

# **Szakmai Zárójelentés**

**OTKA nyilvántartási szám: F046443**

**Kutatási téma címe:**

**Fokozott fahozamú nemesített akácfaanyag fizikai, mechanikai és  
anatómiai jellemzőinek vizsgálata a terméshely függvényében**

**Kutatási időszak: 2004-2007**

**Témavezető neve: Dr. Németh Róbert**

## Elvégzett vizsgálatok és eredményeik

A 2004-2007-es kutatási periódus alatt el kísérletekkel, ill. helyszíni bejárással (törzsek szemrevételezése) kijelöltük a vizsgálatba bevonandót fajtajelölteket és term. helyeket.

<b>Termohely</b>		<b>Törzsfák</b>	<b>Ültetési hálózat</b>	<b>telepítés ideje</b>
<b>I</b>	Napkor 7/E erdőrészt	A2, A7, A32, A33, A54, B2, B7, B32, B33, B54 jelu törzsfák	5 x 5 m	1997
<b>III</b>	Hajdúböszörmény 0370/5 hrszt	B2, B7, B32, B33, B54 jelu törzsfák		1999
<b>IV</b>	Penészlek 12/I erdőrészt	A32, A33, A54 jelu törzsfák és a 0 jelu közönséges akác(kontroll ófehértói akác) Ű - illoi, NY - nyírségi	2,5 x 1 m	1986
<b>V</b>	Hajdúhadház 26/D erdőrészt	A2, A7 jelu törzsfák és a 0 jelu közönséges akác (kontroll ófehértói akác)		1985
<b>VI</b>	Hajdúhadház 26/F erdőrészt	A2, A7, A32, A33, A54 jelu törzsfák		1995
<b>VII</b>	Hajdúhadház 20/J erdőrészt	A2, A54 jelu törzsfák klónjai és a 0 jelu kontroll (közönséges ófehértói akác)	2,5 x 2 m	1999

További anatómiai és fizikai anyagvizsgálatainkkal meghatároztuk az ipari feldolgozásra (f. részipar) leginkább ígéretes fajtajelölteket. A részletes kutatómunka az alábbi táblázatban felsorolt fajtajelöltekre terjedt ki:

<b>Fajtajelölt (klón)</b>	<b>Kor</b>
VI/A2	9 év
VI/A54	8 év
V/A7	12 év
V/A2	12 év
IV/A54	12 év
V/0	12 év
IV/0	12 év

## 1. S r ségi vizsgálatok

### A s r ség meghatározásának módja:

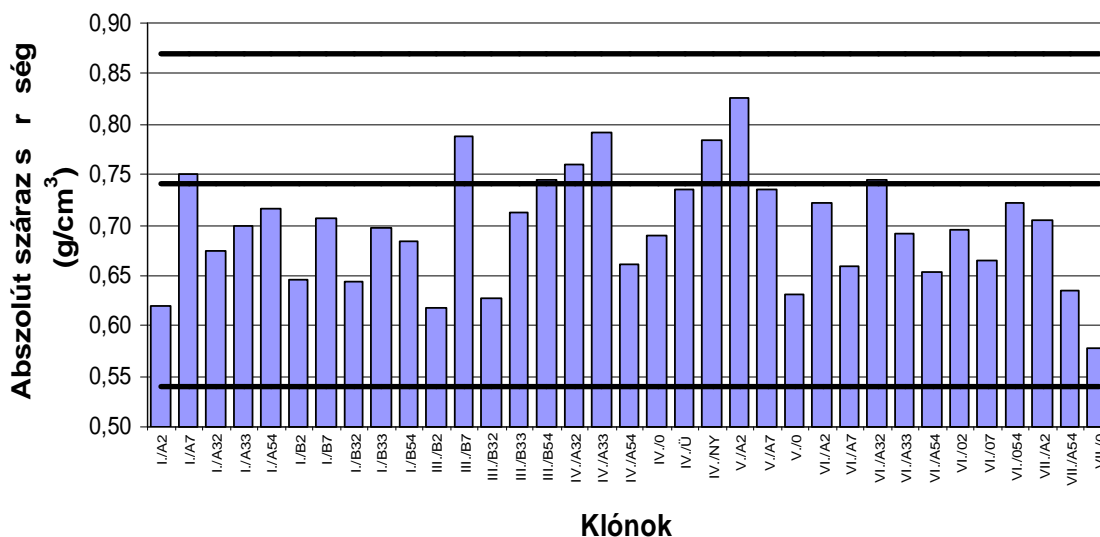
A s r ségi vizsgálataink során meghatároztuk a normál klímán (20°C/65%) mért s r séget. A s r ségi vizsgálatok alapvet fontosságúak bármely faanyag megítélését illet en, mivel a fizikai és mechanikai jellemz k szoros összefüggésben állnak. Vizsgálatainkhoz használt minták száma: 50 db fafajonként és kezelésenként. A vizsgálatokat klimatizált és abszolút száraz próbatesteken hajtottuk végre az MSZ 6786-3: 1988 szerint. A próbatestek mérete 20x20x30 mm (RxTxL).

Az alkalmazott összefüggés:

$$\rho_{0, klimatizált} = \frac{m_{klim}}{V_{klim}}, \text{ [kg/m}^3\text{]}, \text{ ahol}$$

$m_{0, klimatizált}$  ó a próbatest abszolút száraz és klimatizált tömege [kg]

$V_{0, klimatizált}$  ó a próbatest abszolút száraz és klimatizált térfogata [m<sup>3</sup>]



### Fajtajelöltek összefoglaló s r ségi értékei

#### Kiválasztott fajtajelöltek klimatizált s r ségi értékei:

S r ség (kg/m <sup>3</sup> )	VI/A2		V/A7		V/0		V/A2		IV/0		VI/A54		IV/A54	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Átlag	793	829	793	829	700	694	833	863	747	742	671	664	675	670
Min	756	723	756	723	641	637	630	830	726	717	603	630	616	638
Max	841	949	841	949	855	752	915	917	781	779	740	701	747	732
Szórás	24,77	65,68	24,77	65,68	43,90	33,95	63,39	22,95	13,74	13,26	31,81	15,57	33,07	27,78
Variancia	3,12	7,92	3,12	7,92	6,28	4,89	7,61	2,66	0,18	1,79	4,74	2,34	4,90	4,15

#### 1. kezeletlen, 2. Klímakezelt

S r ség mérésnél normál állapotban 671-793 kg/m<sup>3</sup> átlag s r ség értékek adódtak, klímakezelt állapotban, pedig 664-863 kg/m<sup>3</sup>. Így a normál és a klímakezelt fajtajelöltek között nem mutatható ki számottev különbség. A szakirodalmi (Wagenführ 1996) adathoz (728 kg/m<sup>3</sup>) mérve sincs jelent s különbség.

