



Előzetes vizsgálatok a fásszárú taxonok ökoszisztéma-szolgáltatásainak értékeléséhez

DRAGÁN Petra , TÓTH Barnabás , SZABÓ Krisztina 

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Budai Campus, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti
Intézet, Kert- és Szabadtértervezési Tanszék
1118 Budapest, Villányi út 35–43., e-mail: dragan.petra.emese@uni-mate.hu,
toth.barnabas@uni-mate.hu, szabo.krisztina.dendro@uni-mate.hu

Kulcsszavak: klímafák, városfásítás, növényalkalmazás, klorofilltartalom, fotoszintetikus aktivitás

Összefoglalás: A klímaváltozás és a növekvő urbanizáció nagyban befolyásolja a klimatikus, ökológiai és társadalmi viszonyokat, és ebben a változó környezetben elengedhetetlen szerepe van a városi zöldinfrastruktúrának. A zöldinfrastruktúra meghatározó alkotóelemei a fásszárú taxonok, amelyekre ugyanakkor az ökoszisztémák alapvető elemeiként is tekinthetünk. Az általuk nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatások szinte teljes spektrumában (szabályozó, támogató, ellátó, kulturális) kiemelt jelentőségűek, ezért kutatásuk, értékelésük fontos a fenntarthatóság, a települési szintű faállomány-gazdálkodás és a környezetvédelem szempontjából. A fásszárú fajok ökoszisztéma-szolgáltatás szempontú alkalmazhatóságának megismerése érdekében kutatásba kezdtünk a Budai Arborétumban. A vizsgálatokhoz a gyűjtemény közel 100 egyedét választottuk ki (cserjék, fák), és három-négy heti rendszerességgel mérjük a taxonok klorofilltartalmát. Kutatásunk célja, hogy a jelenleg alkalmazott fajok, a klímafák és további potenciális taxonok klorofilltartalmának különbségeit összehasonlítsuk, és megismerjük a levelekben található klorofilltartalom változását a vegetációs időszak folyamán. A klorofill mérésére az Apogee Instruments® MC-100 műszert használjuk. Eddigi méréseink alapján jelentős különbségek mutatkoznak a vizsgált fajok között, és taxononként eltérő eredményeket kaptunk a vegetációs időszakon belül is. Előzetes értékeléseink szerint például az örökzöld fajoknál a juvenilis és az idős levelek közötti különbségek még a nyári méréseknél is jelentősek, a fiatal levelek érettségben, a kimutatható klorofilltartalom értékeiben alulmaradnak. Jelentős különbségek mutatkoztak egy nemzetségen belüli fajok vizsgálata során, esetenként olyan taxonoknál is, amelyek a városi növényalkalmazásban hasonló szerepben jelennek meg.

Bevezetés

A fásszárú taxonok városi tereink meghatározó alkotóelemei. A klímaváltozás következtében, az egyre szélsőségesebb időjárási körülmények nagyban befolyásolják a klimatikus, az ökológiai és a társadalmi viszonyokat (Parmesan 2006, Venter et al. 2024). Ebben a változó környezetben elengedhetetlen szerepe van a városi zöldinfrastruktúrának. Városi kontextusban a fasorok, zöldsávok, ligetes állományok azok, melyek a zöldinfrastruktúra egybefüggő elemeit sok esetben összekötik, így zöldfolyósóként, ökológiai, környezetpszichológiai, városképi és mikroklimatikus szempontból is fontos szereppel bírnak. A fásszárú taxonok ugyanakkor az ökoszisztémák alapvető elemeiként számos szolgáltatást nyújtanak az emberi társadalom és a természet számára. Ezen szolgáltatások közé tartozik a szén-dioxid megkötése, az oxigéntermelés, a vízszabályozás, a talajvédelem, a biodiverzitás fenntartása, valamint a rekreációs és esztétikai értékek (Livesley et al. 2016). Az ökoszisztéma-szolgáltatások értékelése fontos lépés a fenntarthatóság, a települési szintű faállománygazdálkodás és a környezetvédelem szempontjából. A klímaváltozás és az urbanizáció hatásainak enyhítésére, a városi környezet élhetőbbé tételére, tájépítésként folyamatosan keressük a lehető legmegfelelőbb megoldásokat, a legjobban adaptálódó fajokat. A városi fásítás során elsődleges szempont a taxon alkalmazkodó képessége a város kitett környezetének, amely egyben hozzájárul az Európai Zöld Megállapodás stratégiai céljainak eléréséhez, különösen az éghajlatváltozás elleni küzdelemben. Ehhez fontos az egyed tágtűrése, a kártevőkkel, kórokozókkal szembeni rezilienciája (Böll 2018, Roloff et al. 2009, Susanne et al. 2018).

