

# KÜLÖNBÖZŐ FAFAJOK JUVENILIS KORHATÁRÁNAK MEGHATÁROZÁSA MATEMATIKAI MODELL SEGÍTSÉGÉVEL

Báder Máttyás<sup>1</sup> és Komán Huba<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Faipari és Műszaki Intézet

<sup>2</sup>Budapesti Corvinus Egyetem

## Kivonat

A fatest növekedése során a bél körül kialakuló, ún. juvenilisfa határának ismerete fontos mind a faanyag számos tulajdonságának laboratóriumi vizsgálata, mind felhasználása tekintetében. A tanulmány az alkalmazott függvény megfelelőségének igazolásán kívül két fafaj rosthosszúsági értékeire is hiánypótló ismereteket ad. A kutatásba bevont juharlevelű platán (*Platanus × hybrida* Brot.) és japánakác (*Styphnolobium japonicum* (L.) Schott) fafajok rosthosszúsági értékeire illesztett telítődési függvény jól modellezi a rosthosszúság éves növekedési ütemét, segítségével megállapítható a juvenilis kor határa. A függvény megfelelőségét a magas determinációs együtthatók mindkét fafajnál alátámasztják. Juharlevelű platán esetében a juvenilisfa és az érettségi határa 15 év, míg japánakácnál 18 év. Ezek az értékek nem szélsőségesek a különböző fafajok ismert értékeit tekintve. A juharlevelű platán kezdeti és végső rosthosszúsági értékei 1 és 2 mm közöttiek, közel másfélszer nagyobbak, mint a japánakácé.

**Kulcsszavak:** juharlevelű platán, japánakác, rosthosszúság, juvenilisfa

## DETERMINING THE JUVENILE AGE OF DIFFERENT WOOD SPECIES USING A MATHEMATICAL MODEL

### Abstract

The boundary of the juvenile wood around the pith during growth of the tree is as important for the laboratory study of many properties of wood as it is for the use of wood. In addition to demonstrating the adequacy of the mathematical model used, the study fills a gap in the knowledge of the fibre length values of two wood species. The saturation function fitted to the fibre length values of the London planetree (*Platanus × hybrida* Brot.) and Japanese pagoda tree (*Styphnolobium japonicum* (L.) Schott) species included in the study models the annual increase of the fibre length well and allows the juvenile age limit to be determined. The adequacy of the fit of the function is confirmed by high coefficients of determination for both species. For London planetree, the limit between juvenile and mature wood is 15 years, while for Japanese pagoda tree it is 18 years. These values are not extreme taking into account the same data of several other tree species. The initial and final fibre lengths of London planetree are between 1 and 2 mm, almost one and a half times greater than those of Japanese pagoda tree.

**Keywords:** London planetree, Japanese pagoda tree, fiber length, juvenile wood



## BEVEZETÉS

A faanyag különböző fizikai-mechanikai tulajdonságai viszonylag tág határok közt mozognak, amelyek a főbb farészek viszonyában is megfigyelhetők. A fatesten belül a szijács és a geszt fami-nőségi tulajdonságai közt egyértelmű a különbség, de a gesztet további részekre lehet még bontani. Az idősebb fák gesztrészében megkülönböztetünk egy bél körüli fatest-részt, az ún. juvenilisfát, valamint a bél-től távolabbi részt, az érettfát. A juvenilis faanyagot általában a felhasználás során eltávolítják az alapanyagból az érett gesztől jelentősen eltérő anyagjellemzői miatt. A juvenilisfa kifejezés nem a fa korára, hanem a bél körül kialakuló fiatal évgyűrűkre utal. Ennek értelmében a növekedés folyamán a törzs felső részén mindig képződik juvenilisfa. Fiatalabb korban a törzsek nagyobb százalékban tartalmaznak juvenilisfát, mint idősebb korban.

Az érettfá és a juvenilisfa egyes tulajdonságainak változékonyságáról több irodalmat is talál-hatunk (Megraw 1985, Koch 1985, Bendtsen 1978, 1986, Zobel & Bujitenen 1989). A juvenilis rész kialakulására többféle megközelítés létezik. Gartner (1996) a két farész határát a fotoszintetizáló és nem fotoszintetizáló kéreg közötti átmenethez kapcsolja. Yang et al. (1994) a kambium kezdeti működésével hozza összefüggésbe a juvenilis faanyag eltérő tulajdonságait, míg mások a bél-től való távolságot tartják elsődleges befolyásoló tényezőnek (Chalk 1959, Dodd & Fox 1991, Kucera 1994).

