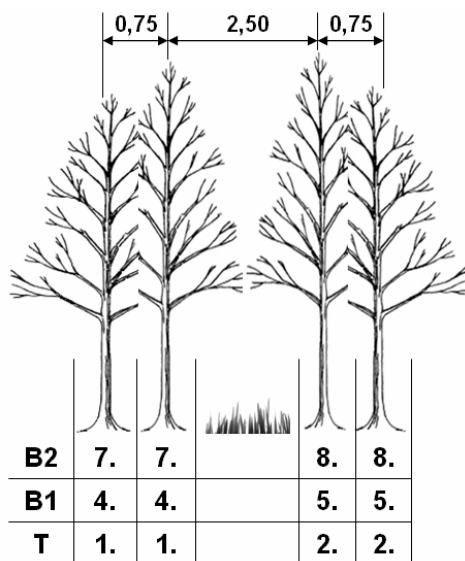
Fafaj	Vágásforduló	Ezer tő/ha	kg/m	Hozam (t/ha/év)
Nemes nyár klón (<i>Populus</i> <i>ssp.</i>)	1-4 év	8-13	14,6-27,8	19,5-37,1

Akác (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	2-4 év	10-11	13,1	17,5
Fűz (<i>Salix ssp.</i>)	1-3 év	12-13	3,3	18,2-22,1
Bálványfa (<i>Ailanthus altissima</i>)	max. 3 év	9-10	12,8	17,0-31,0

Marosvölgyi-Ivelics 2004

1. táblázat: Rövid vágásfordulójú faültetvények

elérni, mint a kiterjedt területeken telepített energetikai faültetvényeken. Azonban, ha az utak hó elleni védelmére és karbantartására fordított költségeket a hófogó faültetvények bevételeéhez soroljuk, akkor ezek az erdősávok valószínűleg gazdaságosan üzemeltethetők. [3]



2. ábra: Tagolt gyorsnövésű sáv

Az ültetvényszerű erdősávok előnye

Energetikai célra 2-4 évente letermelhetők. Nem szükséges betakarítás után újraterülesíteni, mivel 15-20 évig (5-6 betakarításig) az ültetvény nem veszíti el a sarjadzó- és gyorsan növekvő képességét. Mindemellett magas fatömeg termelhető le, amely energiahordozó a decentralizált hő-központokban hő- vagy villamos energiatermelésre felhasználható. Az energetikai célú faültetvények létesítése és üzemeltetésére földalapú támogatás igényelhető, hasonlóan, mint a szántóföldi növények esetében. Az

energetikai faültetvények letermelésére (betakarítására) már alkalmas gépeket fejlesztettek ki, amelyek alkalmasak a rövid vágásfordulójú faültetvények hatékony és gazdaságos betakarítására. [4]

A közutak melletti faültetvények letermelése – több lépcsőben történik, hogy biztosítsa a folyamatos borítottságot és kialakuljon az erdősáv színtezettsége – érdekében feltáró utakat szükséges létrehozni, amelyek az út felőli oldalon helyezendők el. Ezen földutak, megfelelő karbantartással több funkciót is elláthatnak: az ültetés, az ápolás és a betakarítás során alkalmazandó gépek

használhatják, illetve az év többi időszakában (márciustól-novemberig) kerékpárútként üzemeltethetők.

Ezek mellett az energetikai faültetvények létesítése és üzemeltetése vidékfejlesztési cél, hiszen a mezőgazdaságban munkahely teremtő illetve a „vidéken maradást” elősegíti. [1], [2]

Javaslatok

A jövőben épített utak hó elleni védelme a jelen tanulmányban említett ültetvényszerű erdősávok kialakításával megoldható lenne. Az ültetvényszerű erdősávok telepítése a mezőgazdaság jövedelemszerzését és a vidék fejlődését is elősegíti. A faültetvényekből kitermelt energetikai alapanyag a decentralizált megújuló energiahordozó bázisú energiatermelés forrásai lehetnek, amelyek faapríték bázisú hőközpontokban is hasznosíthatók.

Mindemellett az erdősávok nem veszítik el az eredeti funkciójukat, a telepítésüktől fogva védelmi célokat is ellátnak, amellyel megoldhatók az utak és a közlekedés résztvevőinek hó elleni, a mezőgazdasági területek folyamatos defláció elleni védelme.

Irodalom

[1] IVELICS, R.: Az energetikai ültetvények betakarításánál elért legújabb gépesítési eredmények. Előadás. In: Magyar Biomassza Konferencia, Sopron, 2004.

[2] MAROSVÖLGYI, B. – IVELICS, R.: Új gépek a rövid vágásfordulójú faültetvények betakarításában Magyarországon. (New machines for harvesting of SRC in Hungary; Ergebnissen in die Entwicklung der Ernte-Technik von Holz-Energieplantagen). Presentation. In: 37th Internationales Symposium „Mechanisierung der Waldarbeit” (FORMEC 2004) Gmunden, Österreich, 08-10. September 2004.

[3] Ivelics, R.: Az energetikai faültetvények és az energiaerdők termesztésének legújabb eredményei – a bálványfa, mint bioenergetikai alapanyag. Előadás. In: Magyar Biomassza Konferencia, Sopron, 2005.

[4] IVELICS, R.: A fa energetikai hasznosítása. Előadás. MTA Erdészeti Bizottság Tallós Pál Tudományos Kör, Budapest, 2005.

[5] Takács, V.: A sopronhorpácsi mezővédő erdősávrendszer állapotfelmérése, a további hasznosítás lehetőségeinek vizsgálata. Diplomaterv, Sopron, 2003.

[6] Takács, V.: Green lines and structured land use in north-western Hungary. Greenways Conference Presentations, Sopron, 2005.

A 35 ÉVES NAGYLÓZSI (SOPRONI-DOMBVIDÉK) FAFAJ-ÖSSZEHASONLÍTÓ KÍSÉRLET EREDMÉNYEI

Kondorné Szenkovits Mariann

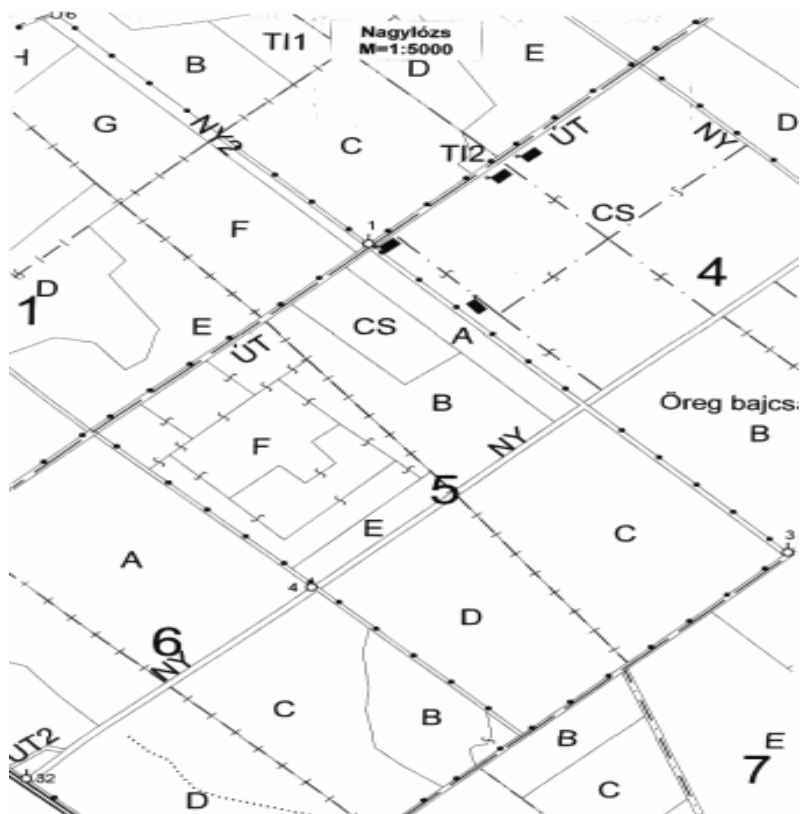
Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar
Erdőművelés Tanszék
9400 Sopron, Bajcsy-Zs. u. 4.

1968 folyamán az Erdőműveléstani Tanszék dolgozói Majer professzor vezetésével két fafaj-összehasonlító kísérleti terület tervét dolgozták ki. Ezek célja az adott termőhelyen bevált, vagy előreláthatólag beváló, nagy faproduktumú, termőhelyálló fafajok kiválasztása. Figyelemmel voltak arra, hogy lehetőleg olyan fafajokat telepítsenek, melyek a vad kártételének is ellenállnak. Gondoltak olyan kérdések tisztázására is, hogy például elegendően melyik fafaj növekedése, illetve állományszerkezete kedvezőbb. Az egyik parcellasort a Soproni-hegység ágfalvi területére, míg a másikat a Soproni-dombvidéken található Nagylózs-Haraszt erdejébe tervezték. Az előadásban ez utóbbit ismertetem.

A táj a Soproni-dombvidék 48 B erdőgazdasági tájrészletbe tartozik, jelenlegi erdőrésztlet száma Nagylózs 5 F (2001 üzemterv), helyszínrajza az 1. ábrán látható.

A kísérleti területet Ikva-menti kavicsteraszon, vékony borítással fedett területen, hajdan rontott akácsarj erdő helyén alakították ki.

Tengerszint feletti magasság: 160 m. A csapadék évi átlaga 668 mm, ebből 416 mm a tenyészidőszakban esik. A csapadék havi eloszlása július és szeptemberi maximumot mutat, tehát szubmediterrán jellegű. Az évi középhőmérséklet 9,5 °C. A talaj kissé savanyú, alul pszeudoglejes, sekély rozsdabarna erdőtalaj.



1.ábra: A kísérleti terület helyszínrajza

A természetes erdőtársulás gyertyános-kocsánytalan tölgyes és cseres-kocsánytalan tölgyes közötti átmeneti jellegű volt, (*Quercus petraeae* – *Carpineum*, ill. *Quercetum petraeae-cerris*) *Galium odoratum*, illetve *Festuca heterophylla* erdőtípussal. Növényföldrajzilag Pannonicum-Eupannonicum flóratartományba, Arrabonicum flórajárásba sorolják.

A 8 ha-os kísérleti területen 17 fafajt telepítettek 1969 tavaszán, általában 50 x 50 m-es parcellákon, többségében 1,5 x 1 m-es hálózatban. A parcellák elrendezése a 2. ábrán látható. A legutolsó, 35 éves kori értékelésben a sötétebb árnyalatú parcellák szerepelnek.