Kutatásunk során a már alkalmazott, valamint a potenciálisan jól alkalmazkodó, de jelenleg nem, vagy ritkán használt közterületi fásszárú taxonok ökoszisztéma-szolgáltatásainak vizsgálatát tűztük ki célul, amely komplex és interdiszciplináris feladat, különböző tudományterületek együttműködését igényli. A korszerű mérési és modellezési technikák alkalmazása lehetővé teszi az ökoszisztéma-szolgáltatások pontosabb értékelését és megértését (Bolund and Hunhammar 1999, Hirabayashi et al. n.d., Kiss 2019, Nowak et al. 2008, Suchocka et al. 2023). Az eredmények hozzájárulhatnak a természeti erőforrások hatékonyabb védelméhez és fenntartható hasznosításához, valamint a klímaváltozás hatásainak mérsékléséhez. A városi állomány megtartását nagyban támogatja a diverzitás, ezért kiemelt jelentőséggel bírhatnak az új taxonok, esetleg más USDA zónából származó fajok integrálása a közterületi növényalkalmazásba.

Előzetes vizsgálatunk a fásszárúak ökoszisztéma-szolgáltatásának egyetlen elemére koncentrált, a klorofill mennyiségére és annak időbeli változására. Számos korábbi kutatás szerint ugyanis a klorofill mennyisége, és a fotoszintetikus aktivitás összefüggéseiben egyenesen arányos az oxigéntermeléssel és a klimatikus viszonyok javításával (Scheifinger et al. 2002, von Caemmerer and Farquhar 1981). A mért értékek fajspecifikusak és időben változnak, azonban a vegetációs időszakon belüli változás nyomon követésével átfogó képet kaphatunk a fenológiai fázis és a klorofilltartalom közötti összefüggésekről. Ezen túlmenően vizsgálatunk olyan különbségekre mutat rá, mint az örökzöldek esetében a juvenilis és az idős fénylevel közötti eltérések. Megfigyelésünk olyan kérdésekre ad választ, hogy a vegetációs időszak során mikor érik el vagy esetleg haladják meg a kifejlett levelek mért értékeit. A terepi mérések további időjárási viszonyokkal való összevetése segíthet megérteni, hogy a fajok klorofilltermelése és klorofilltartalma milyen viszonyban áll az abiotikus tényezőkkel.

