

Miként változik a somogyi tölgyesek növekedése a jövőben?

Móricz Norbert¹, Mészáros Ilona², Illés Gábor Zoltán¹, Garamszegi Balázs³,
Eötvös Csaba Béla⁴, Kern Anikó⁴, Hírka Anikó¹, Berki Imre⁵,
Borovics Attila¹, Hollós Roland⁶, Németh Tamás Márton¹

A klímaváltozás komoly kihívás elé állítja az érdeinket, elsősorban az elmúlt évtizedekben tapasztalható termőhelyi szárazodás révén. Bár a hazai tölgyfajokra általában jó klímatolerancia jellemző, ökológiai és gazdasági szempontból is fontos, hogy az elterjedésük változására vonatkozó vizsgálatok mellett a növekedésük várható alakulásáról szóló hazai előrejelzések is megjelenjenek. Ehhez szeretnénk a jelen vizsgálati eredményeinket bemutató munkánk közreadásával hozzájárulni, amelyben somogyi kocsánytalan tölgy és csertölgy állományok jövőbeni növekedésére készítettük el prognózisunkat.

A kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) és a csertölgy (*Quercus cerris* L.) mind ökológiai, mind gazdasági szempontból a jelentősebb fajták közé tartozik, a két faj állományai a teljes hazai erdőterület több mint 20%-át foglalják el.

A közép-európai dendroökológiai kutatások szerint ezekre a tölgyfajokra jó klímatolerancia jellemző, és a jövőben várható szárazodó klímában valószínűleg továbbra is fontos szerepet játszhatnak majd a hazai erdőtakaróban (Illés és Móricz, 2022).

A kedvező klímatolerancia azonban legtöbbször az átmérő- és magasságbeli növekedés visszaesésével társul az aszályosság mértékének fokozódásával. Annak az előrejelzéséhez, hogy a tölgyfajok hogyan képesek reagálni a jövőbeli klímaváltozásra, először a múltbeli kli-

matikus változásokra adott növekedési válaszokat szükséges megértenünk.

Mivel a hazai erdők a jövőbeni klímaváltozás szempontjából közép-európai viszonylatban is kifejezetten sérülékenynek számítanak, a jelen munkánk célja az volt, hogy megvizsgáljuk a vízmérleg múltbeli változásainak a hatásait a csertölgy és a kocsánytalan tölgy évgyűrű-növekedésére, és a megfigyelt összefüggések és trendek alapján előre jelezzük a két faj 21. században várható növekedését. A munka alapján részletes tanulmány jelent meg angol nyelven a *Frontiers in Forests and Global Change* című nemzetközi folyóiratban (Móricz és mtsai, 2025).

Módszer

Egy nedvesebb és egy szárazabb mintaterületet jelöltünk ki a SEFAG Zrt. gaz-

dálkodási területén Iharos és Ságvár települések közelében.

Mindkét területen kettő, egymáshoz közel eső (<1 km) csertölgy (CS) és kocsánytalan tölgy (KTT) domináns erdő-részletben választottunk ki összefüggő elegyetlen állományfoltokat (1. táblázat). Minden mintaállomány többletvíz-hatástól független, hasonló talajvíz-kapacitással rendelkező termőhelyen található.

Az erdőrészletek kiválasztásakor törekedtünk arra, hogy az állományok az elmúlt évtizedek fahasználati munkái által hasonló mértékben és lehetőleg kevésbé legyenek érintettek, annak érdekében, hogy a klíma- és a növekedés-összefüggések pontosabban feltárhatók legyenek, és az erdőgazdálkodás befolyásoló hatásait mérsékeljük. A vizsgálathoz minden állományban

Terület	Erdőrészlet	Fafaj	Lejtés /fekvés	Kor (2022-ben)	Elegyarány (%)	Magasság (m)	D _{1,3} (cm)	VKsz (mm/m)
Iharos	Csurgó–Nagymarton 4/A	CS	8°/DNY	109	35	30±1.5	34±4.9	175
	Porrog 6/D	KTT	8°/DK	104	80	32±1.8	36±5.8	146
Ságvár	Ságvár 14/A	CS	5°/K	90	100	24±1.2	31±3.4	139
	Ságvár 18/A	KTT	5°/K	103	89	28±2.2	36±6.2	150

1. táblázat A mintaterületek és az állományok főbb jellemzői. Az átlag magasság és az átlag átmérő mellett a szórást tüntettük fel. A szabadföldi vízkapacitás (VKsz) az 1 m-es talajmélységre vonatkozik

domináns fákát jelöltünk ki, melyek jól jelzik a termőhely növekedési potenciálját.