## 2. Zsugorodás-dagadási vizsgálatok

### Meghatározás módja:

A zsugorodás-dagadási vizsgálatokat a s r ségnél leírt próbatesteken hajtjuk végre húr, sugár és rostirányban az MSZ 6786-9: 1989 szerint. A zsugorodás maximális értékeit a térfogatra vonatkoztatva is meghatározzuk.

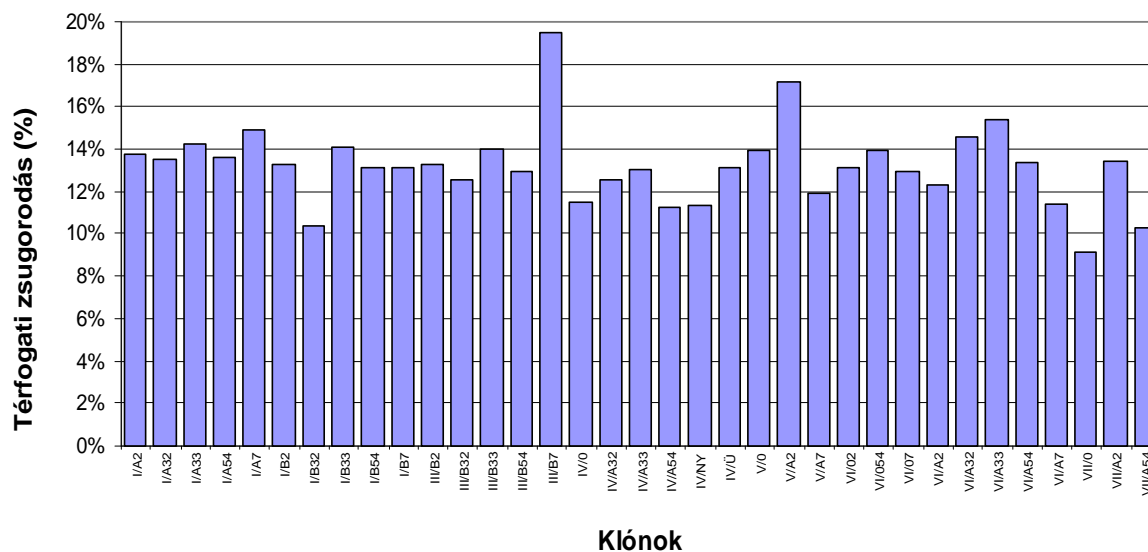
Az alkalmazott összefüggés:

$$Z_{\max} = \frac{V_{\max} - V_0}{V_{\max}}, [\text{kg/m}^3], \text{ ahol}$$

$Z_{\max}$  ó a maximális zsugorodás értéke [%]

$V_{\max}$  ó a próbatest maximális térfogata [ $\text{m}^3$ ]

$V_0$  ó a próbatest abszolút száraz térfogata [ $\text{m}^3$ ]



**Fajtajelöltek összefoglaló zsugorodási értékei**

A zsugorodás-dagadás mérésnél normál állapotban 9,5-19,3%-os átlag értékek adódtak. A szakirodalmi (Wagenführ 1996) adathoz (11,4-12,2%) viszonyítva a III/B7 és az V/A2 fajtajelöltek esetében találtunk jelentősebb különbséget.

### 3. Brinell-Mörath óféle keménység (3 anatómiai irányban)

A Brinell-Mörath-féle keménységi értékek meghatározása

$$H_{BM} = \frac{F_{500}}{A}, \text{ MPa, ahol}$$

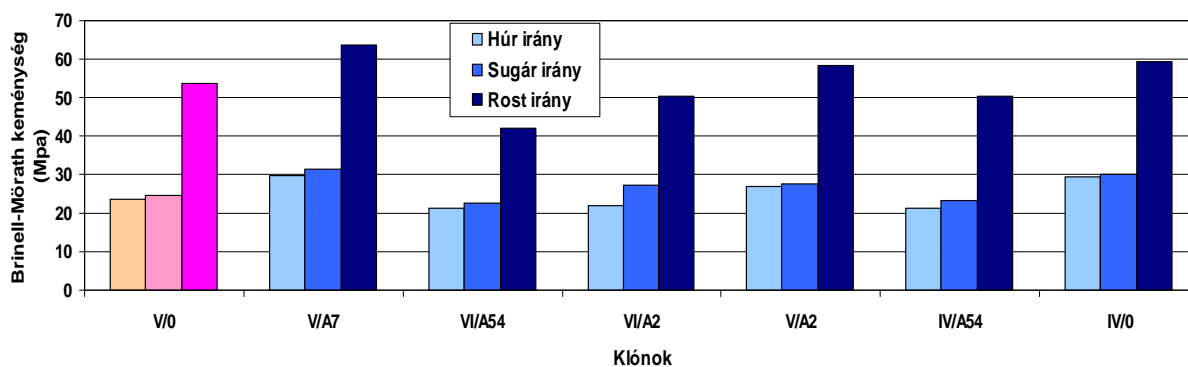
$F_{500}$  ó 500 N-os terhel er

$A$  a golyó által okozott benyomódás területe [ $\text{mm}^2$ ]]

#### Kiválasztott fajtajelöltek keménységi értékei:

	Kontroll V/A7				Klímakezelt V/A7			
	Húr	Sugár	Bütü	U (%)	Húr	Sugár	Bütü	U (%)
	MPa	MPa	MPa		MPa	MPa	MPa	
Átlag	29,60	31,22	63,51	11,15	33,90	38,72	52,17	7,27
Min	17,61	19,91	47,58	9,43	3,15	28,63	31,21	6,89
Max	39,48	48,88	86,35	12,99	41,41	55,40	75,39	7,52
Szórás	5,49	6,46	8,00	0,66	5,53	6,96	8,62	0,18
Variancia	18,56	20,70	12,60	5,94	16,31	17,99	16,51	2,44

1. kezeletlen, 2. Klímakezelt



#### Kiválasztott fajtajelöltek keménységi értékei

Keménység mérésnél kezeletlen állapotban húrirányban 21-29 MPa, sugárirányban 23-40 MPa bütü irányban 42-63 MPa átlag értékeket határoztunk meg, míg klímakezelt állapotban húrirányban 25-33 MPa, sugárirányban 27-36 MPa, bütü irányban 35-52 MPa. A normál és a klímakezelt fajtajelölteket összehasonlítva légyegesebb eltérés csak bütü irányban van, klímakezelés hatására kis mértékben csökkent a keménység.