28 KM (2x1)	29 ÓNY (3x2)	30 ÓNY (3x2)	31 OLNY (4x2)	32 OLNY (4x2)
27 VT-KST (1x1)	26 VT (1x1)	25 VT (1,5x1)	24 VT (2x1)	23 VT (1,5x1)
18 KST (1x1)	19 ZDF (1,5x1)	20 SZDF (1,5x1)	21 SZDF (1,5x1)	22 ZDF (1x1)
17 KTT (1x1)	16 LF (1,5x1)	15 SEF (2x2)	14 FF (1,5x1)	13 EF (1,5x1)
8 KTT (1x1)	9 EH (1,5x1)	10 VT-KM (2x2)	11 SZG (2x2)	12 KH (1,5x1)
	7 KH (1,5x1)	6 NH (1,5x1)	5 EH (1,5x1)	4 NH (1,5x1)
33 ZDF-LF (2x1)		1 VT (1x1)	2 VT (2x1)	3 VT (1,5x1)

2.ábra: A kísérleti parcellák elrendezése

Tesztfafajnak a vörös tölgyet jelölték ki, ezt különböző hálózatban és elegyítve is telepítették. A vörös tölgyön kívül a duglászfenyőkés a nyárok esetében kétszeres ismétlést alkalmaztak.

A területen eddig az ápolásokon kívül egyszeri tisztítás történt: 1987-ben az erdeifenyő, a feketefenyő és a nyugati osterfa parcelláiban, 1989-ben pedig a többi parcellában. 2001-ben az egész területen törzskiválasztó gyérítést végeztek.

A kísérleti területen eddig négyszer történt faállományfelvétel, 10, 16, 22 és 35 éves korban. A felvételezést a következőképpen végeztük:

- parcellánként véletlenszerűen 2-3 sort jelöltünk ki úgy, hogy a sorokban minimum 100-100 egyed felvételét tudtuk elvégezni,
- famagasságot és mellmagassági átmérőt mértünk és meghatároztuk a felvett terület nagyságát
- kiszámoltam az egyes parcellákra érvényes szorzószámot, az adatokat a biometria módszereivel értékeltem, ezt vonatkoztattam egy-egy parcellára, végül 1 ha-ra.

Azokból a fafajokból, melyekből két azonos hálózatu parcella van, az adatok átlagát képeztem, s ezt tüntettem fel a táblázatokban és az ábrákon. Vannak olyan fafajok, melyek parcellái 35 éves korra már nincsenek meg (nemesnyárok), illetve csak kevés egyedszámmal vannak jelen a területen, ezért ezeket nem vettem be az összehasonlításba. Továbbá nem foglalkoztam a hálózat kísérletekre beállított vörös tölgy parcellák felvételével, illetve értékelésével sem.

Így az alábbi parcellák, illetve fafajok adatai szerepelnek (hálózattal) az értékelésben:

1. parcella *Quercus rubra* (1x1 m) VT;
2. parcella *Quercus rubra* (2x1m) VT;
10. parcella *Quercus rubra* (2x2 m) VT (10 éves korig kései meggyel elegyes volt);
3. parcella *Celtis occidentalis* (1,5x1 m) NYO;
- 4.és 6. parcella *Tilia platyphyllos* (1,5x1 m) NH átlaga;
- 5.és 9. parcella *Tilia argentea* (1,5x1 m) EH átlaga,
- 7.és 12. parcella *Tilia cordata* (1,5x1 m) KH átlaga;
- 8.és 17. parcella *Quercus petraea* (1x1 m) KTT átlaga;
11. parcella *Castanea sativa* (2x2 m) SZG;
13. parcella *Pinus silvestris* (1,5x1 m) EF;
14. parcella *Pinus nigra* (1,5x1 m) FF;
15. parcella *Picea abies* (1,5x1 m) LF;
18. parcella *Quercus robur* (1x1 m) KST;
19. parcella *Pseudotsuga menziesii* var. *viridis* (1,5x1 m) ZDF;
22. parcella *Pseudotsuga menziesii* var. *viridis* (1x1 m) ZDF;
28. parcella *Padus serotina* (2x1 m) KM.

Ez a fafaj-összehasonlító kísérlet 35 éves, lassan középkorú, így néhány értékes következtetés már most is levonható az eddigi eredményekből.

Az egyes fajok összehasonlításához és a növekedési erély meghatározásához a fmagasság és a mellmagassági átmérő 10, 16, 22 és 35 éves kori méréseit és az azok közötti változást használtam fel.

A körlepősszeg, főleg fiatal korban még aránylag kicsi, mértékét a törzsszám erősen befolyásolja. A fatérfogat - különösen 10 éves korban - még nem alkalmazható az összehasonlításra a bizonytalan alakszám miatt, bár kiszámoltam és feltüntettem azokat is a 16, 22 és 35 éves korban számított értékek mellett.

A törzsszámváltozást, azaz a telepítési darabszámhoz viszonyított csökkenést (1 ha-ra vonatkoztatva) az 1. táblázat tartalmazza.

Törzsszám (db/ha)					
Fafaj	telepítéskor	10éves	16éves	22éves	35éves
VT(1x1)	9500	7375	6125	4296	1600
VT(2x1)	4800	3312	2083	1623	1156
VT(2x2)	2500	1487	1444	1326	1100
NYO(1,5x1)	6340	6242	5835	3419	1416
NH(1,5x1)	6340	5913	5067	4555	1990
EH(1,5x)	6340	2684	2244	2020	1333
KH(1,5x1)	6340	3100	2915	2512	1800
KT(1x1)	6340	3517	2479	2010	1500
SZG(2x2)	2500	1020	950	810	410
EF(1,5x1)	6340	4662	3720	1601	700
FF(1,5x1)	6340	4254	2667	2450	1333
LF(1,5x1)	6340	3815	3688	2695	2132
KST(1x1)	9500	6250	4850	2575	1500
ZDF(1,5x1)	6340	3704	2222	1834	1700
ZDF(1x1)	9500	5560	3510	2750	2200
KM(2X1)	4800	3054	2244	2154	1167

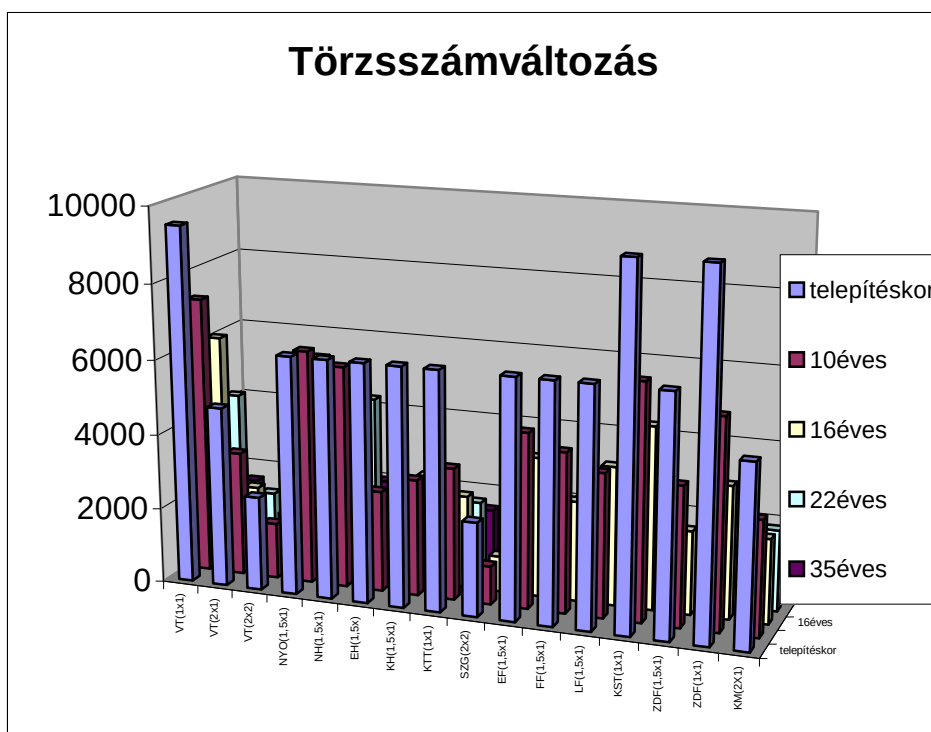
1. táblázat: Törzsszámváltozás a telepítési darabszámhoz viszonyítva 1 ha-ra vonatkoztatva

Az adatokból kitűnik, hogy a törzsszámcsökkenés természetes úton (természetes mortalitás) csaknem valamennyi faj esetében bekövetkezett, hiszen a 10 és a 16 éves kori felvételek időpontjáig a területen - az ápolási munkákon kívül – nem történt erdőművelési beavatkozás.

A természetes törzsszámcsökkenés különösen jelentős volt az ezüsthársnál, de a kislevelű hársnál is, főleg 10 éves korig. A kezdeti növekedés idején a

szelídgesztenyét erősen károsította a vad, de ezen fafaj sokat szenvedett a kései fagyoktól is, s ez a két tényező együtt jelentős törzsszámcsökkenést okozott. Az erdeifenyő törzsszáma 22 éves korra és 35 éves korra is erősen csökkent, amely részben a hótöréssel, részben a parcellában erősen felverődő akácsarjak nyomásával magyarázható.

Folytatódott a törzsszámcsökkenés a tisztítás és a törzskiválasztó gyérítés következtében is, így 35 éves korra – az előbb említettek miatt is – a szelídgesztenye és az erdei fenyő van a legkisebb darabszámmal a területen. A törzsszámváltozást szemléletesen a 3. ábra mutatja.



3.ábra: A törzsszám változása (db)1 ha-ra vonatkoztatva

A famagasság mérése eddig 3, 10, 16, 22 és 35 éves korban történt. (a 3 éves kori adat csak tájékoztató jellegű, ezért nem tüntettem fel a táblázatban és az ábrán) Az egyes korokban mért átlagértékek a 2. táblázatban láthatók.