A juvenilis kor meghatározását – az érettfához viszonyított eltérő tulajdonságai miatt – fizikai, mechanikai, kémiai és anatómiai vizsgálatokkal lehet elvégezni (Latorracai et al. 2011). Lombo-sok esetében a libriform rostok, míg fenyőknél a tracheidák hosszúságának változása lehet mérv-adó, de sűrűségi, vagy keménységbeli különbségek is adódhatnak. A rosthosszúság a fa korának előrehaladtával évgyűrűről évgyűrűre, folyamatosan növekszik. Kezdetben intenzívebb a változás, majd a juvenilis kor végéhez közeledve ez a növekedés lelassul.

Az élettani folyamatok matematikai modellek segítségével történő leírása a különböző tudomány-területek számtalan témakörében fontos a vizsgált jelenségek megértése, elemzése és az ezekből levonható következtetések szempontjából. A különböző természeti folyamatok vizsgálata során kapott adatok grafikus ábrázolása mellett fontos feladat tehát, hogy – amennyiben lehetséges – megha-tározzuk azt a függvényt, ami alkalmas a változás kifejezésére és értelmezésére (Csanády 2013). Azoknál a folyamatoknál, amelyeknél a növekedés korlátos, a telítődési, a logisztikus és az életgör-be trendfüggvények alkalmazhatóak (Kehl & Sipos 2011). A telítődési függvényeket általában három részre lehet bontani. Van egy kezdeti növekedési szakasz, amit a növekedés meredeksége, majd a telítődési érték követ (Pödör 2014). A dinamikus vagy ún. növekedési függvények elnyújtott S alakúak, amelyek alapján a lassú kezdeti növekedés felgyorsul, majd az inflexiós pontot követően lelassul. A telítődési szinthez közeledve a növekedési folyamat megáll és azonos értéken marad (Kupai 2007). A logisztikus függvény egy determinisztikus alapfüggvény, ami jellemzően természetes, felső korláttal rendelkező telítődési folyamatokat ír le időben hosszú távú lefutás alapján. Olyan növekedést mutat be, aminek üteme egyenesen arányos az alsó szinttől és a felső szinttől való távolsággal. A függvény itt is egy elnyújtott S alakú görbéhez hasonlít (Hunyadi 2004). Az életgörbe trendfüggvény két inflexiós ponttal rendelkezik. Javarészt a termékéletgörbék alakulásának modellezésére szolgálnak, ahol a folyamat első, emelkedő szakasza egy S-alakú görbét követ, mely után hanyatlás tapasztalható (Kehl & Sipos 2011), emiatt kevésbé alkalmas céljainkhoz. A rosthosszúság ugyanis a fa első évétől kezdve évről évre növekszik, amíg eléri a maximumát és onnantól konstans értéket mutat. Természetesen a körülmények befolyásolják valamelyest minden vegetációs időszakban, de a trend állandó marad.

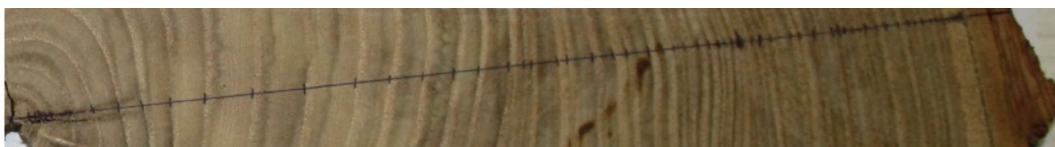
A juvenilisfa mértékének pontos ismerete nélkülözhetetlen a faanyag különböző ipari felhasználása szempontjából az érettfához viszonyított eltérő tulajdonságai miatt. Jelen kutatásunkban a rostösszettség alapján határoztuk meg a juvenilisfa és az érettfá határát idős egyedeken, a mérési eredmények matematikai függvényelemzésével.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Avizsgálatokba egy-egy juharlevelű platán (*Platanus × hybrida* Brot.) és japánakác (*Styphnolobium japonicum* (L.) Schott) fának a törzsét vontuk be, mivel ezek elég idősök voltak ahhoz, hogy a rostok hosszúságának méretváltozását azok állandósulásáig nyomon követhessük. A mellmagassági törzszakaszból kivágtunk 3 cm vastag korongot a sugara mentén (1. és 2. ábra) évgűrűnként daraboltuk, majd ezeket rostjaira bontottuk. A rostosítás során az évgűrűnként külön kémcsőbe helyezett gyufaszál vastagságú mintákra 30 m/m% töménységű vizes hidrogén-peroxid oldatot töltöttünk ( $H_2O_2$ ) és ezt addig főztük, amíg azok meg nem lágyultak annyira, hogy könnyen szétnyomhatók legyenek. A hidrogén-peroxidot leöntve a mintákat desztillált vízbe áztattuk és mechanikusan rostjaira bontottuk. A mikroszkópos vizsgálathoz előkészített minták rostösszettségét Image-Pro Plus (Media Cybernetics Inc, Rockville, MD, USA) képelemző szoftver segítségével mértük. Évgűrűnként 30 db rostösszettség mérés történt, amelyeket átlagoltunk.