A szakirodalmi (Wagenführ 1996) adatokhoz (67-88 MPa) hasonlítva a kapott eredményeket, megállapítottuk, hogy kisebb érték adódott, ennek oka, hogy a vizsgált törzsek juvenilis fát tartalmaztak (a kutatás jellegéből adódóan). Ezzel együtt három új fajtajelölt a kontroll (\*0) anyagokét meghaladó, kedvező értéket mutat.

#### 4. Rosttal párhuzamos nyomószilárdság

A rosttal párhuzamos *nyomószilárdsági* méréseket a vonatkozó hazai szabványok az MSZ 6786-4: 1976 és az MSZ 6786-8: 1977 el írásait követve hajtottuk végre, avval a kikötéssel, hogy a próbatesteket szigorúan a klimatizált egyensúlyi fanedvesség beállta után vizsgáltuk be. A próbatestek mérete 20x20x30 mm (RxTxL). A mérésekhez használt mintaszám: fafajonként és kezelésként 50 db.

Alkalmazott összefüggés:

$$\sigma = \frac{F_{max}}{A}; \text{ [MPa]}, \text{ ahol:}$$

$\sigma$  - a nyomószilárdság [MPa]

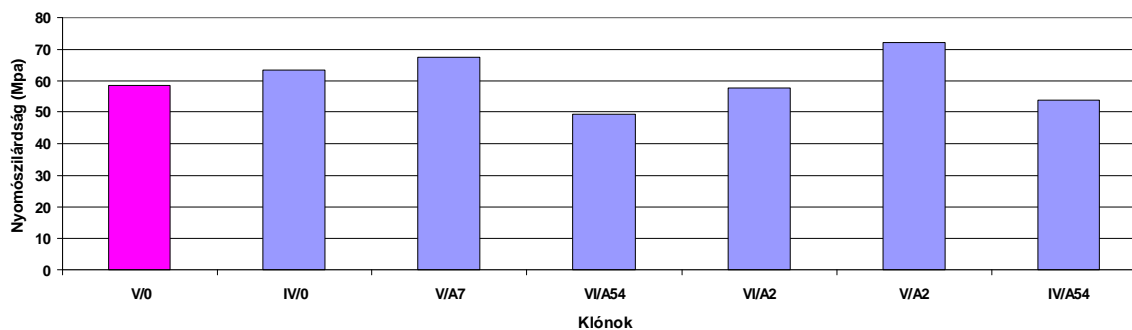
$F_{max}$  - a legnagyobb terhelés [N]

A - a próbatest keresztmetszet területe [mm<sup>2</sup>]

#### Kiválasztott fajtajelöltek nyomószilárdsági értékei:

	VI/A2		V/A7		V/0		V/A2		IV/0		VI/A54		IV/A54	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Átlag	57,74	67,99	67,53	85,15	58,67	73,09	72,12	95,81	63,17	77,29	49,59	62,49	53,81	67,22
Min	52,35	57,99	59,91	53,91	50,88	65,07	51,54	86,99	50,23	72,48	43,17	54,96	49,11	49,19
Max	66,88	78,01	74,73	102,13	69,13	83,21	80,76	105,78	68,77	82,53	55,67	69,15	58,31	77,58
Szórás	3,32	4,96	3,89	10,68	4,93	5,78	6,94	4,33	3,70	2,75	3,39	3,78	2,73	5,29
Variancia	5,76	7,30	5,77	12,54	8,41	7,90	9,62	4,52	5,85	3,55	6,83	6,04	5,08	7,87

1. kezeletlen, 2. Klímakezelt



#### Kiválasztott fajtajelöltek nyomószilárdsági értékei

A kezeletlen állapotban mért nyomószilárdságok átlagértéke 53,8-72,1 MPa, klímakezelt fajtajelölteknél 62,2-95,8 MPa. Vizsgálataink szerint, a klímakezelés hatására bizonyos mértékben növekedett a nyomószilárdság, ami az alacsonyabb egyensúlyi fanedvességnek tudható be. A szakirodalmi (Wagenführ 1996) értékekhez (68,8MPa) képest kis eltérés mutatható ki. Három új fajtajelölt azonban a kontroll (\*0) anyagokét meghaladó, kedvező értéket mutat.

## 5. Rosttal párhuzamos hajlítószilárdság és hajlító rugalmassági modulusz

A rosttal párhuzamos **hajlítószilárdság** meghatározását az MSZ 12865: 1980 számú szabvány irányelveit követve végezzük el. A próbatestek száma és gyártásának körülményei megegyeznek a nyomószilárdságnál leírtakkal.

Alkalmazott összefüggések:

$$\sigma_h = \frac{M_{max}}{K}; \text{ [MPa]} \quad K = \frac{a \cdot b^2}{6}; \text{ [mm}^3\text{]}, \text{ ahol}$$

$M_{max}$  - maximális hajlító nyomaték [Nm]

$K$  - keresztmetszeti tényező négyzet keresztmetszet tartónál [mm<sup>3</sup>]

$a$  - a próbatest szélessége [mm]

$b$  - a próbatest magassága [mm]

A fenti egyenletet átrendezve kapjuk a hajlítószilárdság meghatározására szolgáló Navier-féle egyenletet egy pontos terhelés esetében:

$$\sigma_h = \frac{3 \cdot F_{max} \cdot l}{2 \cdot a \cdot b^2}; \text{ [MPa]}, \text{ ahol}$$

$\sigma_h$  - a hajlítószilárdság [MPa]

$F_{max}$  - maximális törlőerő [N]

$l$  - alátámasztási köz [mm]

A **hajlító rugalmassági moduluszt** az MSZ 6786-15: 1984 szabvány alapján határozzuk meg.