Famagasság (m)				
Fafaj	10éves	16éves	22éves	35éves
VT(1x1)	5,15	10,81	11,59	15,56
VT(2x1)	4,40	9,61	13,11	18,58
VT(2x2)	3,67	9,67	11,04	16,84
NYO(1,5x1)	5,81	6,82	9,65	14,61
NH(1,5x1)	4,24	8,65	10,04	14,84
EH(1,5x)	2,99	7,58	9,93	14,57
KH(1,5x1)	2,66	6,60	9,72	13,18
KTT(1x1)	2,55	5,29	8,21	15,02
SZG(2x2)	2,79	6,42	9,80	13,19
EF(1,5x1)	4,02	7,23	10,41	13,85
FF(1,5x1)	2,97	6,47	9,11	14,30
LF(1,5x1)	1,17	5,25	10,53	15,53
KST(1x1)	3,10	6,94	10,58	16,53
ZDF(1,5x1)	4,54	8,57	14,96	17,17
ZDF(1x1)	4,85	8,61	13,15	17,22
KM(2X1)	5,01	8,58	12,49	15,47

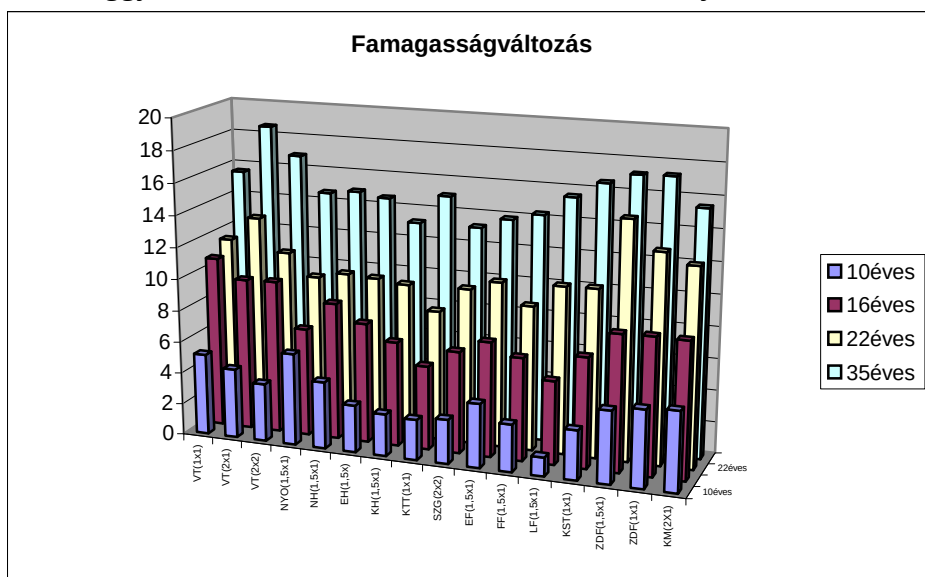
2. táblázat: Famagasság m-ben 10, 16, 22 és 35 éves korban

Megfigyelhető, hogy 10 éves korban a nyugati ostorfa és a kései meggy állnak az első helyen a magassági növekedést tekintve. 16 illetve 22 éves korra jelentősen nőtt már a zöld duglászfenyő, a vörös tölgy, és a lucfenyő is. 35 éves korban megmaradt a zöld duglászfenyő erőteljes magassági növekedése, továbbra is ez elsők között van a kései meggy és a lucfenyő, valamint a különböző hálózatba telepített vöröstölgy. A magasság változása szemléletesen a 4. ábrán látható.

A mellmagassági átmérőt eddig négyszer mértük, 10, 16, 22, illetve 35 éves korban. Ezek átlagértékei a 3. táblázatban láthatók.

10 éves korban a pionír fafajok, valamint a zöld duglászfenyő (mindkét hálózatban) mellmagassági átmérő növekedése jelentősebb, mely változik a későbbi korokban. Ha a 16, illetve 22 éves korra bekövetkező átmérőnövekedést tekintjük, megállapíthatjuk, hogy jelentős mellmagassági átmérőnövekedés volt 16 éves korra a szelídgesztenyénél, az ezüst és kislevelű hársnál, a lucfenyőnél és a vörös tölgnél is. 22 éves korra ez a

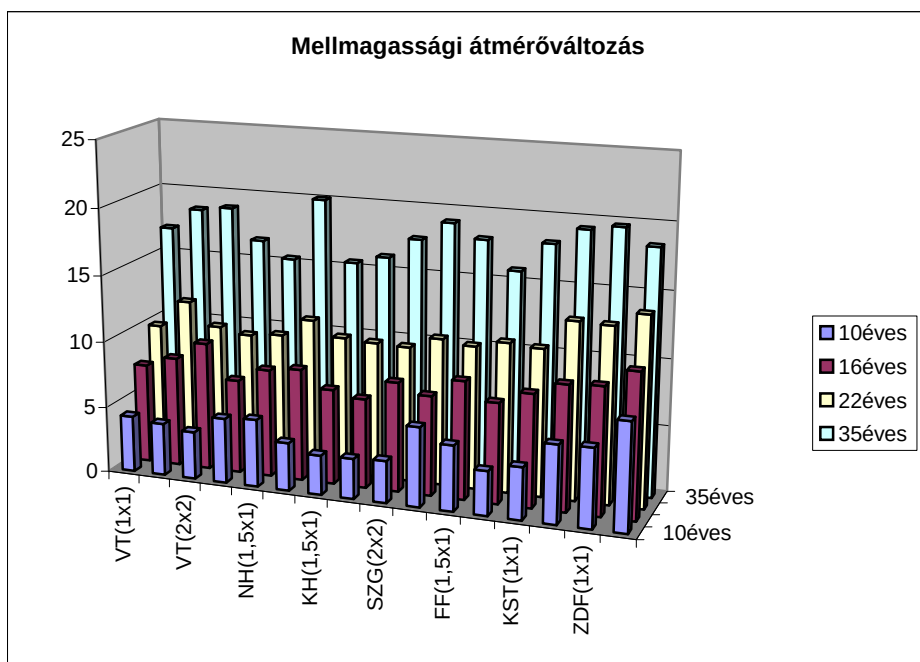
hirtelen növekedés csak a lucfenyőnél maradt fenn, de erőteljesen vastagszik a kései meggy is. Mindezt szemléletesen az 5. ábra mutatja.



4. ábra: A famagasság m-ben 10, 16, 22 és 35 éves korban

Mellmagassági átmérő($d_{1,3}$) cm				
Fafaj	10éves	16éves	22éves	35éves
VT(1x1)	4,24	7,51	9,92	16,97
VT(2x1)	3,95	8,27	12,00	18,58
VT(2x2)	3,59	9,65	10,30	18,86
NYO(1,5x1)	4,91	7,08	9,89	16,57
NH(1,5x1)	5,10	8,13	10,13	15,35
EH(1,5x)	3,62	8,43	11,49	20,02
KH(1,5x1)	2,98	7,16	10,42	15,47
KTT(1x1)	3,02	6,72	10,24	16,08
SZG(2x2)	3,17	8,24	10,17	17,61
EF(1,5x1)	5,97	7,50	11,03	19,04
FF(1,5x1)	4,92	8,87	10,73	17,99
LF(1,5x1)	3,33	7,54	11,24	15,89
KST(1x1)	3,92	8,47	11,05	18,09
ZDF(1,5x1)	5,85	9,41	13,29	19,30
ZDF(1x1)	5,93	9,56	13,22	19,67
KM(2x1)	8,11	10,87	14,23	18,44

3. táblázat: Mellmagassági átmérő ($d_{1,3}$)



5. ábra: A mellmagassági átmérő (cm) változása

Fafaj	Körlapösszeg (G) m ²			
	10éves	16éves	22éves	35éves
VT(1x1)	10,41	27,35	33,16	39,62
VT(2x1)	4,23	11,18	18,40	31,35
VT(2x2)	1,50	10,57	11,04	30,73
NYO(1,5x1)	11,83	22,97	26,25	30,54
NH(1,5x1)	12,08	26,07	35,65	32,84
EH(1,5x)	2,76	12,59	20,97	27,68
KH(1,5x1)	2,13	11,74	21,28	27,61
KTT(1x1)	2,46	8,84	16,69	30,44
SZG(2x2)	0,82	5,06	6,58	19,47
EF(1,5x1)	13,06	16,49	15,03	19,91
FF(1,5x1)	8,07	16,46	22,17	33,91
LF(1,5x1)	3,32	12,78	26,75	42,29
KST(1x1)	7,54	27,31	24,71	38,54
ZDF(1,5x1)	9,95	15,45	25,41	51,62
ZDF(1x1)	15,33	25,27	37,63	64,32
KM(2x1)	15,72	20,82	34,32	31,14

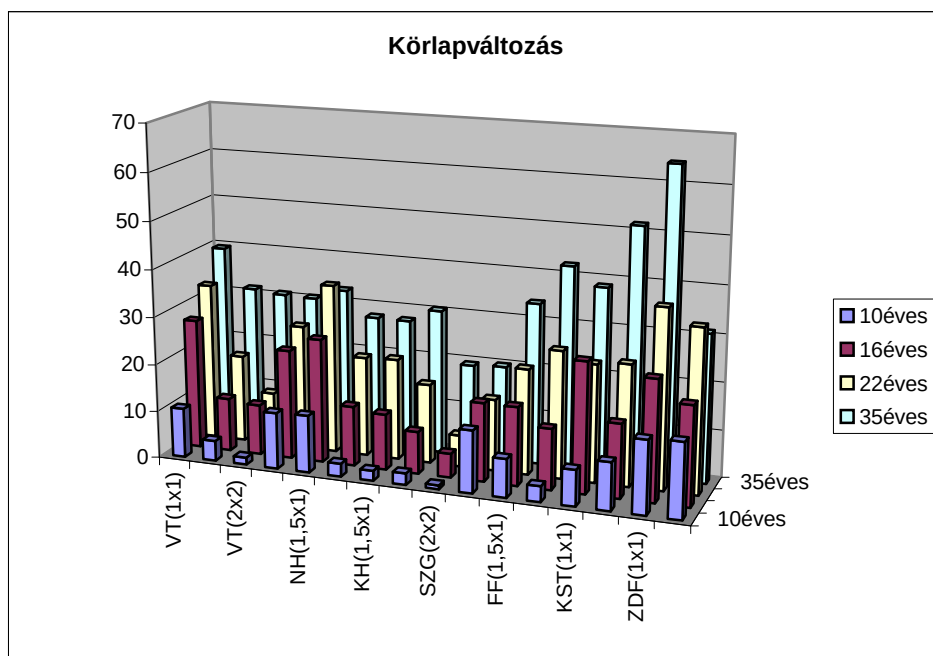
4. táblázat: Körlapösszeg (G) m²-ben 10, 16, 22 és 35 éves korban

A körlapösszeg változását a 4. táblázatban tekinthetjük át. A körlapváltozást, mely már 1 ha-ra vonatkozik, jelentősen befolyásolja a törzsszám változása.

10 éves korban azon fafajok körlapösszege a legmagasabb, melyek nagy darabszámmal voltak jelen a területen, mint például a sűrű hálózátú zöld duglászfenyő, valamint az erdeifenyő, kései meggy. 16 éves korra még mindig a nagy darabszámmal előforduló fafajok rendelkeznek aránylag magas körlapösszeggel, mint például a kocsányos tölgy, nagylevelű hársl, zöld duglászfenyő, sűrű hálózátú vörös tölgy.

Jelentősen változik a helyzet 22 éves korra. Csökken a körlapösszeg például a kocsányos tölgnél, és az erdeifenyőnél. Ezek magyarázata a nagyszámú természetes törzsszámcsökkenés, amit már említettem, s ugyanez érvényes a kocsányos tölgy és az erősen károsított erdeifenyő parcellákra is.

A körlapváltozás a 6. ábrán látható.



6.ábra: A körlapösszeg változása (m²) 1 ha-ra vonatkoztatva

A fafajok növekedési erélyét, s ez alapján a fafajok növekedési sorrendjét 10 éves korban Majer (1980) a $100 \times \overline{G} \times \overline{H}$ alapján határozta meg. Ez a mutató azonban 16 illetve 22 éves korban már nem adott reális képet a fafajok növekedési erélyéről. A körlapösszeget ugyanis erősen befolyásolja a hektáronkénti törzsszám, ezért a növekedési erély meghatározására ezekben a korokban a magassági – és a mellmagassági átmérőnövekedés változását választottam az első felvételezéshez, tehát 10 éves korhoz viszonyítva.