A mintaterületeken az elmúlt öt évtized során az éves csapadék mennyisége nem változott számottevően, az éves középhőmérséklet viszont jelentősen emelkedett. Ennek megfelelően az éves vízmérleg, azaz a csapadékmennyiség és potenciális párolgás különbsége mindkét területen kedvezőtlenebbé vált (1. ábra).

Az 1971–2021 közötti időszakban a meteorológiai adatokat a $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ (≈ 10 km) felbontású HUCCLIM adatbázisból gyűjtöttük össze (HungaroMet, 2022).

A termőhelyi klimatikus viszonyok leírására kutatásunkban a vízmérleget használtuk, mely jól kifejezi az elérhető vízmennyiségben bekövetkező negatív változásokat, emellett alkalmas az eltérő vízellátottságú területek összehasonlítására is.

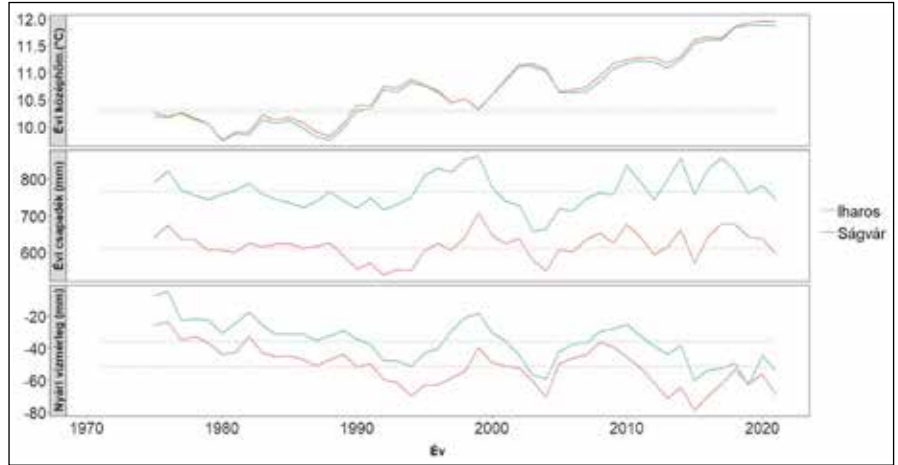
A modellezés során az adott növekedési és az azt megelőző év évszakos vízmérleget vettük figyelembe. A 2022–2100 közötti időszakra vonatkozó klímaváltozási scenáriók (RCP4.5 és RCP8.5) a FORESEE-HUN v1.0 adatbázisból származnak (Kern et al., 2024).

Állományonként 40 darab fából vettünk egy-egy növedékcsoport mellmagasságban (1.3 m) Pressler-fúró segítségével. A mintákat fatartókba ragasztottuk, csiszoltuk, és nagy felbontás mellett szkenneltük.

Az évgűrűk szélességét a digitális képeken mértük az erre kifejlesztett szoftver segítségével. A nyers évgűrű mintákból körlapterület növedéket (a továbbiakban BAI $\text{mm}^2/\text{év}^{-1}$) számoltunk az évgűrű koncentrikus körökkel való közelítésével, ahol r a sugár és t az évgűrű kialakulásának éve.

Az előrejelzéshez használt modell a növekedést meghatározó évszakos vízmérleget, a fák korát, az elmúlt évtizedekben bekövetkezett károsító rovargradációkat, valamint ezen felsorolt változók alapvető kölcsönhatásait tartalmazta az egyes mintaterületek és fafajok szerint (Móricz et al., 2025). A választott modell típus – a hasonló ökológiai kutatásokban elterjedten használt statisztikai módszertannak megfelelően – aránylag robosztus közelítést ad a mintavételből eredő véletlenszerű bizonytalanságok mellett is.

A modell által becsült éves BAI értékeket a megfigyelt állományi átlagokkal hasonlítottuk össze. A sikeres validációt követően a modell segítségével előrejeztettük a fák növekedé-



1. ábra Az évi középhőmérséklet ($^\circ\text{C}$), az éves csapadékösszeg (mm) és a nyári vízmérleg (mm) alakulása a mintaterületeken 1971–2021 között. A görbék 5 éves mozgóátlaggal simítva. A szaggatott vízszintes vonalak az 1971–2021 közötti referencia-időszak átlagértékeit mutatják

sét két jövőbeli időszakra (2026–2075 és 2051–2100) a regionális klímamoddell és két klímaszcenárió (RCP4.5, RCP8.5) mellett. A fák múltbeli medián növekedését a jövőbeli medián növekedéssel hasonlítottuk össze azonos korcsoportok szerint.