A moduluszt a hajlítószilárdság meghatározása során gyjtött adatokból számítjuk ki. Az alkalmazott összefüggés:

$$E = \frac{F \cdot l}{a \cdot b \cdot y} \left[ \frac{l^2}{4 \cdot b^2} + 5.1 \right]; \text{ [MPa]}, \text{ ahol}$$

$F$  - a lineáris tartományon belül, a terhelőerő [N]

$l$  - az alátámasztási köz [mm]

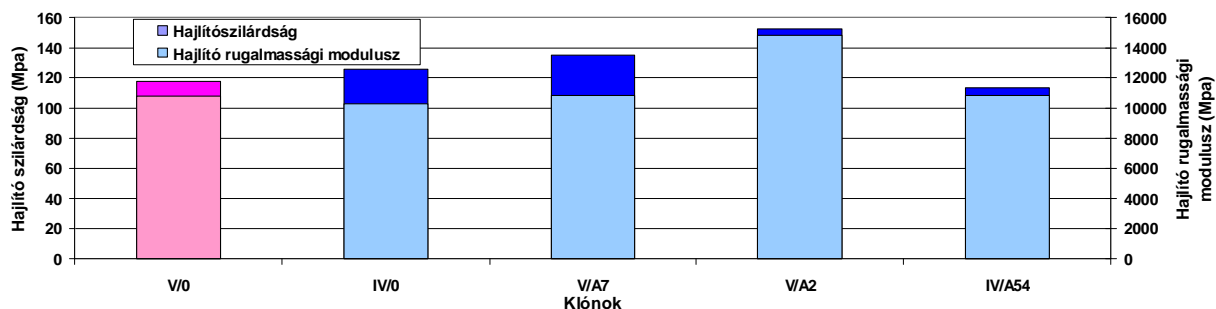
$y$  - az  $F$  terheléshez tartozó tényleges behajlás [mm]

$a$  - a próbatest szélessége [mm]

$b$  - a próbatest magassága [mm]

**Kiválasztott fajtajelöltek hajlító szilárdsági és hajlító rugalmassági moduluszainak értékei:**

	V/0		IV/A54		IV/0		V/A7		V/A2	
	hajlító	E <sub>modulusz</sub>	hajlító	E <sub>modulusz</sub>	hajlító	E <sub>modulusz</sub>	hajlító	E <sub>modulusz</sub>	hajlító	E <sub>modulusz</sub>
<b>Átlag</b>	117,23	10783,17	113,05	10860,47	125,70	10280,63	135,15	10797,29	152,00	14778,27
<b>Min</b>	98,76	8350,21	99,52	9564,40	116,84	8631,01	104,37	8210,31	116,50	10048,47
<b>Max</b>	130,61	13408,90	125,10	12066,24	133,35	11526,42	151,74	12552,11	172,46	17814,54
<b>Szórás</b>	9,51	1283,90	7,36	758,76	5,18	784,17	13,18	975,69	13,96	1996,70
<b>Variancia</b>	8,11	11,91	6,51	6,99	4,12	7,63	9,75	9,04	9,19	13,51



**Kiválasztott fajtajelöltek hajlító szilárdsági és hajlító rugalmassági moduluszainak értékei**

Rugalmassági modulusznál a kezeletlen anyagokra kapott eredmény: 10797-14778 MPa, a szakirodalmi (Wagenführ 1996) értékkel (12753 MPa) összehasonlítva nincs lényeges különbség közöttük. Két új fajtajelölt azonban a kontroll (\*/0) anyagokét meghaladó, igen kedvező értéket mutat.



## 6. Egyensúlyi nedvességtartalom, $t=20^{\circ}\text{C}$ , $rp. = 65\%$ )

A gyakorlat számára is nagy jelentőséggel bíró normál klímára határoztuk meg az egyensúlyi fanedvességet Binder típusú klímakamra használatával. A próbatestek mérete 20x20x30mm volt, a próbatestek darabszáma 20 db/minta.

### 6.1. Kontroll (kezeletlen anyagok) egyensúlyi fanedvességei

Kontroll	VI/A2	V/0	VI/A54	V/A2	IV/0	IV/A54	V/A7
	U (%)	U (%)	U (%)	U (%)	U (%)	U (%)	U (%)
<b>Átlag</b>	11,42	11,19	11,72	11,27	11,34	11,54	11,15
<b>Min</b>	10,84	10,85	10,99	10,67	10,80	11,21	9,43
<b>Max</b>	11,79	11,54	12,18	11,70	11,68	11,93	12,99
<b>Szórás</b>	0,21	0,18	0,30	0,27	0,25	0,23	0,66
<b>Variancia</b>	1,83	1,64	2,52	2,38	2,18	2,01	5,94