Mindegyik mutató alapján meghatároztam a sorrendet, és a két változó közötti összefüggés vizsgálatára a rangkorrelációs módszert választottam. E módszerben először a változók értékeit rangsoroltam, majd a rangsoruknak megfelelően úgynevezett rangszámot adtam. A két változó értékeit külön-külön rangszámoztam 1-től 16-ig, 16-tal jelölve az értékelt parcellák illetve fafajok számát. Azt vizsgáltam, hogy a két változó rangszámai az azonos megfigyelési egységeken mennyire egyeznek.

A rangkorrelációs koefficiens képlete:

$$r_{\text{rang}} = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n/n^2 - 1/}$$

A rangkorrelációs koefficiens statisztikai próbájához „A korrelációs koefficiens kritikus r értékei” (Fisher és Yates, 1957 után) táblázatot alkalmaztam n-2 szabadságfokkal.

16 éves korban az $r_{\text{rang}} = +0,8968$ eredményt kaptam

A számított $r = 0,8968$ nagyobb mint az $FG = 16-2 = 14$ -re $P=5\%$ szinten megadott táblázati r érték /0,4973/, tehát levonható az a következtetés, hogy a magassági növekedés és a mellmagassági átmérő változás között szoros összefüggés van, méghozzá annyira, hogy még a $P=0,1\%$ szinten megadott táblázati r érték /0,7084/ is alatta marad a kapott értéknek.

22 éves korban a rangkorrelációs koefficiens: $r_{\text{rang}} = +0,4262$

Ez a számított $r = 0,4262$ nagyobb, mint az $FG = 14$ -re $P = 10\%$ szinten megadott táblázati r érték /0,4259/, tehát ebben is fennáll az összefüggés, de csak $P = 10\%$ valószínűségi szinten vagy felette.

35 éves korban a rangkorrelációs koefficiens: $r_{\text{rang}} = +0,5882$

Ez a számított $r = 0,5882$ nagyobb, mint az $FG = 14$ -re $P = 2\%$ szinten megadott táblázati r érték /0,5742/, tehát ebben is fennáll az összefüggés a $P = 2\%$ valószínűségi szinten vagy felette.

Ennek alapján adtam meg a fafajok növekedési erély szerinti sorrendjét az 5. táblázatban.

Jól látható, hogy 16 éves korban első helyen a 2x2 m-es hálózatban telepített vörös tölgy áll, bár kevés darabszámmal van jelen a területen, de jelentős ezen egyedek magassági és mellmagassági növekedése egyaránt. 16 éves

korban előkelő helyen áll a lucfenyő, mely 22 éves korában is folytatja erőteljes növekedését. Ebben a korban jelentős a kocsánytalan tölgy előrelépése, mely megmarad 35 éves korára is, s ebben az időszakban fejlődik nagyot a kocsányos tölgy is. Ebben a korban visszaesőben vannak a fenyők, különösen a zöld duglász. Az erdei fenyő növekedése csak 10 éves koráig volt erőteljes – pionír volta miatt -, a későbbi korokban erőteljesen visszaesik a növekedési rangsorban.

A FAJAJOK NÖVEKEDÉSI ERÉLY SZERINTI RANGSORA			
10 éves korban	16 éves korban	22 éves korban	35 éves korban
a $100x\overline{G} \times \overline{H}$ mutató alapján	a mellmagassági átmérő és magassági növekedés alapján a fajok növekedési erély szerinti sorrendje		
1. KM (2x1)	1. VT (2x2)	1. LF (1,5x1)	1. KTT (1x1)
2. ZDF (1,5x1)	2. LF (1,5x1)	2. KTT (1x1)	2. SZG (2x2)
3. EF (1,5x1)	3. EH (1,5x1)	3. ZDF (1,5x1)	3. EH (1,5x1)
4. NYO (1,5x1)	4. KH (1,5x1)	4. KH (1,5x1)	4. KH (1,5x1)
5. NH (1,5x1)	5. SZG (2x2)	5. ZDF (1x1)	5. KST (1x1)
6. VT (1x1)	6. KST (1x1)	6. KM (2x1)	6. VT (2x2)
7. FF (1,5x1)	7. VT (2x1)	7. SZG (2x2)	7. FF (1,5x1)
8. VT (2x1)	8. KTT (1x1)	8. VT (2x1)	8. VT (2x1)
9. VT (2x2)	9. VT (1x1)	9. EH (1,5x1)	9. LF (1,5x1)
10. KST (1x1)	10. FF (1,5x1)	10. FF (1,5x1)	10. ZDF (1,5x1)
11. EH (1,5x1)	11. NH (1,5x1)	11. KST (1x1)	11. VT (1x1)
12. SZG (2x2)	12. ZDF (1x1)	12. NYO (1,5x1)	12. NH (1,5x1)
13. ZDF (1x1)	13. ZDF (1,5x1)	13. NH (1,5x1)	13. NYO (1,5x1)
14. KH (1,5x1)	14. NYO (1,5x1)	14. EF (1,5x1)	14. EF (1,5x1)
15. KTT (1x1)	15. EF (1,5x1)	15. VT (1x1)	15. ZDF (1x1)
16. LF (1,5x1)	16. KM (2x1)	16. VT (2x2)	16. KM (2x1)

5. táblázat: A fajok növekedéserély szerinti sorrendje

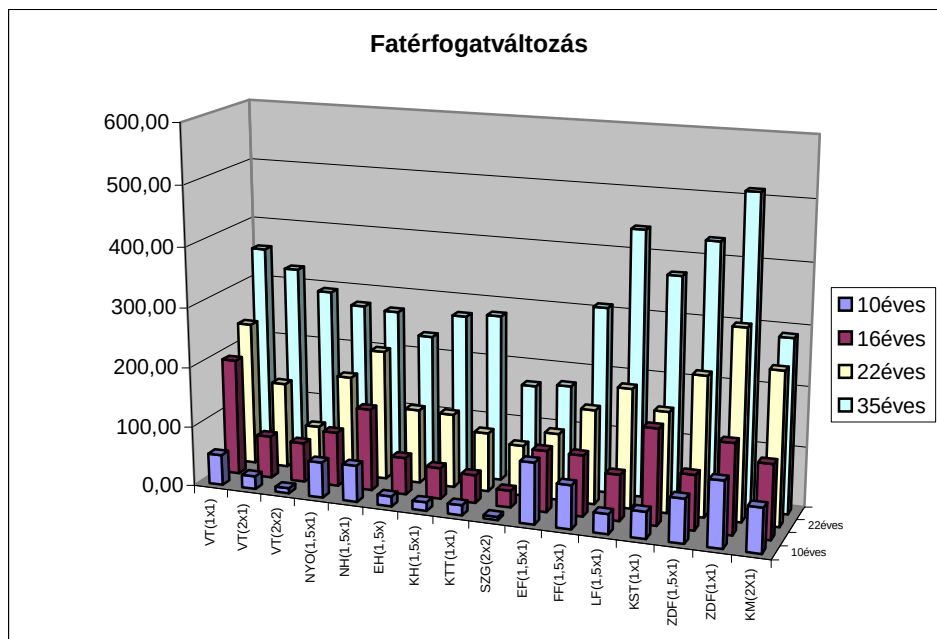
A fatérfogat meghatározása fatömeg táblákkal történt. A fatérfogat változását, amely szintén 1 ha-ra vonatkozik, a 6. táblázat mutatja.

Ezen adatok fiatal korban még csak tájékoztató jellegűek lehetnek, hiszen a körlepősszeghez hasonlóan a fatérfogat meghatározásánál is jelentős szerepe van a hektáronkénti törzsszámnak, s ez ki is tűnik a sűrűbb hálózatu parcellák javára. 22 éves korban a zöld duglászfenyő, a kései meggy, a nagylevelű hárs, valamint a lucfenyő 1 ha-ra vonatkoztatott fatérfogata azonban már jelentős. 35 éves korban látható, hogy ezen fajok közül megtartja vezető helyét a zöld duglász, kiemelkedően magas mind az 1,5x1 m-es, mind az 1x1m-es hálózatba telepített parcella fatérfogata. Jó értéket mutat továbbra is

a lucfenyő, s erőteljesen megindult a kocsányos tölgy térfogat növekedése is. Mindezt a 7. ábra szemlélteti.

Fatérfogat (m ³ / ha)				
Fafaj	10éves	16éves	22éves	35éves
VT(1x1)	50,94	195,02	241,11	356,14
VT(2x1)	21,66	70,80	144,12	326,19
VT(2x2)	8,34	65,88	76,06	292,48
NYO(1,5x1)	59,42	90,92	167,55	273,64
NH(1,5x1)	60,99	136,57	217,28	269,31
EH(1,5x)	16,74	61,85	124,38	232,65
KH(1,5x1)	14,27	51,66	123,18	272,61
KTT(1x1)	16,93	46,99	98,60	278,58
SZG(2x2)	5,17	28,04	83,80	166,70
EF(1,5x1)	101,72	101,56	110,79	172,75
FF(1,5x1)	72,14	100,92	156,95	308,65
LF(1,5x1)	32,74	76,50	198,27	440,33
KST(1x1)	44,19	158,60	167,12	371,05
ZDF(1,5x1)	72,92	90,68	232,05	431,00
ZDF(1x1)	108,81	148,96	314,55	513,00
KM(2X1)	73,70	122,47	252,57	288,00

6. táblázat: Fatérfogat m³-ben



7.ábra: A fatérfogat m³-ben 1 ha-ra vonatkoztatva

Röviden összefoglalva elmondható:

Ezen a sekély, rozsdabarna erdőtalajon kezdetben, az első 10 évben a kései meggy és a zöld duglászfenyő mutatta a legjobb magassági- és mellmagassági átmérő növekedést. Sorrendben ezután az erdeifenyő, nyugati ostorfa és a nagylevelű hárs következett. Ezek a fafajok 8-10 éves korra már zárt állományt alkottak. Feltűnően kicsi a hazai tölgyek, a feketefenyő és a lucfenyő magassági- és mellmagassági átmérő növekedése.

22 éves korra állományszerkezeti szempontból kicsit változott a helyzet. A területen akkor a legjobb állományszerkezetet és a legjobb magassági növekedést a zöld duglászfenyő mutatta. Ha a magassági növekedést és a fatérfogat alakulását együttesen vesszük figyelembe a kései meggy, majd a lucfenyő következik, s utána a vörös tölgy – ebből is az 1x1 m-es hálózatban telepített parcella -, de továbbra is kedvező a nagylevelű hárs és a nyugati ostorfa állományszerkezete is.

35 éves korban továbbra is a legjobb állományszerkezetet a zöld duglász adja. Növekedési erélye ugyan jelentősen visszaesett - ez az összehasonlító rangsorban is látható-, de továbbra is a legnagyobb fatérfogati értékeket ezen parcellák adják. Ebben a korban erőteljesen megindulnak a hazai tölgyek, különösen a kocsányos tölgy fatérfogat növekedése jelentős. Egyenletes fejlődést és jó állományszerkezetet mutatnak a hársak és a különböző hálózatba telepített vörös tölgy is. Erre a korra viszont erőteljesen lecsökkent mind a növekedési erélye, mind a fatérfogat növekedése az erdei fenyőnek és a kései meggynek is – pionír voltuk miatt-, hiszen ezen fafajok voltak azok, melyek az első időszakban a legjobb fejlődést mutatták.