1. ábra: Juharlevelű platán törzsdarab rostösszettség elemzéshez a bétől a kéregig  
Figure 1: Trunk fragment of a London planetree for fibre length analysis from the pith to the bark



2. ábra: Japánakác törzsdarab rostösszettség elemzéshez a bétől a kéregig  
Figure 2: Trunk fragment of a Japanese pagoda tree for fibre length analysis from the pith to the bark

A korábban bemutatott, céljainkhoz alkalmas függvényfajta közül a telítődési függvényt választottuk az adatainkkal való legjobb korreláció miatt. Az évgűrűnkénti átlagos rostösszettségi értékekre a függvény ( $y$ ) illesztése a Statistica 13 (Del Inc, Round Rock, TX, USA) program segítségével történt az (1) egyenlet alapján. Az alkalmazott változók közül a telítettségi szintet,  $b$  helyzetparamétert,  $t$  növekedési sebességet jellemző paraméter, míg  $x$  jelöli az évgűrű sorszámát.

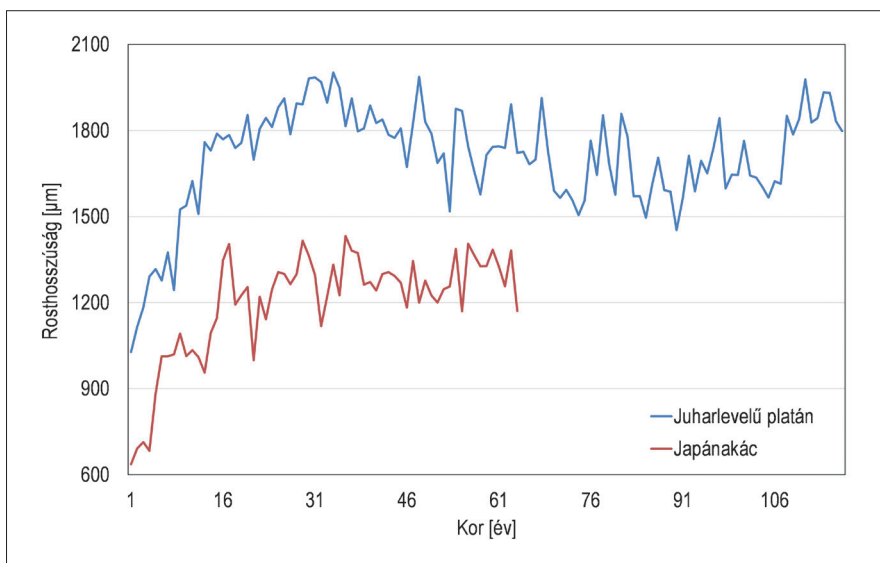
$$y = \frac{a}{1 + b \cdot e^{(t \cdot x)}} \quad (1)$$

A továbbiakban az (1) egyenlet alapján fafajonként meghatározott elméleti függvényt használtuk a juvenilis kor meghatározásához. Az egymást követő évgűrűk rostösszettségi értékeit százalékosan kifejezve azt a határt kerestük, ahol az értékek állandósulása megállapítható. Shiokura

(1982) alapján azt a pontot vettük a juvenilis és az érettségi határának, ahol a libriform rostok hosszának éves növekedési üteme 1% alá esett.

## EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

Az akác és a platán esetében is megfigyelhető, hogy a kor előrehaladtával a rosthosszúság fokozatosan növekszik (3. ábra). A kezdeti meredekebb szakasz után az értékek állandósulnak. Platán esetében a rosthosszúság értéke 1000-2000  $\mu\text{m}$ , míg akác esetében 640  $\mu\text{m}$  és 1430  $\mu\text{m}$  között változik. Ezen két fajnál a rosthosszúságra vonatkozó adatok sem a hazai, sem a külföldi publikációkban nem voltak megtalálhatóak. Figyelemre méltóak a platán már kezdetben is viszonylag magas értékei.

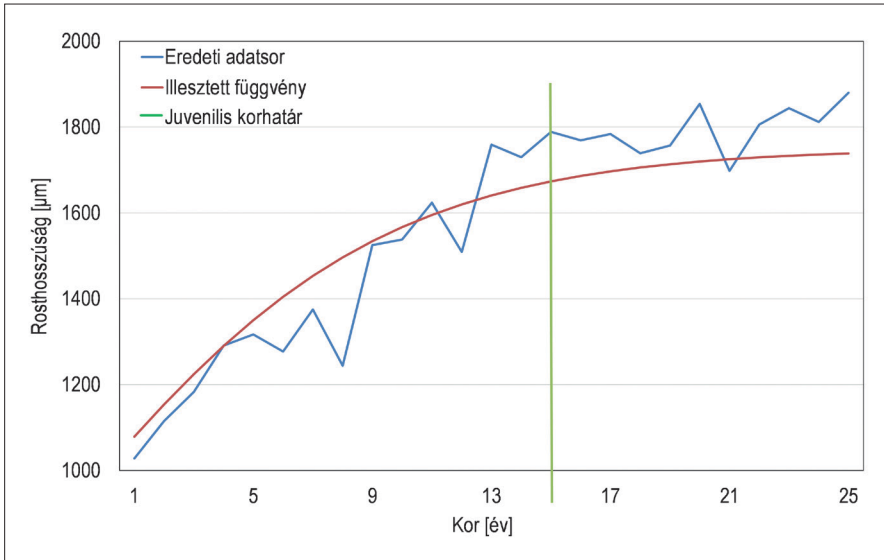


3. ábra: Japánakác és juharlevelű platán rosthosszúsága  
Figure 3: Fibre length of Japanese pagoda tree and London planetree

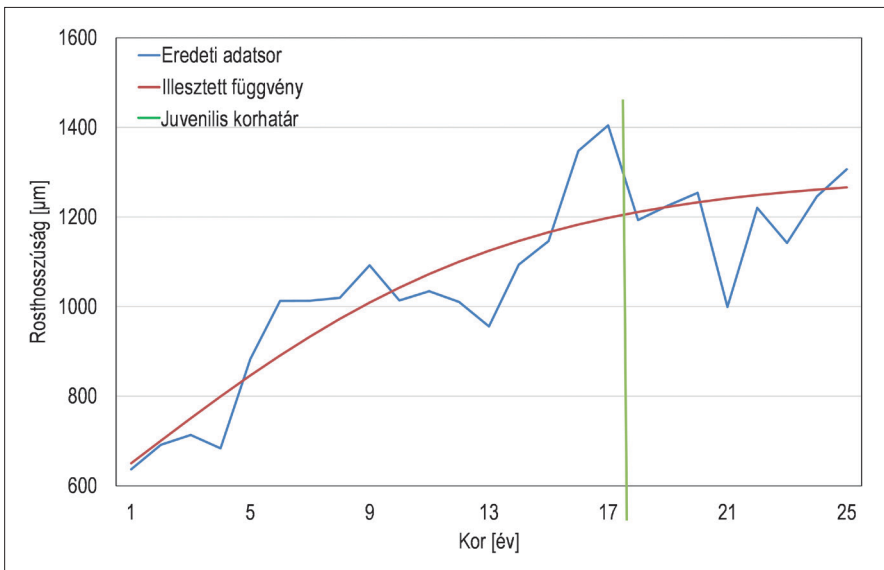
Természetesen a juvenilisfa és az érettségi határát nem lehet egy pontos évben meghatározni, hiszen a rosthosszúsági értékek is jelentős szórásúak. Az viszont megállapítható, hogy mely kor környékén van ez a határ. A függvényelemzés alapján a rosthosszúság növekedési ütemének jelentős lassulása a juharlevelű platán esetében a 15. év környékére tehető (4. ábra).