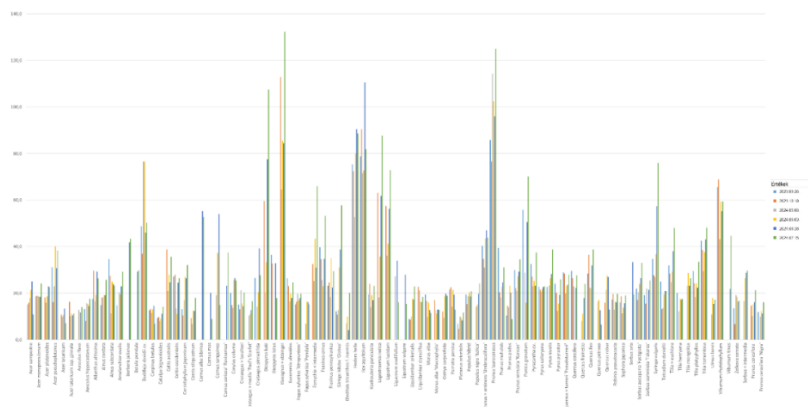
Anyag és módszer

A vizsgálati helyszín, a Budai arborétum, amely a Budai-hegység délkeleti részén, a hegyvidéki és az alföldi klímakörzetek határán található. Az évi csapadék mennyisége 600–620 mm között alakul. A vizsgálati terület talaja a legtöbb helyen közepesen vagy erősen meszes, humuszban szegény, kémhatása lúgosnak (pH 8,0) mondható. Mérési időszakunkban (2023 ősz–2024 nyár), az 1901-től kezdődő éghajlati adatsorok szerint a 2023/2024-es ősz-tél, valamint a 2024 tavasz volt a legmelegebb. A vegetációs időszak nagyon korán, februárban kezdődött és az évszakos átlaghőmérséklet Budapesten (15 °C) 3,9 °C-kal haladta meg az 1991–2020-as sokéves értéket (11,1 °C). A lehullott csapadék 120–140 mm között alakult, eloszlását tekintve nagyon egyenetlen volt (Szolnoki-Tótván 2024).

A szolgáltatások értékeléshez a 2018 közterületi sorfák jegyzékét figyelembe véve szelektáltuk a vizsgálandó fajokat (Szabó 2018). Ezen belül is a jelenlegi növényalkalmazásunk gyakran használt fajait, valamint a klímafákat, a potenciális új városfákat jelöltünk ki (Blanusa et al. 2019, Sjöman et al. 2012, Szabó 2023, Szabó et al. 2023). A vizsgálatokhoz, a gyűjtemény 91 egyedét választottuk ki (cserjék, fák). 2023 szeptemberétől 6 terepi mérést végeztünk. A klorofill mérésére az Apogee Instruments® MC-100 (S/N:1999, USA) műszert használjuk. A mérési terület 63,9 mm², a felbontása $\pm 10 \mu\text{mol m}^{-2}$ klorofillkoncentráció az egyenlet alapján (de Souza et al., 2019). A méréseket talajról, a korona külső palástjáról (fénylevelek) vett mintákon, egyenként 10-10 mintán végeztük el. Az örökzöldek esetében megkülönböztettük a fiatal is időskori leveleket, melyekről taxononként 5-5 mérést végeztünk. Az előzetes vizsgálatok kapcsán a mért adatok kiértékeléséhez kimutatás diagramokat készítettünk (Excel 2407 verzió).

Eredmények

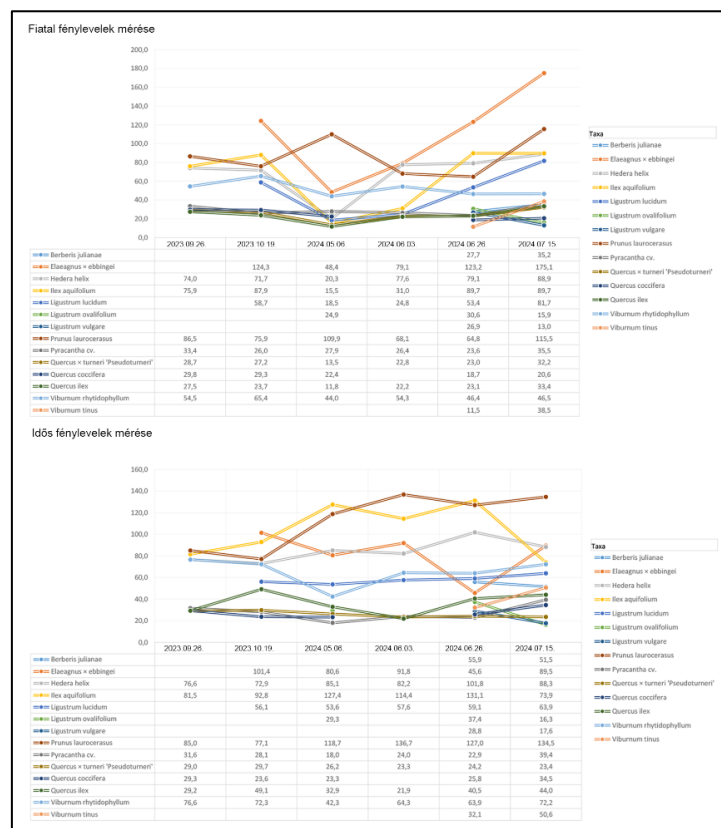
A 2023-as közterületi sorfák jegyzékéből 50 különböző taxont vizsgáltunk, valamint 41 cserje és fa habitusú fajt, melyekre a jövőben érdemes lehet nagyobb figyelmet fordítani a növényalkalmazások során. A jegyzékben szereplő fajok közül a *Prunus*, a *Tilia* valamint a *Ginkgo* nemzetségek emelkedtek ki, a fajok átlagolt klorofillértéke 2024. júniusában már meghaladta a 35 μmol értéket. A fajok közül júliusban a legmagasabb értéket a *Fraxinus ornus* (53,1), a *Ginkgo biloba* 'Globus' (57,7), a *Prunus* $\times$ *eminens* 'Umbraculifera' (43,8), valamint a *Tilia* $\times$ *euchlora* (47,9) és *Tilia tomentosa* (48,1) produkálta (1. ábra).