Természetesen igen messzemenő következtetések ma még nem vonhatók le, további megfigyelésekre, vizsgálatokra van szükség. Ezen vizsgálatok részben folyamatban vannak, részben a jövőben folytatjuk őket.

AZ ERDŐSÁVOK ÁTTÖRTSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA: AZ ELMÚLT FÉL ÉVSZÁZAD ALKOTÁSAI A DIGITÁLIS TECHNIKA LEHETŐSÉGEINEK TÜKRÉBEN

Takács Viktor¹ – Dr. Frank Norbert²

¹doktorandusz, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdőművelés Tanszék

²egyetemi docens, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdőművelés
Tanszék

BEVEZETÉS

A második világháborút követő országos erdőtelepítés évtizedei egyben az erdősáv-telepítések fénykora is volt. Azóta eltelt időszakban fokozatosan háttérbe szorult mind mezőgazdasági, mind erdészeti szakemberek részéről a védelmi szereppel bíró fásításokra irányuló figyelem. Különösen az utóbbi két évtizedben maradtak el a szükséges fenntartási feladatok, a gazdasági rendszer még le nem zárult változásai, máig nyitott kérdései (pl. földtulajdon rendezés) miatt. A korabeli títustervekben leírt erdősávszerkezetek nagy része a mai napig megtalálható, ám többségük csak a szerkezetalkotó fafajok megléte és a tervdokumentumok alapján azonosítható.

Az erdészeti szakirodalom az 1970-es években 35000 hektár erdősávot tartott számon. Az Állami Erdészeti Szolgálat adatai szerint a mezővédő erdő védelmi rendeltetésű erdőterület 2001-re kevesebb, mint a felére, 16416 hektárra csökkent. Az alábbiakban felsorolt források, a szerzők által alkalmazott elnevezéseket és az általuk közzétett adatokat rendszerezik (1. táblázat).

Az államosítás utáni három évtized szakmai körökben az erdősávkísérleteiről is jól ismert. Ebben az időszakban az erdősávok létesítése, fenntartása és ápolása magától értetődő volt, hiszen egy adott mezőgazdasági termelőszövetkezet vagy más gazdálkodási szerv (pl. Közöskezelő Kht.-k) a saját tulajdonáért felelősnek érezte magát, s biztosította, igényelte a mezővédő- és hófogó erdősávokra fordítandó anyagi- és munkaerőforrásokat. Hasonló okokra, illetve a kedvező földrajzi fekvésre vezethető vissza, hogy például az általunk vizsgált sopronhorpácsi (Takács 2004) és a sarród-nyárligeti erdősávrendszerek (Takács-Frank 2004) a mai napig összességében kiválóan szolgálják az eredeti rendeltetésüket (szélfogás, termőtalaj megőrzése, stb.).

Időszak	Forrás	Kiterjedés	Megnevezés	Megjegyzés
1960	GÁL (1961)	1500 km	Alföld	mezővédő erdősáv
		1000 km	Kisalföld	
1970	DANSZKY (1972)	34977 ha	országos	védőfásítás
1975	GÁL-KÁLDY (1977)	9891 ha	meglévő	mező és legelővédő fásítás
1976-1990		4091 ha	tervezett	
1975		22600 ha	meglévő	összes védőfásítás és egyéb
1975	KERESZTESI (1991)	8800 ha	meglévő	green belts (zöld sáv)
1975-1990		20600 ha	tervezett	
1990		29400 ha	tervezett	
1990	DANSZKY (1972)	33400 ha	tervezett	védőfásítás és egyéb
2001	ÁESZ (2001)	16416,7 ha	felmért	mezővédő erdősáv

1. táblázat: Hazánk erdősávjai a számok és az évtizedek tükrében.

Az Erdőművelés Tanszék és jogelődjeinek munkatársai több évtizedre visszamenően foglalkoznak erdősáv kutatással. Munkánk során abban a szerencsés helyzetben voltunk, hogy a korabeli mérési eredményeket – főleg kisalföldi kutatási területeken – alapul véve összehasonlíthatóvá válik a tervezett-telepített és a majd ötven évre rá következően a jelenlegi megvalósult állapot. Vizsgálataink célja, hogy különböző szempontok alapján értékeljük a máig fontos védelmi feladatot betöltő erdősávokat és ezek rendszereinek maradványait.

Mezővédő és hófogó sávok szerkezeti elemzésén keresztül számtalan bizonyítékot gyűjtöttünk az erdősávok létjogosultságára; bebizonyosodott, hogy multifunkcionalitásuk által mind a közvetlen környezetükre, a hozzá szervesen kapcsolódó életközösségekre, mind az őket körülvevő tájra kedvező hatással vannak (Takács-Frank 2005).

Az erdősávok tervezése, minősítése

Kutatásaink során elértünk arra a pontra, ahol az erdősávokat már nem csupán mint komplex rendszert, hanem egyenként, mint egyedi egységeket is minősíteni kell. Ez a minősítést a faj szintű szerkezeti- és egészségi vizsgálatokkal ugyan elvégezhető (Takács 2004), de az erdősávok eredeti gondolatához visszatérve fontossá vált még egy szempont: a mai erdősávok áttörtség szerinti osztályozása.

A máig fennmaradt erdősávrendszerek telepítésekor a tervezők mindenre gondoltak, de azzal nem is számolhattak, hogy a hatalmas ütemben fejlődő számítástechnika majd fél évszázad múlva korlátlan lehetőséget fog

nyújtani számításaik igazolásához. Ma már tudjuk, hogy a digitális technika erdészeti alkalmazása szinte kimeríthetetlen.

A védelmi célra létesítendő erdősávok telepítésekor a legfőbb feladat a megfelelő tájolás megválasztása mellett a helyes szerkezet meghatározása és kialakítása. Az elmúlt évtizedek kísérleti tapasztalatai alapján kiderült, hogy a széles (15-20 soros) erdősávok nem hoznak nagyobb hasznót, mint a 3-5 sorból állók, mivel már pár sor után – szerkezettől függően – a szél ereje az állomány belsejébe jutva belátható távolságon belül felörlődik. Az erdősávoktól nem is azt várjuk, hogy falszerűen útját állják a szélnek, hanem annak erejét annyira mérsékelje, hogy az már ne legyen veszélyes a védendő területre (út, szántó, település, stb.) érve, ezért a sorok számának függvényében olyan porozitást kell kialakítani az erdősávok természetes építőköveinek (fák, cserjék, lágyszárúak) segítségével, amellyel az erdősáv várhatóan betöltheti a tervezéskor neki szánt szerepet.

Az erdősávok tervezésekor mindenekelőtt meg kell határozni, hogy mit is szeretnénk a széllal szemben megóvni. A védendő objektum fizikai jellemzőitől függően megállapítandó a védőtávolság. Fel kell arra is hívni a figyelmet, hogy nem az erdősáv az egyedüli védekezési módszer. Amíg a frissen telepített erdősáv növekedése során el nem éri az effektív magasságát és sűrűségét, addig más fizikai akadályokat is célszerű alkalmazni, továbbá a kiritkulóban lévő erdősávok esetében is alkalmazhatunk egyéb természetes vagy mesterséges akadályokat (fémrács, hófogó rács, stb.). A következő táblázat természetes és mesterséges akadályok porozitását, felületi nyitottságát (nyílt és zárt felületek arányát) hasonlítja össze (2. táblázat).

					
Erdősáv	Fasor	Bozót	Útszéli bokor	Rács (fém)	Kerítés (műa.)
57 %	33 % - 62 %	68 %	81 %	38 %	36 %

2. táblázat: Példák különböző védelmi eszközök felületi nyitottságára.

Már az erdősávok pontos helyének és tájolásának meghatározásakor érdemes az alkalmazandó fásszárú fajok megválasztását véglegesíteni. A szerkezeten nem csak a telepítési hálózat (sor- és tőtáv) leírását, hanem a változatos lombzatú fafajok és szegélyalkotó cserjék kiválasztását is jelenti egyben. Mindezeket együtt vizsgálva, olyan erdősávot kell kialakítani, amely

áttörtségével biztosítja a kívánt szélesebbesség csökkentő hatás kialakulását, illetve a hófogó sávok esetén a lerakási zóna megfelelő távolságban való kialakulását.

Szélesebbesség, áttörtségi tényező

Felmerül a kérdés, hogy milyen veszélyes szélesebbeségre méretezzünk? Mennyivel csökkentjük a szél erejét? Ez milyen hatással lesz az erdősávok védett környezetére? A következőkben ezekre a kérdésekre próbálunk közelítő válaszokat adni a modern technika eszközeinek segítségével.

A klasszikus szakirodalom az erdősávok jellemzésére az áttörtségi tényezőt (**L**) vezette be. Ezt a tényezőt a szélvédett oldal (**Lee**) és a szélnek kitett oldali (**Luv**) nyílt területen mért szélesebbesség hányadosa adja.

Típus	Nyílások, hézagok	Áttörtségi tényező
I. Zárt (tömör)	< 10 %	< 0,35
II. Hézagos (áttört)	10-30 %	0,35-0,7
III. Nyitott (széláteresztő)	> 30 %	> 0,7

3. táblázat: A mezővédő erdősávok osztályozása (Dobos, 1972).

Az erdősávok fenti kategóriákba (3. táblázat) történő besorolása hézagszázalékuk becslése alapján történt. Ebből és a sáv összetételéből (szélesség, fafajok, profil) következtetni lehet az áttörtségi tényezőre is. Természetesen ez nem precíz mérnöki megoldása az erdősávok minősítésének, de az 1950-60-as évek kutatási eredményeire alapozva elegendőnek bizonyult.

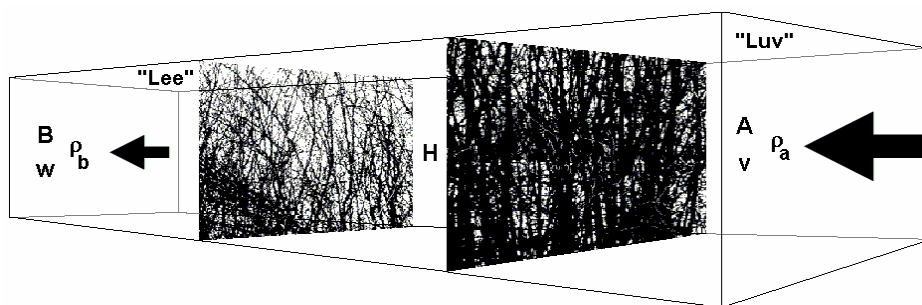
Napjainkig is sokan és sokféle módon igyekeztek leírni, modellezni az erdősávok környezetében és belsejében zajló áramlásokat, szélesebbesség csökkenést vagy éppen gyorsulást (csatorna-hatás). A tapasztalataink szerint a témával foglalkozó kutatók többsége arra az álláspontra jutott, hogy bizonyos pontossági tartományban meg lehet ugyan adni a szélesebbesség csökkentő hatást, de a sok függő és független környezeti változó miatt univerzális formula leírása nem lehetséges. A modellezés rámutathat bizonyos törvényszerűségekre, útmutatást adhat a tervezés során, de egy adott helyen jobb a már megismert, a gyakorlatban is bevált erdősávtípus alkalmazása. A már meglévő erdősávok tanulmányozásából és minősítéséből juthatunk a legtöbb hasznos tapasztalati információhoz, amelyet hatékonyan felhasználhatunk új mezővédő- vagy hófogó erdősávok tervezésekor.