### 6.2. Klímakezelt anyagok egyensúlyi fanedvességei

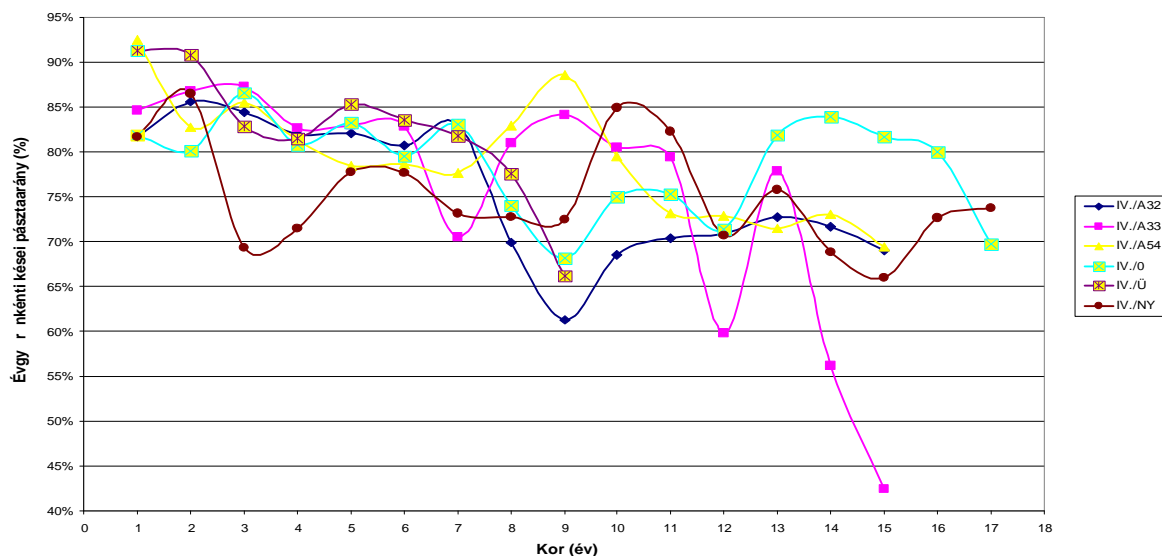
Klímakezelt	VI/A2	V/0	VI/A54	V/A2	IV/0	IV/A54	V/A7
	U (%)	U (%)	U (%)	U (%)	U (%)	U (%)	U (%)
<b>Átlag</b>	8,02	7,38	8,22	7,48	7,73	8,00	7,27
<b>Min</b>	7,86	4,46	7,84	7,03	7,39	5,93	6,89
<b>Max</b>	8,17	7,85	8,73	8,04	7,96	8,55	7,52
<b>Szórás</b>	0,10	0,65	0,18	0,21	0,15	0,48	0,18
<b>Variancia</b>	1,24	8,83	2,24	2,86	1,92	6,03	2,44

Az átlagos egyensúlyi fanedvesség értékek között nincs kimutatható különbség (11,19-11,54%). Ugyanakkor megállapítható, hogy a klímakezelés csökkentette az egyensúlyi nedvességtartalmat (7,22-8,22%). A csökkenés egyrészt az abszolút száraz állapot elérésével, és ebben az állapotban bekövetkező szorpciós hely blokkolásokkal magyarázható, másrészt a szorpciós histerézis jelenségével (kontrollnál deszorpció, klímakezeltnél adszorpció). Mivel az egyes klónok között egyensúlyi nedvességtartalmi különbségek normál klímán nem mutathatók ki, a szorpciós izoterma többi helyén sem várható eltérés.

## 7. Anatómiai vizsgálatok

### 7.1. Kései pászta aránya

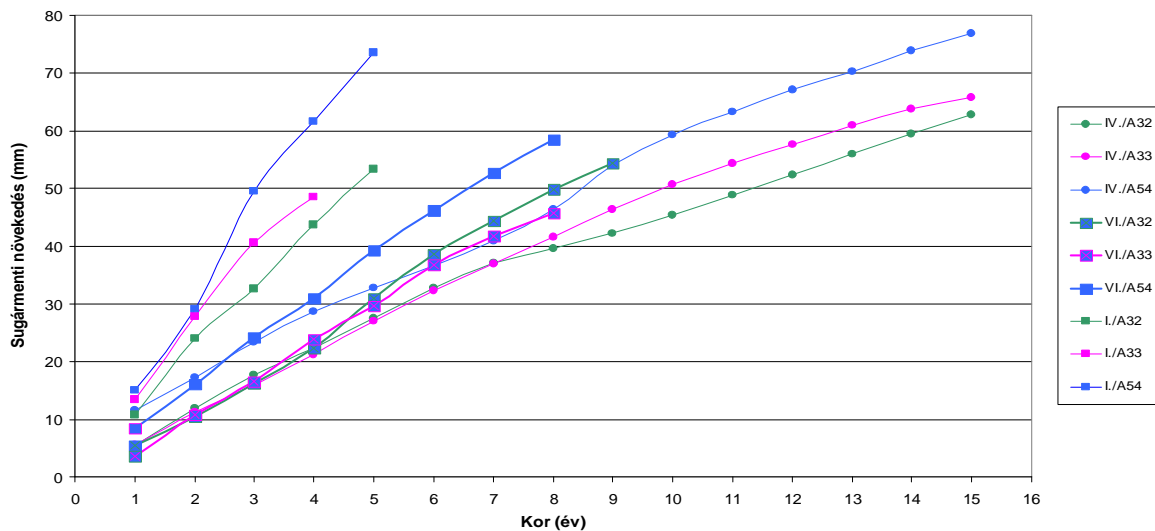
Megállapítottuk, hogy a fatest első két évében a kései pászta aránya magas, a 80-90 %-ot is eléri. A legtöbb korongnál 65-70 % körül, 10-12 éves korban állandósul (juvenilis kor határa).



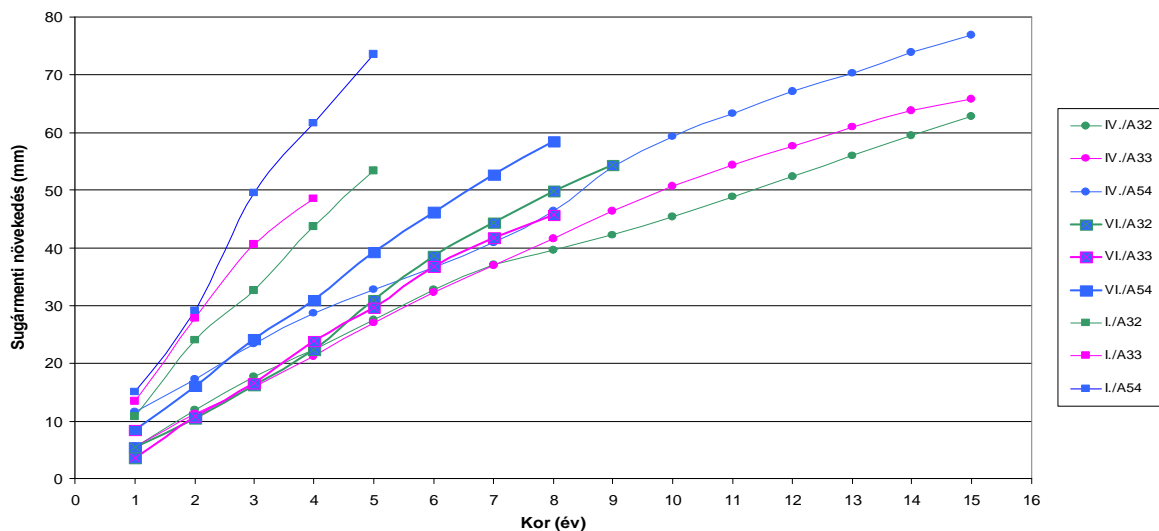
Kései pászta aránya évgy r nként a kor függvényében