A mérési eredményekre illesztett telítődési görbének az első 20 évre vonatkozó determinációs együtthatójának ( $R^2$ ) értéke 0,93, ami alapján a folyamatot leíró függvény az adatsorunkra kiválóan illeszkedőnek mondható. A determinációs együttható értéke a rosthosszúság állandósulása után fokozatosan csökken, amit a faanyag inhomogén jellegéből adódó jelentős szórás magyaráz.

A japánakác átlagos rosthosszúsági értékeire illesztett függvény alapján annak juvenilis kora a 18. év környékére tehető (5. ábra). Az első 20 évre vonatkozó determinációs együttható ( $R^2$ ) 0,83. Azonban a determinációs együttható a platánnal ellentétben a teljes növekedési szakaszon közel azonosnak mutatkozik, értéke alapján a függvény az adatsorra jól illeszkedik.



4. ábra: Juharlevelű platán rosthosszúság növekedésének kezdeti, intenzív szakasza  
 Figure 4: The initial period with intensive increase in the fibre length of the London planetree



5. ábra: Japánakác rosthosszúság növekedésének kezdeti, intenzív szakasza  
 Figure 5: The initial period with intensive increase in the fibre length of the Japanese pagoda tree

A kezdeti rosthosszúságtól a megállapított juvenilis korig a japánakác esetében kb. 570 µm-es, míg a juharlevelű platánál kb. 670 µm-es növekedés tapasztalható. Az illesztett függvények alapján a telítődési szint, vagyis a rosthosszúság állandósulása a platánál 1751 µm-nél, akácnál pedig 1295 µm-nél következik be.



Összességében a fajok juvenilis kora igen tág határok között mozog, amit pl. a klimatikus viszonyok, a termőhelyi adottságok, az állományban elfoglalt hely is befolyásolhatnak. Az 1. táblázat alapján a tanulmányunkban vizsgált juharlevelű platán és a japánakác egyike sem rendelkezik szélsőséges juvenilis korhatárral (rendre 15 és 18 év).

1. táblázat: Korábbi kutatások során különböző fajokra megállapított juvenilis korhatárok  
Table 1: Juvenile age limits for different tree species determined in previous researches

Faj	Juvenilis kor határa (év)
Fehér akác (Molnár 1999)	~10
Lucfenyő (Paukó 2003)	10–12
Erdeifenyő (Paukó 2003)	15–17
Nemesnyárok (Demjén et al. 2020)	16–17
Nemesnyárok (Komán 2012)	20–22
Csertölgy (Gencsi 1976)	20–25

## ÖSSZEFOGLALÁS

Tanulmányunkban a juharlevelű platán (*Platanus × hybrida* Brot.) és a japánakác (*Styphnolobium japonicum* (L.) Schott) rosthosszúsági értékeivel, valamint a rosthosszúság megfelelő matematikai modellezésével foglalkoztunk. A két vizsgált faj rosthosszúságai egymástól jól elkülönülő tartományokban találhatóak. Míg a platánnál 1000-2000  $\mu\text{m}$ , addig az akác esetében 640-1430  $\mu\text{m}$  között változik a rostok hosszúsága. A juharlevelű platán már a növekedés kezdetén mintegy másfélszer akkora rosthosszúsági értékkel rendelkezik, mint a japánakác. Ez a különbség kissé mérséklődve, de a rosthossz állandósulása után is megmarad. Figyelemre méltó a platán esetében, hogy az első évgyűrűkben is 1 mm feletti a rostok hosszúsága.