Anyag és módszer

Ha egy erdősávot egyszerű áramlási rendszerben képzelünk el – figyelmen kívül hagyva a szélsébségen és a sáv fizikai méretein kívül a többi meteorológiai és környezeti paramétert –, már az „ütközési felületek” tanulmányozásával közelítő és jellemző szélsébség csökkenési mutatóval tudjuk az erdősávokat jellemezni. Vizsgálataink során azt tapasztaltuk, hogy egyszeri úgynevezett szembecsléssel nem állapítható meg – az áttörtséget is jellemző – hézagszázalék (nyílt és zárt felület aránya). A szélnek kitett oldal (**A**) hézagfelületének és a szélvédett oldal (**B**) hézagfelületének mérésével, meghatározható a sáv adott nyílt területi szélsébség (**v**) melletti klasszikus áttörtségi tényezője (**L**), hézagszázalékai (továbbiakban porozitás: **P_A**, **P_B**) és a sáv **v/w** arányú sebességcsökkenését jellemző veszteségtényező (**ξ**), ahol a folytonosság tétele alapján **w** [1] a szélvédett oldalon kilépő szélsébség. A veszteségtényező [2] magát az erdősávot, mint áramlási rendszert jellemzi, értéke kedvező esetben $\xi \geq 1$, tehát erdősáv esetén azt mutatja, hogy milyen pozitív hatással van az erdősáv összetett szerkezete a szélsébség csökkentésére.

$$[1] \quad w = \sqrt{\frac{(2P_A - H)}{(2P_B - H)}} v^2$$

$$[2] \quad \xi = 4 \frac{(1 - w/v)}{(1 + w/v)}$$



1. ábra: Az erdősáv, mint leegyszerűsített áramlási rendszer

A hézagfelületek arányából (P_A/P_B), amit itt porozitásnak (**P**) nevezünk el már előre becsülhető, hogy várhatóan az erdősávunk a szélsébségét csökkenését vagy növekedését eredményezi. Ha $P < 1$ várhatóan csökkenés következik be, ha $P > 1$ az a csatornahatás kialakulásához és a szélsébség növekedéséhez vezethet. Természetesen minden esetben szem előtt kell tartani, hogy az erdősávok hatása főként a méreteitől, a szélsébségtől és széliránytól is függ. Ha egy szélnek kitett oldalán 30 %-ban nyitott 10 méter magas (**H**) sávra érkezik a $v=10$ m/s merőleges támadóirányú szél és a sáv szélvédett oldalán 70 %-ban nyitott, akkor a kilépő szélsébség (nem

számolva egyéb meteorológiai tényezővel) várhatóan 6 m/s körül lesz (4. táblázat). A számolt kilépő szélesség (w) segítségével megadható az áttörtségi tényező (L) és a veszteségtényező (ξ) is.

P_A [%]	P_B [%]	H [m]	v [m/s]	w [m/s]	L	ξ
15	70	10	10	3,9	0,4	1,8
20	70	10	10	4,8	0,5	1,4
25	70	10	10	5,5	0,6	1,2
30	70	10	10	6,2	0,6	0,9
35	70	10	10	6,8	0,7	0,8

4. táblázat: Különböző jó kialakítású erdősávok jellemzői

Fordított esetben, ha a szélnek kitett oldal jóval nyitottabb, előfordulhat, hogy a szélesség a többszörösére erősödik (5. táblázat). Ez a növekedett érték ugyan pár száz méter után jelentősen csökken, de útmenti hófogó erdősáv esetén megengedhetetlen, hogy a rossz szerkezet a hóátfúvások kialakulását erősítse.

P_A [%]	P_B [%]	H [m]	v [m/s]	w [m/s]	L	ξ
15	10	10	10,0	14,1	1,4	-0,7
20	10	10	10,0	17,3	1,7	-1,1
25	10	10	10,0	20,0	2,0	-1,3
30	10	10	10,0	22,4	2,2	-1,5
35	10	10	10,0	24,5	2,5	-1,7

5. táblázat: Kedvezőtlen kialakítású erdősávok jellemzői

Jelen vizsgálataink során tehát a porozitás illetve az erdősáv nyílt felületeinek vizsgálatából indultunk ki, hogy a majdani végeredményként jellemző áttörtségi tényezőt kapjunk. A gyakorlati felhasználás lehetőségeit szem előtt tartva egyszerű fényképezőgépeket és megfizethető, mindenki számára elérhető, digitális feldolgozó környezetet (szerkesztő és kiértékelő programmodulokat) használtunk.

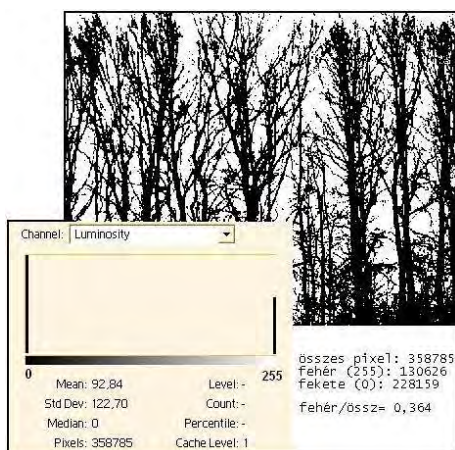
Első lépésként az erdősáv közelében meghatároztuk és rögzítettük azt a pontot, ahonnan felvételt készítettünk a sáv felületéről. A lehetőségekhez képest a felállási pont sáv szélességtől mért távolsága megegyezik a sáv magasságával (H) vagy annak egész számú többszörösével. Bár több tizedesjegy-pontosságú eredményeket nem várhatunk, a felvételt rögzített körülmények közt készítettük úgy, hogy az objektív tengelye párhuzamos a felszínnel és merőleges a fényképezendő felületre. Az elkészült képet képelemző program segítségével szürkeárnyalatúvá transzformáljuk, ahol a

képkockák (pixel) még megőrzik fényintenzitásukat (2. ábra). Az egyszínű (szürke) skálán ezután intenzitásuknak megfelelően csoportosíthatóak a színek. Legegyszerűbb eset, amikor két komponensre osztjuk a színeket, ekkor a fehér és fekete képpontok arány megadja a felvétel (vagyis az erdősáv) százalékos arányban mérhető felületi nyitottságát. Szemléletesebb azaz eset amikor több színcsoportot vizsgálunk, hogy kiszűrhesük az erdősáv mélységében elhelyezkedő fasorokat vagy a háttérben lévő épületek, terepalakulatok esetleges módosító hatásait.



2. ábra: Egy minta különböző színmélységű változatai

A feldolgozó szoftverek többségében adott hisztogram-elemzéssel csatornánként leválogathatóak a képpontok fényességük szerint. A 3. ábrán egy ilyen elemzés végeredménye látható a fehér szín arány az összeshez viszonyítva 36,4 %. Ezt a vizsgálatot az erdősáv mindkét oldalán elvégezve egymással összehasonlítható porozitási értékeket kapunk, amely alapul szolgálhat az áttörtségi tényező kiszámításához.



3. ábra: Hisztogram-elemzés

Tisztában kell lenni az eljárás fizikai korlátaival, és itt sorolhatnánk a feltételezhető hibaforrásokat. Ezzel szemben arra szeretnénk ráfordítani a figyelmet, hogy ez a közelítő eljárás terepi mérések kiértékelésére elegendőnek bizonyul, ha az erdősávokat minősítés alkal-mával a jól ismert áttörtségi kategóriákba szeretnénk besorolni.

Következtetés, javaslatok

Az elődeink kutatásait és a terepi tapasztalatokat alapul véve, továbbá a fent ismertetett eljárás ismertetésén túlmenően javaslatot szeretnénk tenni egy új minősítési osztályozás mellett is. Tesszük ezt azért, mert mérési tapasztalataink azt mutatják, hogy az elméleti modellezésen túlmenően a meglévő mezővédő erdősávok olyan eredményeket mutatnak, amelyek értékelése a korábbi skála helyett az alábbi 5 kategória alapján praktikusabb és árnyaltabb lenne.

Jelölés	Típus	Áttörtség (L)	Porozitás (P)
5	zárt	0-0,3	0-10 %
4	sűrű	0,3-0,5	10-40 %
3	áteresztő	0,5-0,6	40-60 %
2	ritkás	0,6-0,8	60-90 %
1	nyílt	0,8+	90+ %

6. táblázat: A mezővédő erdősávok osztályozása

Az áttörtséget tudományos alapon nehéz megfeleltetni a porozitásnak, továbbá könnyen belátható, hogy egyoldali szemrevételezéssel nem állapíthatóak meg a sávokban lezajló áramlási viszonyok. Ha az erdősáv szélnek kitett oldala sűrűbb (de nem zárt, $P > 10\%$), mint a szélvédett oldal, akkor szélsébség csökkenésére és ebből fakadóan pozitív veszteségi tényezőre számíthatunk. Az, hogy az áttörtségi tényező kedvezően alakul-e, már csak helyi szélmérések alapján állapíthatjuk meg pontosan, azonban azt sem szabad elfelejteni, hogy az erdősávval való gazdálkodás lehetősége egy olyan eszköz, amellyel módosíthatjuk a védő hatást kiváltó sávszerkezetet, illetve a folyamatos erdősáv-borítottságok biztosíthatjuk a veszélyes szelek elleni védelmet.

Az erdősávok szélvédő hatásának vizsgálata során tisztában kell lenni azzal is, hogy a képletek alapján megtervezett szerkezet nem pontosan a matematika törvényei alapján fog működni. Minden leegyszerűsített modell részleteket ragad ki az egész élő áramlási rendszerből és mindig maradnak olyan tényezők, amelyek a helyi körülmények és a meteorológiai viszonyok kiszámíthatatlansága miatt eltéréseket okozhatnak a jól megtervezett mezővédő erdősávunk környezetében. Ilyen egyszerű ok a szél változó beesési szöge, ahol a pár fokos eltérés is – a relatív „szerkezetváltozás” miatt – már különböző szélsébség csökkenéssel jár, de hasonló előre nem számítható változásokat okozhatnak a sáv környezetének változásai: a felszín tagoltsága, a mezőgazdasági kultúra jellege, stb.

A digitális technikával támogatott kísérleteinket olyan irányba szeretnénk továbbfejleszteni, amely minél szemléletesebben ötvözi magában a meteorológia, az áramlástan és az erdészeti kutatások elméleti és gyakorlati tapasztalatait.