Eredmények

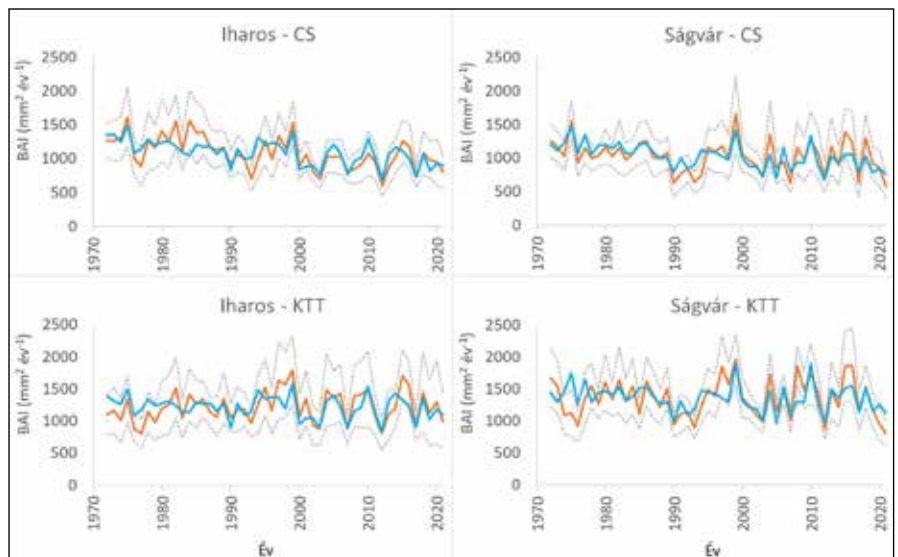
Az eredmények szerint a szezonális vízmérlegek közül a növekedésre az adott évi nyári vízmérleg volt a legnagyobb hatással minden helyszínen. Emellett az előző évi őszi és az adott év tavaszi vízmérlegei is fontosak voltak mindkét tölgyfaj számára.

Kiemelendő, hogy a területek között szignifikáns különbség adódott a növekedést megelőző téli vízmérleg hatását tekintve, lévén sokkal jelentősebb a szárazabb ságvári területen, mint Iha-

rosban. A fafajok közötti vizsgálat azt mutatta, hogy a csertölgy érzékenyebb az előző év nyári vízmérlegváltozásaira, mint a kocsánytalan tölgy. A modell által becsült éves BAI értékek jól illeszkedtek a mért értékekhez (2. ábra).

A klímaszcenáriók alapján a nyári vízmérleg jelentősen romlik a jövőben, különösen az RCP8.5 forgatókönyv alapján, főként a szimulációs időszak második felében. Azonban a téli vízmérleg ebben az évszázadban várhatóan kedvezőbb lesz, a vizsgálati időszakhoz képest.

A modellezett eredmények azt mutatják, hogy az előrejeztett klímaváltozás következtében a növekedés várhatóan csökken mindkét előrejeztett időszakban, mint az 1972–2021 közötti referencia-időszakhoz képest, a választott klímaszcenáriótól függetlenül (2. táblázat).



2. ábra A megfigyelt (naranccsárga görbe) és modellezett (kék görbe) BAI ($\text{mm}^2/\text{év}^{-1}$) alakulása az iharosi és a ságvári csertölgy (CS) és kocsánytalan tölgy (KTT) állományokban 1972–2021 között



Szimulációs időszak	Fafaj	Körlapterület-index változása			
		RCP4,5		RCP8,5	
		Iharos	Ságvár	Iharos	Ságvár
2026–2075	CS	–6,6%	–5,6%	–4,6%	–2,8%
	KTT	–6,1%	–4,7%	–4,2%	–1,4%
2051–2100	CS	–6,0%	–4,0%	–10,8%*	–7,1%
	KTT	–5,0%	–3,1%	–9,4%*	–5,2%

2. táblázat A modell által előrejelzett medián BAI változása (%) az 1972–2021-es időszakhoz képest, adott fafaj, mintaterület és klimatikus forgatókönyv (RCP4.5 és RCP8.5) esetén. A csillag (*) a 95% melletti szignifikáns értékeket jelzi

A mintaterületek közül az iharosi állományokban várható a nagyobb mértékű növekedéscsökkenés a 21. század során. A két fafaj között azonban a növekedésük jövőbeli változását illetően nem mutatható ki szignifikáns különbség.