### 7.2. Sugár menti növekedés

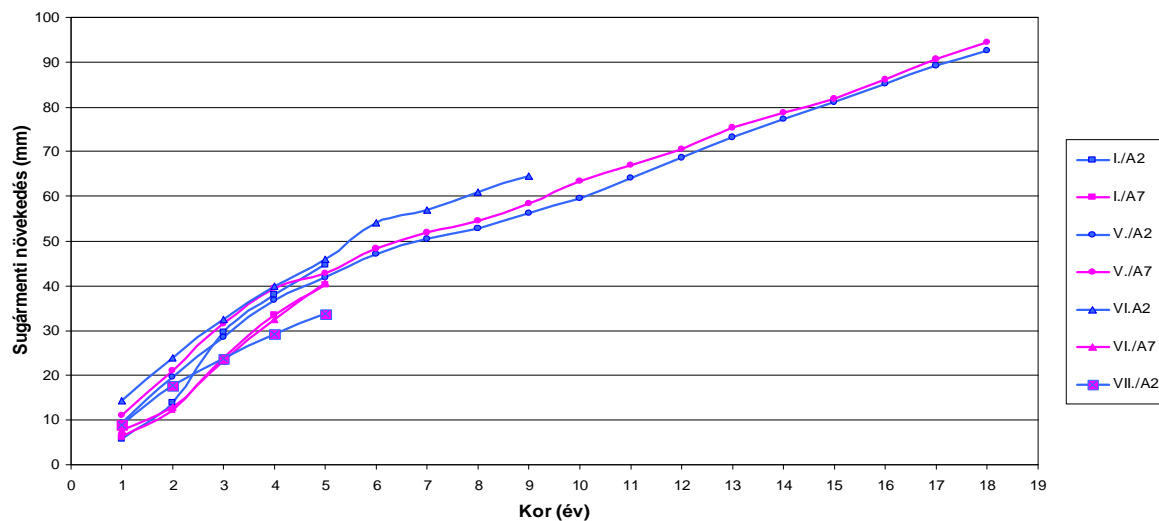
Megállapítottuk, hogy a sugár menti növekedést befolyásolja az ültetési hálózat és a kor. A tágabb ültetési hálózatoknál nagyobb vastagsági növekedés volt kimutatható, a kor elrehaladtával a görbék meredeksége kissé csökken, a vastagsági növekedés csökken, majd stagnál.



Sugár menti növekedés a kor függvényében  
(Ültetési hálózat: 2,5x1 m)



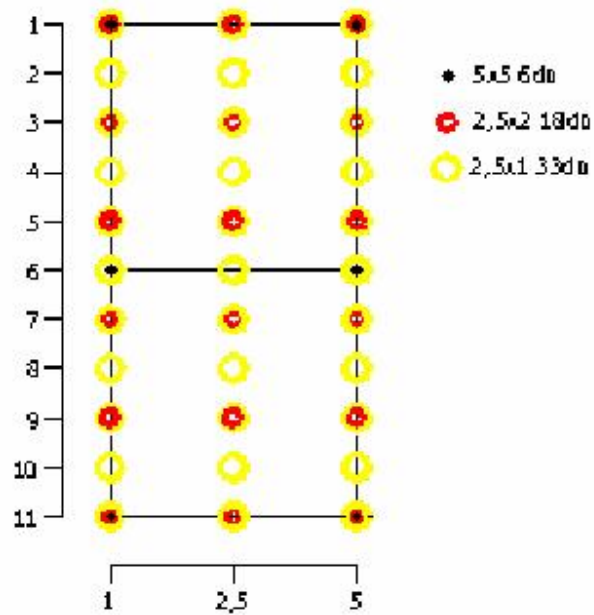
**Sugár menti növekedés a kor függvényében**  
 (Ültetési hálózat: IV és VIónél 2,5x1 m; Iónél 5x5 m)



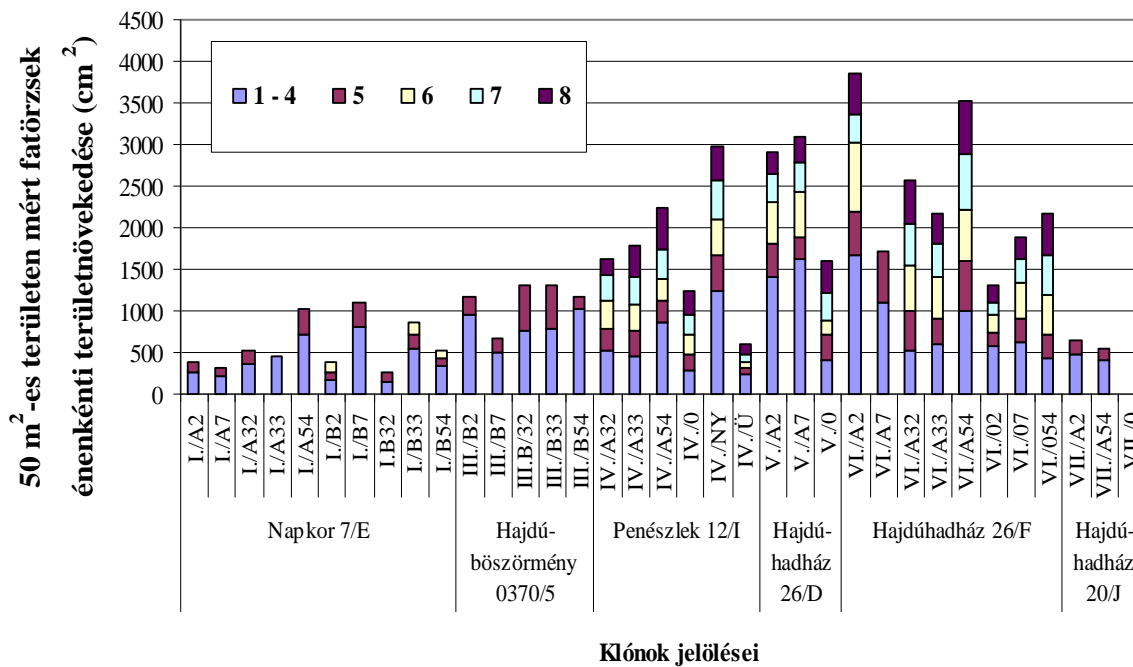
**Sugár menti növekedés a kor függvényében**  
 (Ültetési hálózat: Iónél 5x5 m; V és VIónél 2,5x1 m; VII-nél 2,5x2 m)