Irodalom

- DANSZKY, I. (szerk., 1972): *Erdőművelés I. – Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat, Budapest, 420-448 p.*
- DOBOS, T. (szerk., 1972): *Erdészeti tájrendezés és környezetvédelem B. kötet. – EFE jegyzet, Sopron, 47-49. pp.*
- GÁL, J. (1961): *Az erdősávok hatása a szél sebességére. – Erdészettudományi Közlemények, 2. 5-20 p.*
- GÁL, J. - KÁLDY, J. (1977): *Erdősítés. – Akadémiai Kiadó, Bp. 21-23. p.*
- KERESZTESI, B. (1991): *Forestry in Hungary 1920-1985. – Akadémiai Kiadó, Bp. 477 p.*
- LAJOS, T. (2004): *Az áramlástan alapjai. – Műegyetemi Kiadó, Budapest, 288-295. pp.*
- Magyarország erdőállományai, 2001. Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest, 2002.
- TAKÁCS, V. (2004): *A sopronhorpácsi mezővédő erdősávrendszer állapotfelmérése, a további hasznosítás lehetőségeinek vizsgálata. – Erdészeti Lapok, CXXXIX. 127-130. pp.*
- TAKÁCS, V. – FRANK, N. (2004): *From forest livestock-keeping to multipurpose shelterbelts; Traditions, resources and potential in the relation of Hungarian forest-management and agriculture. – SSM International Congress, Lugo (Spain).*
- TAKÁCS, V. – FRANK, N. (2005): *Shelterbelts ensure the multifunctionality on cultivated fields and diversify the landscape of Small Hungarian Plain. – Multifunctionality of Landscapes - Analysis, Evaluation, and Decision Support, Justus-Liebig-University Giessen (Germany)*

A VADKÖRTÉK GÉNMEGŐRZÉSE FAJAZONOSSÁG ÉS DIVERZITÁS MEGHATÁROZÁS IZOENZIM ÉS DNS VIZSGÁLATOK SEGÍTSÉGÉVEL

Szulcsán Gábor¹, Cseke Klára², Dr. Borovics Attila³

¹ KEFAG Rt. ESZTK 6000 Kecskemét József Attila u. 2,

² Erdészeti Tudományos Intézet Sárvári kutatóállomás Sárvár

³ Erdészeti Tudományos Intézet Sárvári kutatóállomás Sárvár

A GÉNMEGŐRZÉS TÖRVÉNYI ALAPJAI

- A Biológiai sokféleség egyezmény kihirdetéséről szóló 1995. évi LXXXI. törvény rendelkezik a genetikai anyagok megőrzésének feladatairól.
- A természet védelméről szóló 1996. évi LIII. törvény 1. § a) rendelkezik biológiai sokféleség védelmének fontosságáról.
- Az erdőről és az erdő védelméről szóló 1996. évi LIV. törvény 2.§ (1) rendelkezése szerint „az erdőt olyan módon és ütemben lehet használni, hogy az erdő megőrizze biológiai sokféleségét, természet közelségét, termőképességét, felújuló képességét, életképességét.”
- A növényi genetikai anyagok megőrzéséről és felhasználásáról szóló 95/2003. (VIII.14.)FVM rendelet

4. § (1) A haszonnövények körében a következő génforrásokat kell ex situ gyűjteményekben megőrizni:

- a) a magyar származású fajtákat, a magyar tájfajták helyi változatait és az ökotípusokat,
- b) a belföldi flóra mezőgazdasági, kertészeti és erdészeti szempontból jelentős fajainak (haszonnövény rokonfajok, takarmányértékű fajok, gyógy-, fűszer- és dísnövényfajok, gyümölcs és szőlő, valamint erdészeti hasznosítású fajok) veszélyeztetett állományait,
- c) a Magyarországon természetű haszonnövények vad rokonfajait, amelyekből a génátvitel hagyományos és géntechnológiai módszerekkel lehetséges,
- d) a magyar növénytermesztés, növénynemesítés, oktatás, illetve a magyar haszonnövény-alap kutatás és alkalmazott kutatás számára értékes tulajdonságokat hordozó fajtákat, törzseket, vonalakat és klónokat,

- e) a termesztésbe vonás, a növénynemesítés, az oktatás, a kutatás és a választékbővítés céljából jelentős, a nemzetközi génbank-együttműködési rendszer keretében be nem szerezhető külföldi eredetű génforrásokat,
- f) az erdészeti fajokat, amelyekből állami elismerésben részesített vagy állami elismerésre bejelentett fajta van.

(2) A genetikai anyagokat in situ, on farm, ex situ és in vitro módszerekkel lehet fenntartani.

A GÉNMEGŐRZÉS CÉLJAI

A génmegőrzés célja a genetikai erőforrások védelme. Egy adott faj genetikai erőforrásai alatt mindazokat a növényanyagokat, azaz természetes előfordulásokat, mesterségesen létrehozott ültetvényeket és gyűjteményeket értjük, amelyek aktuálisan vagy potenciálisan hasznos genetikai információt hordoznak, ezért védelmük ökonómiai vagy ökológiai okokból, vagy egyszerűen a faj genetikai diverzitásának fenntartása miatt szükségesnek látszik.

ELŐZMÉNYEK

- 1995: a Földművelésügyi Minisztérium létrehozta a Növényi Génbank Tanácsot (NGT).
- 1996: megalakult az NGT Erdészeti Munkabizottsága
- 1997: Az Erdészeti Szaporítóanyag Termesztési Központ bekapcsolódik a génmegőrzési munkába
- 1997-2005 a csalánosi géngyűjteményben létrehoztunk egy 145 (41+104) *Pyrus* sp. genotípusból álló géngyűjteményt. (*Pyrus pyraeaster*, *Pyrus magyarica*, *Pyrus nivalis*, *Pyrus* x sp.)

A GÉNMEGŐRZÉSI MUNKA FOLYAMATA - ANYAG ÉS MÓDSZER

- a génmegőrzési körzetek kialakítása
- a körzetekben törzsfák felkutatása
- a törzsfák leírása, begyűjtése, felszaporítása
- ex situ géngyűjteménybe helyezés
- a gyűjteményben lévő anyag vizsgálata
- morfológiai (morfológiai, virágzás biológiai)
- Genetikai (izoenzim, DNS) vizsgálatokkal
- magtermesztés, repatriálás

GENETIKAI VIZSGÁLATOK - ANYAG ÉS MÓDSZER

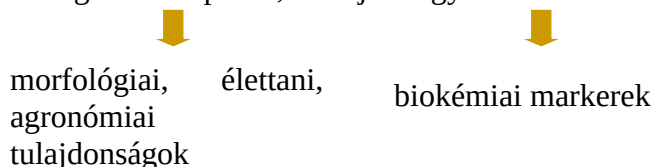
Vizsgálati anyag: KEFAG Rt. csalánosi ex-situ géngyűjtemény mintegy 130 db *Pyrus* genotípusa. A vizsgálat kivitelezését a KEFAG Rt. megbízásából Erdészeti Tudományos Intézet Sárvári Kísérleti Állomás - Genetikai Laboratóriumban Dr. Borovics Attila és Cseke Klára végezte.

Két genetikai vizsgálati módszer került alkalmazásra:

1. Izoenzim vizsgálatok
2. DNS vizsgálatok

A genetikai markerek fogalma és jellemzői

A **genetikai markerek** tulajdonságokat meghatározó allélek, amelyeknek sajátosságait fenotípusos, fehérje- vagy DNS-szinten vizsgáljuk.



A **molekuláris marker**: nukleinsav fragmentum, géntermék, amplifikációs termék vagy primer, hibridizációs próba, amely molekuláris tesztekkel kimutatható és kapcsolható valamely fenotípusos jelleghez.

Az izoenzim-markerek:

- Az izoenzimek fogalma:
Egy faj olyan enzimformáit, amelyek azonos (hasonló) katalitikus hatásúak, de eltérő fizikai-kémiai szerkezetűek izoenzimeknek nevezzük (Markert és Moller, 1959) különböző genetikai eredet - azonos funkció
- Eredetük:
 - több lókuszon kódoltak (eltérő struktúrgének, génduplikációval) *izoenzim*
 - azonos lókusz több allélja (mutáció) *allozim*
 - posztranszlációs modifikáció, szomatikus mutáció (nem örökletes)

Az ideális markerek jellemzői:

- nagyfokú polimorfizmus
- kodomináns öröklődés

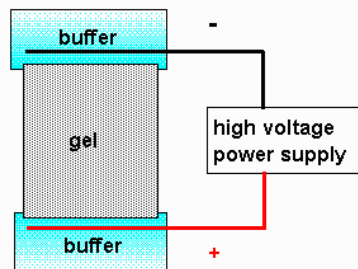
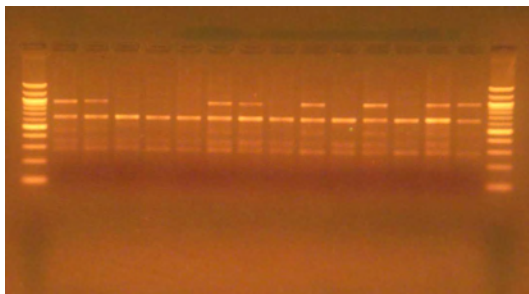
- az allélek egyértelmű jelölése
- gyakori előfordulás a genomban
- egyenletes megoszlás a genomban
- reprodukálhatóság
- könnyű hozzáférhetőség
- olcsó kifejezhetőség

A biokémiai markerek csoportjai:

- alacsony molekulatömegű markerek - fenolszármazékok, alkaloidok, nem fehérjealkotó aminosavak (kromatográfiás technikák)
- izoenzimek, tartalékfehérjék
- DNS-markerek

A gél-elektroforézis elve:

- homogén közegben, az egyenáramú erőter hatására, a töltéssel rendelkező molekulák a pólusok felé vándorolnak
- az elmozdulás sebessége függ:
 - a közegellenállástól
 - a molekulák fajlagos töltésétől (kisebb tömeg, nagyobb töltés gyorsabban mozog)
- közeg: szűrőpapír, membrán, film, gélek (agaróz, keményítő, poliakril-amid), kapilláris



Az izoenzim vizsgálatok előnyei:

- kodomináns allélexpresszió,
- nincs episztatikus kölcsönhatás,
- környezeti tényezők hatásától jórészt függetlenek,
- különböző lokuszok alléljai jól megkülönböztethetők,

- az allélikus különbségek elektroforetikus mobilitásbeli különbségekként detektálhatók,
- egyszerűen, gyorsan és olcsón vizsgálhatók.

Az izoenzim vizsgálatok alkalmazásának lehetőségei:

- populációk molekuláris polimorfizmusának meghatározása,
- taxonómiai besorolás,
- differenciális génexpresszió tanulmányozása,
- nemesítési alapanyagok genetikai jellemzése,
- heterózishatás előrejelzése,
- haploidok előzetes detektálása,
- bejuttatott idegen gének kimutatása.

DNS-módszerek esetében a polimeráz láncreakció alapuló RAPD eljárást alkalmaztuk (Polymerase Chain Reaction, PCR). Lényege: DNS célszekvenciák in vitro felszaporítása enzimatisz úton (Mullis, 1985).