Megvitatás és következtetések

A jövőben várható éghajlatváltozás miatt az erdei ökoszisztémáknak valószínűleg komoly kihívásokkal kell szembenéznük, az emelkedő evapotranszpiráció, a fokozott talajszárazság vagy a hőstressz közvetlen hatásai miatt (Kis et al., 2020).

A csapadék jelentősebb növekedése nélkül a vízmérleg egyre kedvezőlenebbé válhat, különösen nyáron, ezáltal jelentősen veszélyeztetve az erdők egészségi állapotát. A téli vízmérlegben várható pozitív változás azonban valamelyest ellensúlyozhatja a nyári viszonyok romlását.

A tanulmányban alkalmazott statisztikai modell szerint a vizsgált tölgyfajok növekedését leginkább a nyári vízmérleg befolyásolja a vizsgált klimatikus változók közül, ami összhangban van más, korábbi vizsgálatok eredményeivel (Móricz et al., 2021).

A nyári mellett a tavaszi vízmérleg is fontos tényező, ez az évgyűrűszélességet már a képződés kezdeti szakaszán jelentősen befolyásolhatja.

A vizsgálatainkban a téli vízmérleg hatása a két termőhelyen eltérő volt. A száraz ságvári mintahelyeken a fák növekedése nagyobb mértékben támaszkodott a téli talajnedvesség-utánpótlásra, mint a nedvesebb mintaterületen lévők. A tölgyfajok számára feltételezhetően előnyös az előző évi szeptember és október magasabb hőmérséklete és csapadékosága is, mivel így a szíjácsban felhalmozott magasabb nem struktúrális szénhidrát (keményítő) tartalékok elősegítik a korai pászta fejlődését (Mészáros et al., 2022).

A klímaváltozás hatására a csertölgy jövőbeni növekedése nagyobb mérték-

ben csökkenhet, mint a kocsánytalan tölgyé, de a modellezett különbség nem volt szignifikáns. Ennek oka az lehet, hogy csak az előző évi nyári vízmérlegre adott növekedési válaszban mutatkozott szignifikáns eltérés a két fafaj között. Továbbá a nedvesebb klímával jellemezhető iharosi területen a jövőbeni növekedés visszaesése szignifikánsan nagyobb mértékű lehet, mint a száraz ságvári mintaterületen. Ennek az eltérésnek egyik alapvető oka a téli vízmérleg várható javulásával összefüggő modellezett növekedési válasz a száraz mintaterületen.

A megbízható növekedési adatok jó alapot biztosítanak a múltban bekövetkezett éghajlati változékonyság növekedésre gyakorolt hatásának megértéséhez, és ily módon segíthetnek a jövőbeni éghajlatváltozás miatt bekövetkező állománydinamika előrejelzésében. Jelen kutatásunk eredményei elsősorban a vizsgálati régió belül érvényesek, hasonló termőhelyi adottságok és hasonló várható klimatikus viszonyok mellett.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton is köszönjük a SEFAG Zrt. Iharosi és Szántódi Erdészeti munkatársainak (Farkas Péter, Nagy Mátyás, Papp Tamás) a területek kiválasztásában nyújtott segítségüket. Köszönjük a talajelemzést az ERTI laborjában dolgozó munkatársainknak. Jelen publikáció a TKP 2021-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. A kutatást a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja támogatta (száma: BO/00291/22/4).

Felhasznált szakirodalom

Illés, G. – Móricz, N. (2022): Climate envelope analyses suggests significant rearrangements in the distribution ranges of Central European tree species. – *Annals of Forest Science* 79, 35.

HungaroMet (2022): https://odp.met.hu/climate/homogenized_data/gridded_data_series/

Kern, A. et al. (2024): Seamlessly combined historical and projected daily meteorological datasets for impact studies in Central Europe: the FORESEE v4.0 and the FORESEE-HUN v1.0. – *Climate Services* 33, 100443.

Kis, A. et al. (2020): Multi-scenario and multi-model ensemble of regional climate change projections for the plain areas of the Pannonian Basin. – *Időjárás* 124: 157–190.

Mészáros, I. et al. (2022): Long-term radial growth and climate-growth relationships of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus cerris* L. in a xeric low elevation site from Hungary. *Dendrochronologia* 76: 126014.

Móricz, N. et al. (2021): Different drought sensitivity traits of young sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) and Turkey oak (*Quercus cerris* L.) stands along a precipitation gradient in Hungary. *Forest Ecology and Management* 492: 119165.

Móricz, N. et al. (2025): Radial growth projections reveal site-specific futures of different oak species with contrasting water availability in SW Hungary. *Frontiers in Forests and Global Change* 8:1581222.

Illusztráció: sonline.hu