1. ábra. A vizsgált taxonok klorofilltartalmának változása
Figure 1 Changes in the chlorophyll content of the examined taxa

A jegyzékben nem szereplő taxonok közül a legmagasabb értékeket a fa habitusú fajok közül a *Diospyros kaki* (107,5), *Lagerstroemia indica* (87,7), *Ligustrum lucidum* (72,8) és a *Punica granatum* (70,1) érte el. Cserjék tekintetében az abszolút legmagasabb értékeket az *Elaeagnus × ebbingei*-nél (132,3) mértük, de emellett a *Buddleja davidii* cv. (76,5), *Hedera helix* (90,4), *Ilex aquifolium* (110,4), *Prunus laurocerasus* (125,0), *Syringa vulgaris* (75,9) és *Viburnum rhytidophyllum* (68,9) is kiemelkedő értékeket mutatott. Az örökzöldek esetében fontos megjegyezni, hogy az előző értékek olyan átlagok, melyek esetében a fiatal- és időskori levelek értékeit nem különböztettük meg.

Az örökzöldeknél széles skálán mozog a klorofilltartalom, a minimum érték 11,5 míg a maximum érték 175,1 μmol . A fiatal levelek klorofillértékeinek változásában azt figyelhetjük meg, hogy általánosságban a 25–30. héten utoléri, vagy meghaladják az idősebb levelek klorofillmértékét. A fiatal levelek mindegyikéről elmondható, hogy az értékek a júniusi mérésig folyamatosan növekedtek, azonban a júliusi mérésnél voltak fajok, melyek értékei stagnáltak vagy csökkentek (2. ábra).



1. ábra. Örökzöld taxonok klorofilltartalmának eltérései juvenilis és idős leveleken

Figure 2 Differences in the chlorophyll content of evergreen taxa on juvenile and old leaves

Az *Ilex aquifolium* (89,7 és 89,7) és a *Viburnum rhytidophyllum* (46,4 és 46,5) értékei stagnálást mutattak a vegetációs időszak közepén, míg a *Ligustrum vulgare* (26,9; 13,0) és *Ligustrum ovalifolium* (30,6; 15,9) értékei csökkentek. Az idős levelek értékei, a juvenilis levelekkel szemben egy szűkebb skálán mozognak, a minimum érték 17,6, a maximum 136,7 μmol volt. A *Quercus* nemzetség örökzöld fajainál nem volt számottevő különbség a fiatal és az idős levelek között. Kisebbségi ingadozások figyelhetők meg a *Hedera helix* (76,6 és 101,8), *Viburnum rhytidophyllum* (42,3 és 76,6) értékeiben. A legnagyobb eltérést a *Prunus laurocerasus* (77,1 és 134,5), az *Elaeagnus × ebbingei* (45,6 és 101,4) és az *Ilex aquifolium* (73,9 és 131,1) mutatta. Összefüggéseiben az

eddig mérések alapján megállapítható, hogy a juvenilis levelek klorofilltartalma július hónapra megközelítette az idős levelek értékeit. A *Hedera helix*, a *Quercus × turneri* 'Pseudoturneri', a *Pyracantha* cv. esetében nem mutatható ki lényegi eltérés a levelek kora között. Azonban az *Elaeagnus × ebbingei* juvenilis leveleinek klorofilltartalma június-július (79,1; 123,2; 175,1) hónapban már magasabb volt, mint az idős leveleké (91,8; 45,6; 89,5). Ez ugyancsak megfigyelhető volt a *Ligustrum lucidum* esetében is.