Összetevői :

templát DNS

hőstabil DNS-polimeráz (Taq)

dNTP mix

lánckezdő oligonukleotidok (primerek)

Thermocycler

Lépései:

egy ciklusban:

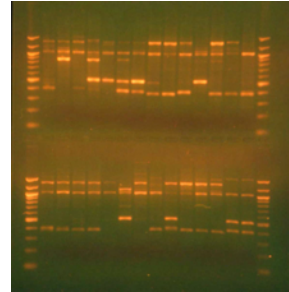
1. Denaturáció
2. Primer kapcsolódása
3. Komplementer szál szintézise 30-40 ciklus
→ Szintetizált DNS mennyisége exponenciálisan nő

A RAPD eljárás leírása:

Véletlenszerűen választott 1 vagy 2, ~10 bázis hosszú primer (nem komplementerek!) maximum ~2 kb hosszú amplifikált szakaszok a polimorfizmus forrása: bázisszám-változás a primerek kötőhelyei között (inszerció, delécio) mutációk a primerekkel komplementer szekvenciákban (kötőhelyek kialakulása vagy eltűnése) kivitelezése: agaróz gél-elektroforézis, ethidium-bromidos festés, UV fény.

Alkalmazási területei:

- genetikai különbségek detektálása,
- homogenitás-vizsgálatok,
- tulajdonságok térképezése,
- DNS-fingerprinting.

**Előnyei:**

kevés minta-DNS-t igényel,
egyszerű, gyors, könnyen optimalizálható,
könnyen automatizálható reakció és kiértékelés,
kis mintaszám esetén a többi DNS-módszernél olcsóbb.

HIPOTÉZIS

➤ A vizsgáltba vont genotípusokat fenotípusos bélyegek alapján négy csoportba soroltuk (csoportokat alakítottunk ki), ezek után vizsgáltuk a fenotípusos bélyegek alapján egy csoportba sorolt egyedekből alkotott csoportok egymáshoz viszonyított helyzetét, a hasonlóságokat, különbségeket. A felállított csoportok:

- (pop.1) - *Pyrus pyraeaster*
- (pop.2) *Pyrus magyarica*
- (pop.3) *Pyrus nivalis*
- (pop.4) *Pyrus* x. *pannonica* (*Pyrus pyraeaster* x *Pyrus nivalis*; Terpó után)

A vizsgálatokat két módszerrel végeztük el:

➤ Izoenzim vizsgálattal

- 115 genotípus
- 4 csoport (pop1-4)
- 4 enzim

➤ RAPD vizsgálattal

- 124 genotípus
- 4 csoport (pop1-4)
- 4 primer

Izoenzim vizsgálatok eredményei

115 genotípus

4 csoport (pop1-4)

4 enzimrendszer

Ahol:

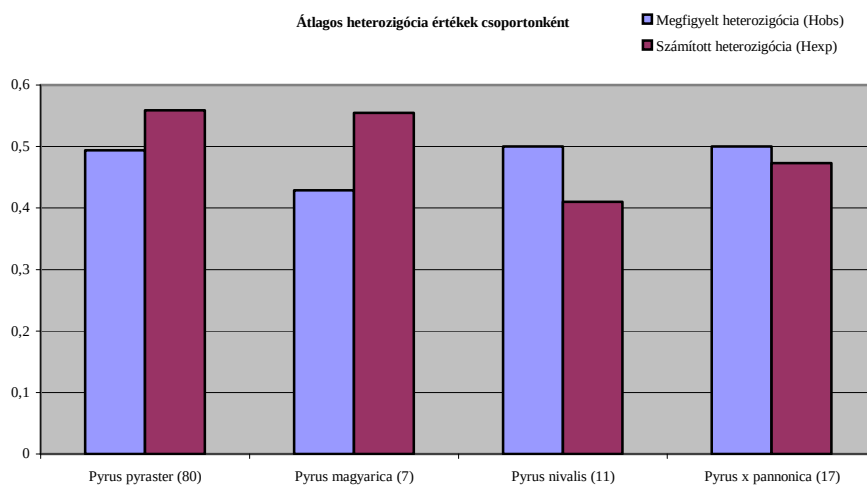
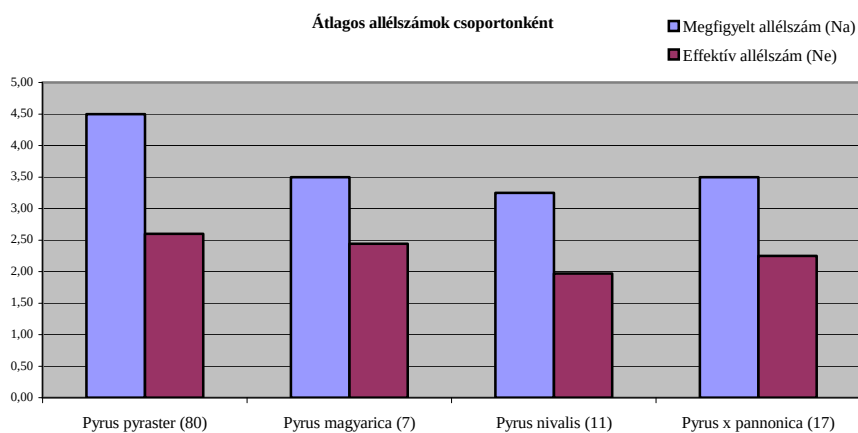
Pop1-Pyrus pyraister

Pop2-Pyrus magyarica

Pop3-Pyrus nivalis

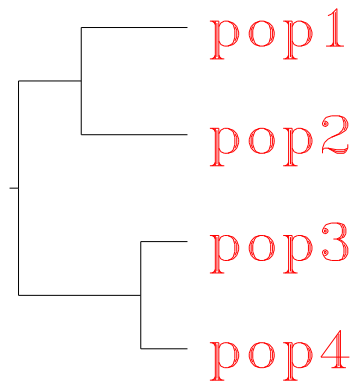
Pop4-Pyrus x. pannonica

Csoporton belüli genetikai jellemzők

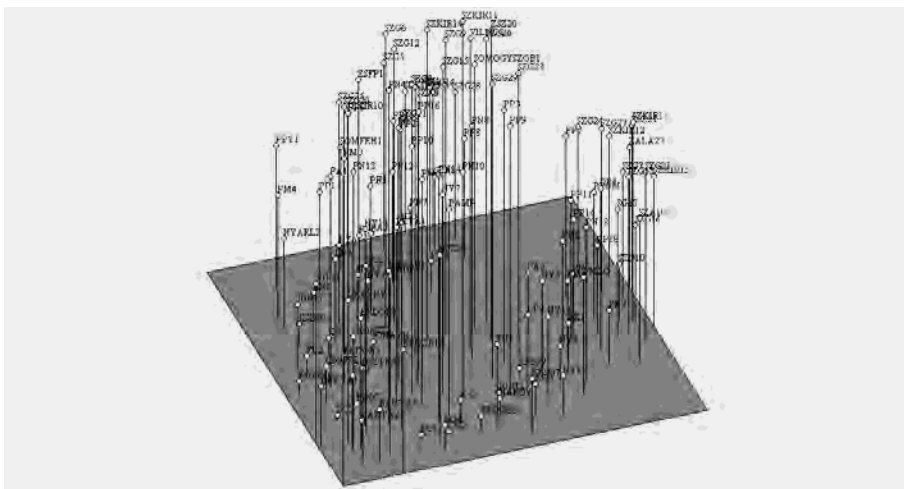


Csoportok közötti genetikai különbség

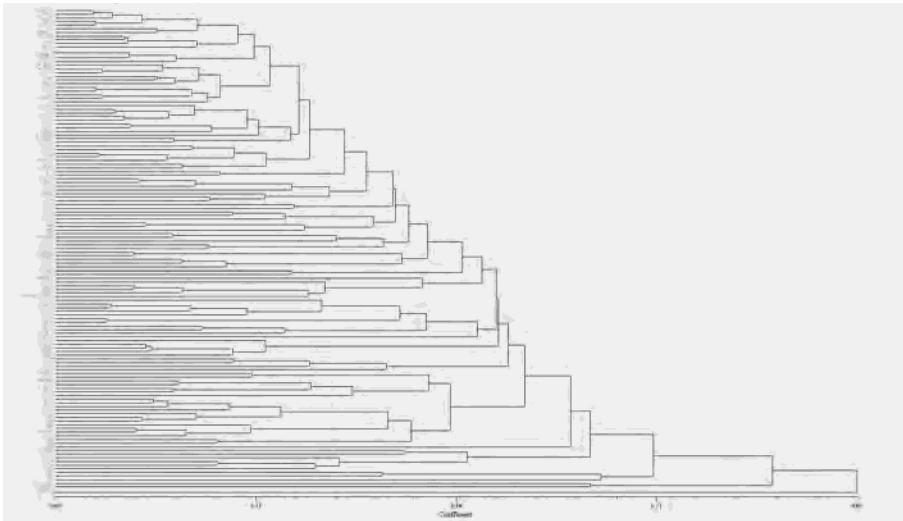
Genetikai távolságon alapuló dendrogram - A négy csoport közötti genetikai különbség



Sokdimenziós skálázással készített ordináció - Egyed szintű genetikai változatosság



Genetikai távolságon alapuló dendrogram - Egyed szintű genetikai változatosság



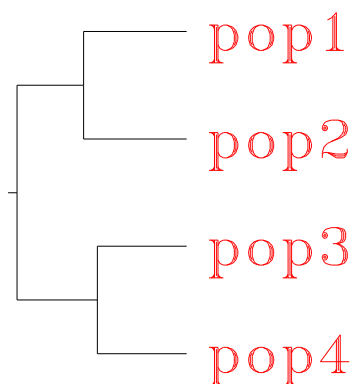
A DNS vizsgálat eredményei

124 genotípus

4 csoport (pop1-4)

4 primer

A DNS vizsgálatok esetében a legfontosabb eredmény a RAPD markerek alapján előállított genetikai távolságon alapuló dendrogram, amely szemléletesen ábrázolja a négy csoport közötti genetikai alapú hierarchikus kapcsolatot.



Következtetések:

Az izoenzim és RAPD vizsgálatok nagyon hasonló eredményt mutatnak, a csoportok léte és elkülönülésük mértéke tekintetében.

1. Két elkülönülő csoportot jelenlétét igazolják a vizsgálatok: (1,2 pop) *Pyrus pyraeaster*, *Pyrus magyarica* (3,4 pop) *Pyrus nivalis*, *Pyrus x pannonica*
2. Az ex situ gyűjteményben a legváltozatosabb allélszerkezetű csoport a *Pyrus pyraeaster*
3. A legkevésbé változatos csoport a *Pyrus nivalis*
4. Magas heterozigóciával jellemezhető a *Pyrus nivalis* és a *Pyrus x. pannonica* csoport
5. Az ex situ gyűjteményben termelt magok genetikai leltározása választ adhat az ex situ génmegőrzés hatékonyságára.