### 7. 3. Egységnyi term helyre jutó növedék (keresztmetszeti területben kifejezve)

Bemutattuk, hogy az ültetési hálózatnak nagy hatása van az évgy r szerkezetre. Az 5 x 5 m-es ültetési hálózatnál nagyobb az évenkénti fatest növekedés, mint a 2,5 x 1 méteres hálózatnál, de ha egy adott területen vizsgáljuk az évenkénti fahozamot akkor a 2,5 x 1 m-es ültetési hálózatban nevelt egyedeknek nagyobb az összesített fahozama. Az 50 m<sup>2</sup>-es ültetvényterületre jutó körlapterület-növekedés jól kifejezi a törzsek vastagsági növekedését.

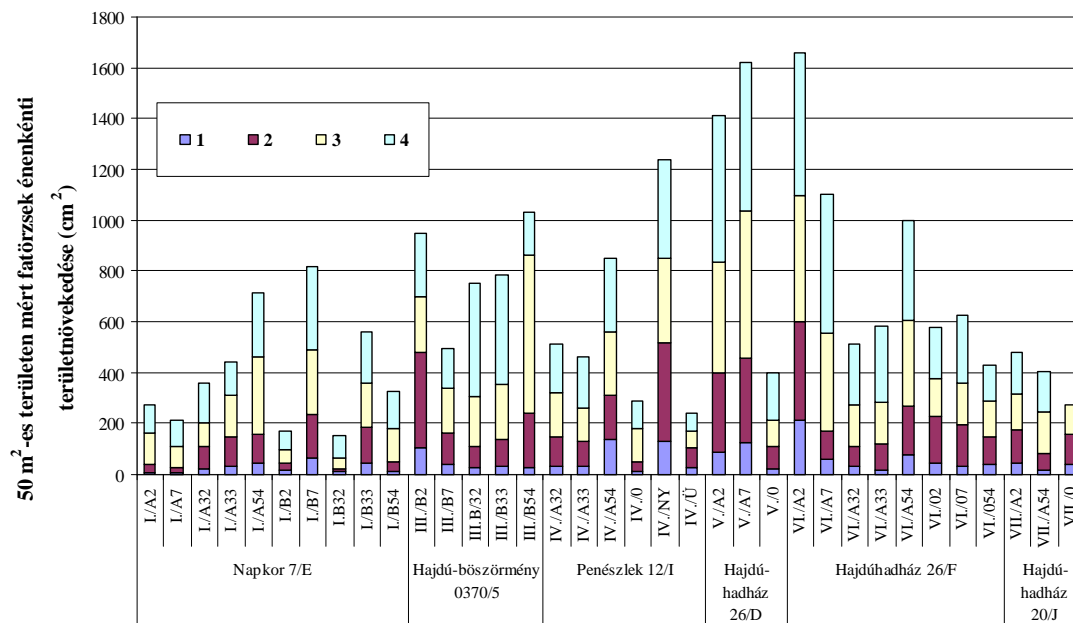


A faegyedek ültetési hálójá (50 m<sup>2</sup>)