A vizsgálat során megfigyeltük, hogy nemzetségen belül is nagyobb eltérések mutatkoznak. Az juharok esetében a legmagasabb értékeket az *Acer pseudoplatanus* adta a 6 faj közül, a legalacsonyabb értékeket az *Acer tataricum* és az *A. t.* subsp. *ginnala* esetén figyeltük meg. A lombhullató *Prunus*-ok között a *Prunus × eminens* 'Umbraculifera' mutatta a legmagasabb értékeket, azonban a *P. mahaleb*, valamint a *P. serrulata* 'Kansan' is átlagon felüli értéket adott. A hársak közül a *T. tomentosa* és a *T. × euchlora* tartalmazta a legtöbb klorofillt a mérések során. A *T. henryana* legmagasabb mért értékei sem érték el a 20 µmol feletti tartományt. Az örökzöld tölgyek esetében a legmagasabb értékeket a *Q. ilex* leveleken mértük. A másik két örökzöld az *Q. × turneri* 'Pseudoturneri' és *Q. coccifera* értékei közel azonosak voltak. Érdekes azonban, hogy a lombhullató *Q. robur* júniusban mért értékei meghaladták az utóbbi két örökzöld taxon átlagát. A tölgyek esetében a legalacsonyabb eredményeket a *Q. petraea*-n figyeltük meg, amihez feltehetően az erőteljes lisztharmat fertőzés is hozzájárulhatott.

Irodalom

- Blanus, T., Garratt, M., Cathcart-James, M., Hunt, L., Cameron, R. W. F. (2019): Urban hedges: A review of plant species and cultivars for ecosystem service delivery in north-west Europe. *Urban Forestry & Urban Greening*, 44: 126391. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126391>
- Böll, S. (2018): Stadtbäume der Zukunft – Wichtige Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt "Stadtgrün."
- Bolund, P., Hunhammar, S. (1999): Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29: 293–301. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00013-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00013-0)
- de Souza, R., Peña-Fleitas, M. T., Thompson, R. B., Gallardo, M., Grasso, R., Padilla, F. M. (2019): The Use of Chlorophyll Meters to Assess Crop N Status and Derivation of Sufficiency Values for Sweet Pepper. *Sensors*, 19: 2949. <https://doi.org/10.3390/s19132949>
- Hirabayashi, S., Kroll, C. N., Nowak, D. J., Endreny, T. A., n.d. i-Tree Eco Dry Deposition Model Descriptions.
- Kiss M. D. (2019): Ökoszisztéma-szolgáltatások modell-alapú értékelése (PhD). Szegedi Tudományegyetem, Szeged, Hungary. <https://doi.org/10.14232/phd.10114>
- Livesley, S. J., McPherson, E. G., Calfapietra, C. (2016): The Urban Forest and Ecosystem Services: Impacts on Urban Water, Heat, and Pollution Cycles at the Tree, Street, and City Scale. *Journal of Environmental Quality*, 45: 119–124. <https://doi.org/10.2134/jeq2015.11.0567>
- Nowak, D., Crane, D., Stevens, J., Hoehn, R., Walton, J., Bond, J. (2008): A Ground-Based Method of Assessing Urban Forest Structure and Ecosystem Services. *Arboriculture & Urban Forestry*, 34: 347–358. <https://doi.org/10.48044/jauf.2008.048>
- Parnesan, C. (2006): Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37: 637–669. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100>
- Roloff, A., Korn, S., Gillner, S. (2009): The Climate-Species-Matrix to select tree species for urban habitats considering climate change. *Urban Forestry & Urban Greening - Urban for Urban Green*, 8: 295–308. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2009.08.002>