A vizsgálati eredményekre illesztett telítődési függvény a növekedés kezdeti, intenzív szakaszában jól leírja a folyamatot. Az első 20 évben a determinációs együttható ( $R^2$ ) a juharlevelű platánnál 0,93, míg a japánakácnál 0,83. Ez az érték az akác esetében a teljes növekedés alatt megmarad, míg a platán esetében kissé visszaesik. A magas determinációs együttható értéke alapján a rosthosszúság növekedési majd állandósulási folyamatát leíró telítődési függvény megfelelő ezen élettani folyamat modellezésére. Az illesztett függvény segítségével a rosthosszúság növekedési ütemének mérséklődése alapján a vizsgált faegyedeknél a juvenilis kor határa juharlevelű platán esetében 15, míg japánakácnál 18 év.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Jelen publikáció a TKP2021-NKTA-43 azonosítószámú projekt keretében a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- Bendtsen B. A. 1978: Properties of wood from improved and intensively managed trees. *Forest Products Journal* 28(10): 61–72.
- Chalk L. 1959: The development of pulp and particle board industries and their effect on forest management (b) The “juvenile” period. *Discussions Lyndhurst Sandwell Rep.*, 29–30.
- Csanády V. 2013: Erdészeti adathalmazok elemzése új függvénnyel. *Erdészettudományi közlemények* 3(1): 137–145.
- Demjén A., Komán S., Németh R., Schantl I., Benke A., Borovics A., Cseke K., Kőbölküti Z. A. & Báder M. 2020: Nyárfa klónok juvenilis faanyagának meghatározása rosthosszúság alapján. In: Csiha I. & Csiha S. (eds.): *Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Napja: Tudományos Eredmények a gyakorlatban*. Alföldi Erdőkért Egyesület, 28–33.
- Dodd R. S. & Fox P. 1990: Kinetics of tracheid differentiation in Douglas-fir. *Annals of Botany* 65: 649–657. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a087983>
- Gartner B. L. 1996: Does photosynthetic bark have a role in the production of cores vs. outer wood? *Wood and Fiber Science* 28:51–61.
- Gençsi L. 1976: A cseretölgy anatómiai jellemzőinek változása a beltől a kéregig haladó irányban. *EFE Tudományos Közleményei* 1976(1): 101–113.
- Hunyadi L. 2004: A logisztikus függvény és a logisztikus eloszlás. *Statistikai Szemle* 82(10–11): 991–1011.
- Kehl D. & Sipos B. 2009: A telítődési, a logisztikus és az életgörbe alakú trendfüggvények becslése Excel parancsfájll segítségével. *Statistikai Szemle* 87(4): 381–411.
- Koch P. 1985: Utilization of hardwoods growing on southern pine sites. *Agr. Hand. No. 605. I The raw material, II Processing, III Products and Prospective*. US For. Serv., Washington DC, 3710 pp.
- Komán Sz. 2012: Nemesnyár-fajták korszerű ipari és energetikai hasznosítását befolyásoló faanatómiai és fizikai jellemzők. *Doktori (PhD.) értekezés*. Nyugat-magyarországi Egyetem, Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola.
- Kucera B. 1994: A hypothesis relating current annual height increment to juvenile wood formation in Norway spruce. *Wood and Fiber Science* 26: 152–167.
- Kupai T. 2007: Eltérő típusú juhok növekedésének modellezése alkalmazásával. *Doktori (PhD.) értekezés*. Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar.
- Latorraca João V.F., Dünisch O. & Koch G. 2011: Chemical composition and natural durability of juvenile and mature heartwood of *Robinia pseudoacacia* L. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 83(3): 1059–1068. <https://doi.org/10.1590/s0001-37652011005000016>
- Megraw R. A. 1985: *Wood quality factors in loblolly pine*. Tappi Press Atlanta, Georgia, 89 pp.
- Molnár S. 1999: *Faanyagismeret*. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
- Paukó A. 2003: Lucfenyő és erdeifenyő ültetvények faanyagminőségének összehasonlító vizsgálata. *Doktori (PhD.) értekezés*. Nyugat-magyarországi Egyetem, Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola.
- Pödör Z. 2014: Idősorok elemzési lehetőségeinek kiterjesztése és alkalmazhatósága erdészeti, faipari döntésmogatásban. *Doktori (PhD.) értekezés*. Nyugat-magyarországi Egyetem, Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola.
- Shiokura T. 1982: Extent and differentiation of the juvenile wood zone in coniferous tree trunk. *Japan Wood Research Society* 28: 85–90.
- Yang K-C. 1994: Impact of spacing on width and basal area of juvenile and mature wood in *Picea mariana* and *Picea glauca*. *Wood and Fiber Science* 26(4): 479–488.
- Zobel B. J. & Buijtenen J. P. 1989: *Wood variation. Its causes and control*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Érkezett: 2022. október 26.

Közlésre elfogadva: 2023. március 23.