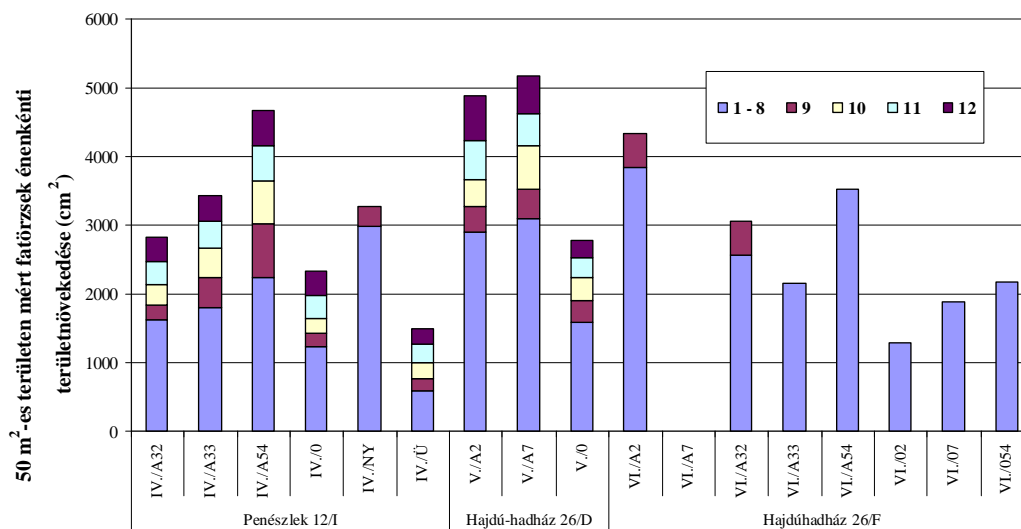
Klónok jelölései

Akác fajtajelöltek körplaterületének növekedése 1-8 éves korig



Klónok jelölései

### Akác klónok körlapterületének növekedése 1-4 éves korig



Klónok jelölései

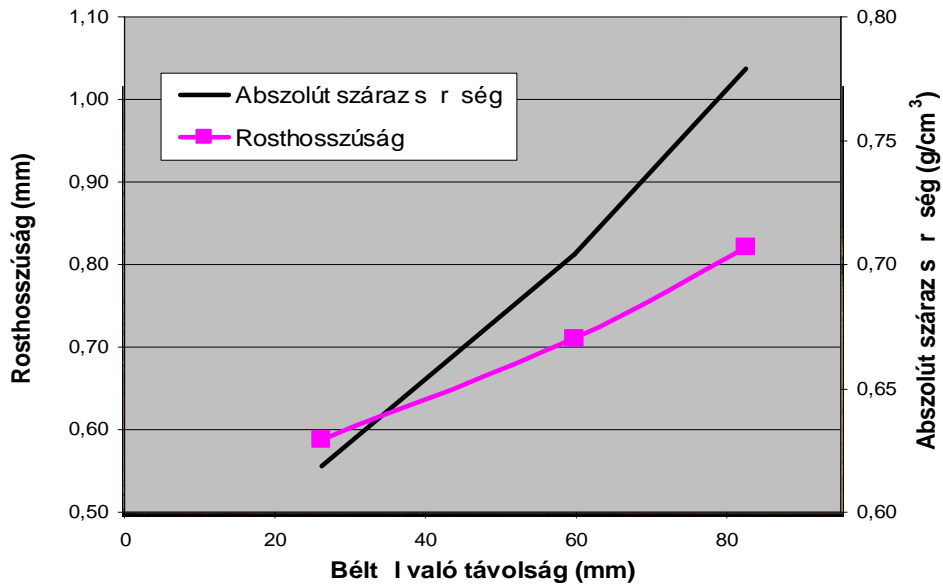
### Akác fajtajelöltek körlapterületének növekedése 1-12 éves korig

A fanövedékre vonatkozó vizsgálataink eredményeként a következő nagy hozamot biztosító fajtajelölteket lehet kiemelni: VI./A2, VI./A54, V./A7, V./A2 és IV./A54. Vizsgálva a kontrollként használt (IV./0, V./0, VII./0 jel) törzseket elmondható, hogy növekmény szempontjából minden term helyen a leggyengébb eredményt mutatták.

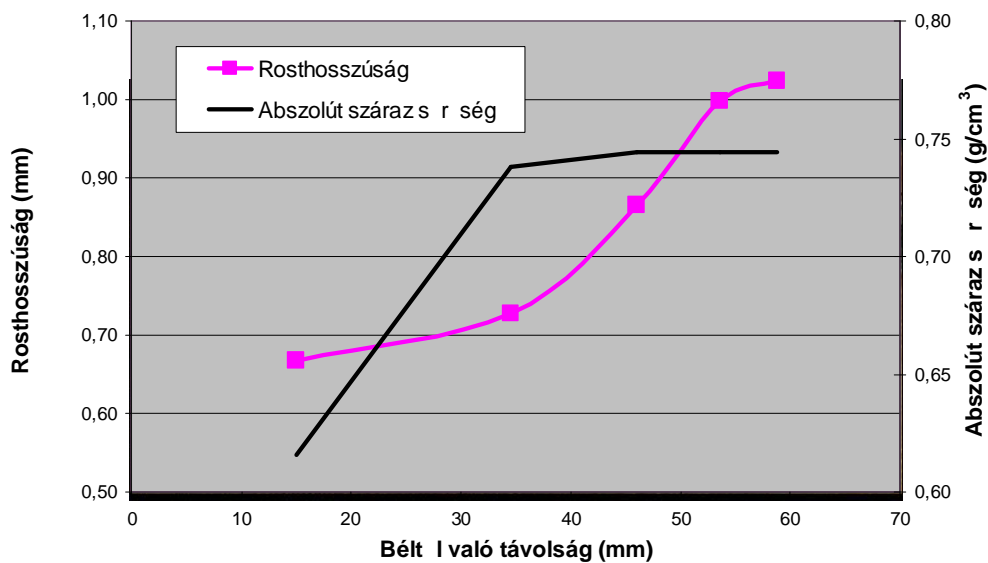
#### 7. 4. Rosthosszúság vizsgálata a sugár mentén

A rosthosszúság számos felhasználási területen fontos anyagjellemző. Emellett a sugár mentén (béltré a kéreg felé haladva) a rosthosszúság alakulása a fa őérésének ő korára (juvenilis fa határa) ad információt.

Megállapítottuk, hogy a legtöbb fajtajelöltnél a rosthosszúság 0,5 mm-t ő indul, majd egyenletesen emelkedik és néhány kivétellel 8 - 10 -12 év körül állandósul. Az abszolút száraz s ő r ő séget vizsgálva a korongokat az átmér ő mentén 3 részre bontottuk : (1) béltré közeli, (2) közép s ő , és a (3) küls ő farész. Az adatokat elemezve arra jutottunk, hogy a béltré ő a kéreg felé a s ő r ő ség n ő vekedett a három kijelölt tartományban (10-11. ábra). A zsugorodás-dagadás értékeinél ugyanez megfigyelhet ő .



Rosthosszúság és az abszolút száraz s ő r ő ség változása a béltré ő való távolság függvényében (I/A54)



Rosthosszúság és az abszolút száraz s ő r ő ség változása a béltré ő való távolság függvényében (IV/Ő)

**A hozamok különbségeit jól szemléltetik az alábbi törzskorongok:**



**Kontroll - V/0 (Kor: 20 év)**



**I/A54 Klón (Kor: 8 év)  
(javasolt felhasználás: biomassa)**



**V/A2 Klón (Kor: 20 év)**  
**(javasolt felhasználás: f részipar)**

## **8. Összefoglalás:**

Kutatómunkánkban új fehérakác (*Robinia pseudoacacia*) fajtajelölteket vizsgáltunk meg. A vizsgált tulajdonságok: évgy r szélesség, rosthossz, s r ség, zsugorodás-dagadás, Brinell-Mörath-féle keménység, nyomószilárdság, hajlítószilárdság, hajlító rugalmassági modulusz, egyensúlyi nedvességtartalom, valamint a mesterséges öregítésnek a legfontosabb tulajdonságokra gyakorolt hatása.

A kutatásba bevont fajtajelölteket 6 kelet-magyarországi term helyr l választottuk ki. Vizsgálatainkkal sikerült meghatározni a legoptimálisabb fajtajelölt-term hely kombinációkat. A kontroll fajtákkal (Üll i, Nyírségi) összehasonlítva az új jelöltek nagyobb évi növedéket produkáltak. A fizikai és mechanikai jellemz ket tekintve az új jelöltek a kontrollokét elér , s t sok esetben azt meghaladó értékeket hoztak, ami kedvez ipari hasznosíthatóságot prognosztizál.

### **Szakirodalom:**

Wagenführ R, 1996: Holzatlas, Fachbuchverlag Leipzig