- Scheifinger, H., Menzel, A., Koch, E., Peter, C., Ahas, R. (2002): Atmospheric mechanisms governing the spatial and temporal variability of phenological phases in central Europe. *International Journal of Climatology*, 22: 1739–1755. <https://doi.org/10.1002/joc.817>
- Sjöman, H., Gunnarsson, A., Pauleit, S., Bothmer, R. (2012): Selection Approach of Urban Trees for Inner-city Environments: Learning from Nature. *Arboriculture & Urban Forestry*, 38(5): 194–204. <https://doi.org/10.48044/jauf.2012.028>
- Suchocka, M., Heciak, J., Błaszczak, M., Adamczyk, J., Gaworski, M., Gawłowska, A., Mojski, J., Kalaji, H., Kais, K., Kosno-Jończy, J., Wojnowska-Heciak, M. (2023): Comparison of Ecosystem Services and Replacement Value calculations performed for urban trees. *Ecosystem Services*, 63: 101553. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2023.101553>
- Susanne, B., Philipp, S., Klaus, K., Josef Valentin, H. (2018): Bavarian Roadside trees facing climate change: testing stress-tolerant tree species in the research project „Urban Green 2021“.
- Szabó K. (2018): Közterületi sorfák jegyzéke.
- Szabó K. (2023): Klímafák és városfásítás. Starkiss Kft., Budaörs.
- Szabó, K., Gergely, A., Tóth, B., Szilágyi, K. (2023): Assessing the Spontaneous Spread of Climate-Adapted Woody Plants in an Extensively Maintained Collection Garden. *Plants*, 12: 1989. <https://doi.org/10.3390/plants12101989>
- Szolnoki-Tótván B. (2024): 2024 tavaszának időjárása. *Léggör*, 69: 200–205.
- Venter, Z., Hassani, A., Stange, E., Schneider, P., Castell, N. (2024): Reassessing the role of urban green space in air pollution control. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 121, e2306200121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2306200121>
- von Caemmerer, S., Farquhar, G. D. (1981): Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. *Planta*, 153: 376–387. <https://doi.org/10.1007/BF00384257>

Preliminary studies on the evaluation of ecosystem services of woody taxa

P. DRAGÁN , B. TÓTH , K. SZABÓ 

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences Budai Campus, Institute of Landscape Architecture, Urban Planning and Garden Art, Department of Garden and Open Space Design
1118 Budapest, Villányi út 35–43. e-mail: dragan.petra.emese@uni-mate.hu, toth.barnabas@uni-mate.hu, szabo.krisztina.dendro@uni-mate.hu

Keywords: climate trees, urban afforestation, plant application, chlorophyll content, photosynthetic activity

Climate change and increasing urbanisation are having a major impact on climatic, ecological and social conditions, and in this changing environment, urban green infrastructure has an essential role to play. Woody stem taxa are the dominant components of green infrastructure, but can also be considered as fundamental elements of ecosystems. Their ecosystem services (regulating, supporting, supplying, cultural) are of major importance across almost the whole spectrum of ecosystem services, and their research and assessment are therefore important for sustainability, urban tree management and environmental protection. To understand the applicability of woody species from an ecosystem service perspective, we started research in the Buda Arboretum. We selected about 100 specimens from the collection (shrubs and trees) and measured the chlorophyll content of the taxa every three to four weeks. Our research aims to compare the differences in chlorophyll content between the currently used species, the climate trees and other potential taxa, and to learn about the changes in chlorophyll content in leaves during the growing season. The Apogee Instruments® MC-100 is used to measure chlorophyll. Based on our measurements so far, there are significant differences between the species studied, and different

results were obtained within the growing season for each taxon. For example, in our preliminary assessment, the differences between juvenile and old leaves of evergreen species are significant even in summer measurements, with young leaves underperforming in maturity and detectable chlorophyll content. Significant differences were found when examining species within a genus, sometimes for taxa that appear in a similar role in urban plant communities.

